

ESTUDOS SOBRE CENÁRIOS ALTERNATIVOS DE AGRICULTURA IRRIGADA NO CENTRO-OESTE BRASILEIRO: UMA ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL (EVTEA)

Eloisa Bueno da Silva Sena¹, Maria das Dores Saraiva De Loreto², Catariny Cabral Aleman³, Fernando França da Cunha³, Gabriel Browne de Deus Ribeiro¹.

¹Universidade Federal do Espírito Santo/ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Avenida Governador Lindemberg, 316, Centro - 29550-000- Jerônimo Monteiro - ES, Brasil, eloisasena2@gmail.com, gabrielbrowne@gmail.com.

²Federal University of Viçosa/Department of Home Economics, Viçosa 36570-000, Brazil, edna.miranda@ufv.br.

³Federal University of Viçosa/Department of Agricultural Engineering, Viçosa 36570-000, Brazil, catariny@ufv.br, fernando.cunha@ufv.br.

Resumo

O presente estudo analisou cenários alternativos para agricultura irrigada no Assentamento Bom Sucesso/Santa Cruz, localizado em Flores de Goiás (GO). Foram avaliados diferentes cultivos em monocultivos e consórcios, irrigados por aspersão, considerando custos, produtividade e viabilidade econômico-financeira. Utilizaram-se os indicadores Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR e MTIR), Índice Custo-Benefício (ICB) e Payback descontado, além de análises de risco por sensibilidade, gráfico tornado e simulação de Monte Carlo. Os resultados indicaram maior atratividade para abacaxi, quiabo e maracujá, enquanto consórcios como maracujá-manga e sucessões como quiabo-milho, embora menos expressivos, também se mostraram viáveis. A análise dos cenários alternativos confirma a relevância de intervenções técnicas e financeiras como determinantes da sustentabilidade econômica para pequenos produtores irrigantes no Centro-Oeste brasileiro.

Palavras-chave: Agricultura Familiar. Análise de Cenários. Irrigação. Viabilidade econômica.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias.

Introdução

O Brasil é uma das principais potências do setor agropecuário mundial, com vantagens competitivas como adaptação às regiões tropicais, elevada produtividade por área, crescente qualificação da mão de obra e tecnificação das operações (CNA, 2021; Pellegrina, 2022). Esses fatores impulsionam um agronegócio dinâmico, com custos relativamente menores em comparação a concorrentes internacionais, ampliando a participação do país no mercado global (CEPEA, 2022).

Um dos grandes desafios atuais consiste em conciliar o aumento da produtividade com o uso eficiente dos recursos hídricos e energéticos, frente à escassez de água, à competição pelo seu uso e ao encarecimento da energia (Souza *et al.*, 2020). Nesse contexto, a agricultura irrigada se apresenta como alternativa sustentável, desde que acompanhada de métodos adequados de irrigação e de critérios técnicos para determinação da necessidade hídrica das culturas, possibilitando ganhos de produtividade (Brunini *et al.*, 2019; De Oliveira *et al.*, 2020). Apesar do seu potencial, o desenvolvimento da irrigação no Brasil permanece aquém do esperado, pois ainda demanda avanços em dimensões técnicas, econômicas, ambientais e sociais (Rodrigues, 2017).

Outro aspecto relevante do setor agropecuário brasileiro é a heterogeneidade das escalas produtivas. Grandes empreendimentos atuam em extensas áreas, com alto nível de mecanização e verticalização, enquanto pequenos e médios produtores, menos tecnificados, possuem papel estratégico no abastecimento de mercados regionais, como as centrais de abastecimento (CEASA) (Hajjar *et al.*, 2019). Para aumentar a competitividade desses produtores, destaca-se a importância do Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica, Ambiental e Social (EVTEA), que auxilia no planejamento e na visualização de cenários futuros, embora muitos projetos ainda sejam implementados apenas com base em experiências familiares e fatores culturais (Zada; Yukun; Zada, 2019).

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

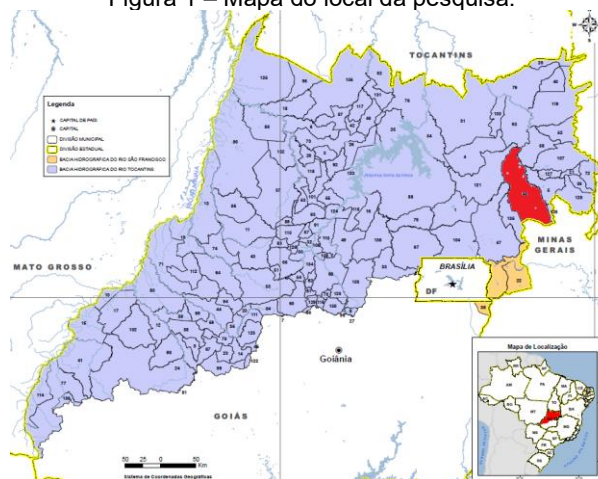
Diante disso, o presente trabalho objetiva analisar a viabilidade econômico-financeira de cenários alternativos para a implantação de projetos de agricultura irrigada no Assentamento Bom Sucesso/Santa Cruz (GO), comparando diferentes cultivos e graus de apoio financeiro ao produtor.

Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida entre janeiro de 2022 e dezembro de 2023, adotando abordagem descritiva quali-quantitativa. Foram avaliados dois cenários: (i) Cenário Atual (linha base), sem intervenções da CODEVASF, refletindo a realidade vigente dos produtores; e (ii) Cenários Alternativos, considerando potenciais investimentos em sistemas de irrigação pela CODEVASF.

Os dados primários foram obtidos via entrevistas remotas e questionário online com 25 produtores do Assentamento Bom Sucesso/Santa Cruz. Já os dados secundários incluíram informações setoriais e de mercado em bases como IBGE, PNAD, Atlas do Desenvolvimento Humano, CNA, CEASA, CEDAGRO, além de pesquisas na Science Direct e no Portal de Periódicos da CAPES/MEC. O estudo foi conduzido no Assentamento Bom Sucesso/Santa Cruz, em Flores de Goiás (GO), situado na Bacia do Tocantins-Araguaia (Figura 1). Criado em 2000, o assentamento possui 2.605 ha, capacidade para 84 famílias (81 assentadas), com área média de 32,17 ha/família. As principais culturas agrícolas são maracujá, caju, manga e olerícolas, especialmente o quiabo, além de pequenos plantios de eucalipto.

Figura 1 – Mapa do local da pesquisa.



Fonte: adaptado de CODEVASF (2020).

A análise considerou 1 ha de quiabo, comparando dois modelos produtivos: (i) SP-sulco, com irrigação não automatizada por sulcos, e (ii) SP-gotejo, com irrigação automatizada por gotejamento. O ciclo produtivo médio é de 130 a 140 dias, permitindo 2,5 ciclos anuais, com variedades Speedy e Quiabel. Foram avaliados cinco cenários técnicos de irrigação, optando-se pelo Cenário 4 (aspersão), com investimento médio de R\$ 25,99 mil/ha e custo mensal de R\$ 156,34/ha. Os cultivos analisados foram:

- (i) **Quiabo** em monocultivo, variedades Speedy ou Quiabel, que é o principal cultivo do assentamento atualmente, em espaçamento e condições de plantio iguais ao Cenário Atual, apenas com a modificação da inclusão da irrigação por aspersão;
- (ii) **Quiabo** e **milho** (variedade híbrido) em sucessão, que também ocorre no assentamento, sendo o milho em densidade de 50 mil plantas/ha;
- (iii) **Abacaxi** em monocultivo, variedade Pérola, em espaçamento 0,90 m x 0,30 m em fileira simples;
- (iv) **Maracujá** em monocultivo, variedade Yellow Master, em espaçamento 3,00 m x 4,00 m e densidade de 700 plantas /ha;
- (v) **Maracujá** com **Manga** (variedade Ubá), onde foram testadas diferentes densidades de plantas.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Ademais, também foram avaliados diferentes graus de intervenção para cada cenário de investimento, sendo eles:

- (i) **Cenário 1:** Intervenção apenas técnica, sem investimento financeiro direto da CODEVASF, onde o produtor rural arca com 100% dos investimentos iniciais no sistema de irrigação por aspersão, bem como com 100% dos custos energéticos relativos à irrigação;
- (ii) **Cenário 2:** CODEVASF arca com 100% dos investimentos iniciais de irrigação por aspersão, bem como com 1 ano dos custos energéticos relativos à irrigação;
- (iii) **Cenário 3:** CODEVASF arca com 100% dos investimentos iniciais de irrigação por aspersão, bem como com 3 anos dos custos energéticos relativos à irrigação.

Os dados foram organizados em planilha Excel® como ferramenta de planejamento financeiro (Gitman & Zutter, 2017; Ross et al., 2015). As entradas incluíram produtividade média de 480 caixas de 18 kg/ciclo, com desconto de 3% por perdas, resultando em 8.381 kg/ciclo e 2,5 ciclos anuais. O preço médio adotado foi de R\$ 50,00/caixa (R\$ 2,78/kg), definido a partir de entrevistas e consultas às CEASAs. As saídas compreenderam investimentos, custos operacionais e despesas administrativas. Todas as análises foram realizadas para 1 hectare de quiabo irrigado em horizonte de 10 anos. Após as projeções do fluxo de caixa, a performance financeira de cada sistema produtivo foi mensurada por meio dos indicadores de viabilidade, sendo utilizada a técnica convencional de análise de investimento de capital denominada Fluxo de Caixa Descontado (FCD), que estima o valor de cada sistema produtivo descontado a uma taxa que reflita o risco associado aos investimentos (DAMODARAN, 2006). A descrição dos indicadores é realizada a seguir (ROSS et al., 2015).

- **Valor Presente Líquido (VPL):** representa o valor presente de todos os fluxos de caixa do projeto, descontados à taxa definida. Projetos com VPL positivo são considerados economicamente atrativos, enquanto valores negativos indicam inviabilidade.

A equação do VPL é expressa por:

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: i = taxa de juros; C_j = custo no final do ano j ; R_j = receita no final do ano j ; e, n = duração do projeto em anos.

- **Taxa Interna de Retorno (TIR):** A TIR é a taxa que iguala o valor presente das receitas ao valor presente dos custos. O sistema produtivo será economicamente viável se a TIR for maior que uma taxa mínima de atratividade (TMA), isto é, $TIR > TMA$.

A equação da TIR é expressa por:

$$\sum_{j=0}^n R_j(1+TIR)^{-j} = \sum_{j=0}^n C_j(1+TIR)^{-j} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: C_j = custo no final do ano j ; R_j = receita no final do ano j ; e, n = duração do projeto em anos.

Para este trabalho, foi determinada, de maneira mais conservadora, uma taxa de desconto de 10,00% a.a., que está acima da taxa de juros mais elevada de crédito rural, de 8,50% a.a. Assim, o sistema produtivo será viável se sua TIR calculada for maior que 10,00% ao ano.

- **Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR):** que corrige limitações da TIR ao assumir reinvestimento dos fluxos positivos ao custo de capital e financiamento dos custos ao custo de financiamento. Assim, a MTIR reflete de forma mais realista a atratividade do investimento, sendo considerada adequada quando superior à taxa de desconto (de 10,00% a.a.).

A equação da MTIR é expressa por:

$$MTIR = \left(\frac{-VPL(taxa\ r, valores[positivos])x(1+taxa\ r)^n}{VPL(taxa\ f, valores[negativos])x(1+taxa\ f)} \right)^{\frac{1}{n-1}} - 1 \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde: taxa r = taxa de reinvestimento = custo de capital; taxa f = taxa de financiamento = taxa de referência de linhas de financiamento do setor; e n = duração do projeto em anos.

- **Payback:** O Payback corresponde a quanto tempo um investimento demora a ser ressarcido. Seu cálculo é feito somando-se os fluxos de caixa livres anuais e determinando o período em que houve a transição de um valor negativo para positivo, que seria o momento em que tudo o que foi investido é recuperado.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

- **Payback descontado:** O Payback descontado também é utilizado para determinar quanto tempo um investimento demora a ser ressarcido. Seu cálculo é feito acumulando as entradas e saídas do fluxo de caixa descontado até se determinar o período em que houve a transição de um valor negativo para positivo.
- **Índice Custo/Benefício (ICB):** O ICB revela quanto o investidor daquele empreendimento está tendo de retorno a cada unidade de capital investido, trazido a valor presente. Seu cálculo pode ser feito dividindo o VPL do fluxo de receitas financeiras (entradas) pelo VPL do fluxo de custos financeiros (saídas). Sua regra de decisão é: se o ICB for maior do que 1,00, o investidor está lucrando com o investimento. Se o ICB for menor ou igual a 1,00, o investidor não estaria tendo retorno sobre o capital investido.

Foram integradas três técnicas de avaliação de risco à ferramenta financeira (GITMAN; ZUTTER, 2017):

- **Análise de sensibilidade:** avaliou a variação do VPL frente a oscilações de produtividade e preço de venda do produto agrícola, simulando cenários otimistas e pessimistas.
- **Gráfico tornado:** analisou a sensibilidade do VPL a variações de $\pm 20\%$ em variáveis-chave, destacando as mais e menos impactantes no retorno do projeto.
- **Simulação de Monte Carlo:** atribuiu distribuições de probabilidade às variáveis financeiras, estimando a chance de sucesso ou fracasso dos sistemas produtivos.

Essas análises complementam os indicadores convencionais, permitindo identificar os fatores de maior impacto no desempenho econômico e fornecendo maior segurança ao planejamento dos produtores.

Resultados

Na tabela a seguir são apresentados, de forma comparativa, os indicadores de viabilidade econômica dos sistemas produtivos irrigados do Cenário Atual (Tabela 1).

Tabela 1 – Indicadores de viabilidade econômica dos sistemas produtivos (Cenário Atual).

RESULTADOS FINANCEIROS	Unidades	SP-sulco	SP-gotejo
VPL	R\$	28.699,4	5.665,9
MTIR	% a.a.	27,6%	13,3%
ICB	-	1,07	1,02
Payback descontado	anos	1,5	6,4

Fonte: os autores.

Os resultados evidenciaram que todos os cenários alternativos de agricultura irrigada foram economicamente viáveis no horizonte de dez anos. A comparação com o cenário atual mostrou ganhos significativos com a adoção do sistema de irrigação por aspersão, especialmente quando associado ao apoio da CODEVASF. O Cenário C, com maior intervenção, apresentou sempre os melhores indicadores, seguido pelos cenários B e A, confirmando que a viabilidade depende diretamente do nível de auxílio externo. As Tabelas 2 a 6 apresentam os indicadores financeiros detalhados para cada cenário alternativo.

Tabela 2 – Resultados do cenário alternativo com quiabo.

RESULTADOS FINANCEIROS	Unidades	Cenário A	Cenário B	Cenário C
VPL @ 10,0%	R\$/ha	70.124,9	99.985,2	102.632,1
MTIR	% a.a.	23,1%	48,5%	48,8%
Payback descontado	anos	2,55	1,00	1,00
ICB	-	1,11	1,27	1,28

Fonte: os autores.

Tabela 3 – Resultados do cenário alternativo com quiabo e milho (em sucessão).

RESULTADOS FINANCEIROS	Unidades	Cenário A	Cenário B	Cenário C
------------------------	----------	-----------	-----------	-----------

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

VPL @ 10,0%	R\$	5.712,1	35.465,8	37.927,7
MTIR	% a.a.	11,7%	35,0%	35,8%
Payback descontado	anos	7,8	0,4	0,3
ICB	-	1,03	1,20	1,21

Fonte: os autores.

Tabela 4 – Resultados do cenário alternativo com abacaxi.

RESULTADOS FINANCEIROS	Unidades	Cenário A	Cenário B	Cenário C
VPL @ 10,0%	R\$/ha	193.562,9	223.743,0	226.944,9
MTIR	% a.a.	17,9%	20,3%	20,5%
Payback descontado	anos	2,12	0,99	0,95
ICB	-	1,60	1,93	1,97

Fonte: os autores.

Tabela 5 – Resultados do cenário alternativo com maracujá.

RESULTADOS FINANCEIROS	Unidades	Cenário A	Cenário B	Cenário C
VPL @ 10,0%	R\$	21.749,6	51.929,7	55.131,6
MTIR	% a.a.	14,2%	26,4%	27,0%
Payback descontado	anos	6,05	1,26	1,10
ICB	-	0,96	1,12	1,14

Fonte: os autores.

Tabela 6 – Resultados do cenário alternativo com maracujá e manga em consórcio.

RESULTADOS FINANCEIROS	Unidades	Cenário A	Cenário B	Cenário C
VPL @ 10,0%	R\$/ha	6.954,5	37.134,5	40.336,4
MTIR	% a.a.	11,8%	31,8%	32,8%
Payback descontado	anos	9,14	2,32	1,93
ICB	-	0,89	1,15	1,19

Fonte: os autores.

Apesar dos elevados indicadores econômicos, é importante ressaltar que cultivos com ciclos produtivos mais longos, como o abacaxi (colhido após 18 meses) e a manga, resultam em um período maior de fluxo de caixa negativo na fase inicial do projeto. Este fator torna o monocultivo exclusivo dessas culturas não indicado para produtores pouco capitalizados.

Discussão

Os resultados demonstraram que todos os cenários alternativos foram economicamente viáveis, com maior atratividade para o abacaxi, seguido pelo quiabo em monocultivo e pelo maracujá. Já o quiabo-milho em sucessão e o consórcio maracujá-manga, embora menos vantajosos, também se mostraram viáveis. Ressalta-se que cultivos de ciclo mais longo, como o abacaxi, podem gerar maior tempo de fluxo de caixa negativo, dificultando sua adoção por produtores com menor capitalização. A influência do apoio financeiro da CODEVASF foi decisiva, sendo o Cenário C o mais atrativo, seguido pelos cenários B e A. No entanto, recomenda-se que a adoção de cenários seja precedida por análise socioeconômica do assentamento e dos produtores, de modo a garantir alocação adequada de recursos e maior sustentabilidade dos projetos.

Diferentemente, Oliveira *et al.* (2020) e o presente estudo avançam ao analisar o ciclo completo do investimento e aplicar ferramentas de risco, como análise de sensibilidade, gráfico tornado e simulação de Monte Carlo. Apesar das limitações na definição de variáveis (Cardoso; Amaral, 2000),

A Ciência do **NANO** e seu impacto transformador no **MACRO**

essa abordagem amplia a segurança na tomada de decisão e fortalece a sustentabilidade socioeconômica da agricultura irrigada.

Conclusão

A agricultura irrigada tem papel estratégico para a sustentabilidade e o aumento da produtividade agrícola no Brasil. No Assentamento Bom Sucesso/Santa Cruz, em Flores de Goiás, a análise de cenários alternativos demonstrou viabilidade econômica, com destaque para abacaxi, quiabo e maracujá, ainda que cultivos de ciclo mais longo, como abacaxi e manga, apresentem restrições a produtores pouco capitalizados. Arranjos como quiabo-milho e maracujá-manga também se mostraram viáveis, reforçando a diversificação produtiva. O êxito da agricultura irrigada, contudo, depende do acesso a tecnologias adequadas e de apoio técnico-financeiro, especialmente por meio da CODEVASF.

Referências

- BRUNINI, R. G. et al. Economic analysis of photovoltaic energy in irrigating lettuce crops. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 14, n. 4, p. 1–7, 31 dez. 2019.
- CARDOSO, D; AMARAL, H.F. O uso da simulação de Monte Carlo na elaboração do fluxo de caixa empresarial: uma proposta para quantificação das incertezas ambientais. In: **Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP**, 2000
- CEPEA. **PIB do Agronegócio Brasileiro**. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso em: 21 mar. 2022.
- CNA. **Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Valor Bruto da Produção - VBP 2021**. Brasília, DF: [s.n.]. Disponível em: <www.cnabrazil.org.br>.
- DAMODARAN, A. **Damodaran on Valuation: security analysis for investment and corporate finance**. 2nd. ed. New York. John Wiley & Sons, 2006.
- DE OLIVEIRA, J. T. et al. Economic analysis of two sprinkler irrigation systems for sugarcane and soybean crops in Brazil. **International Sugar Journal**, v. 122, n. 1464, p. 844–850, 2020.
- GITMAN, L. J.; ZUTTER, C. J. **Princípios de administração financeira**. 14. ed. São Paulo: Pearson Universidades, 2017.
- HAJJAR, R. et al. Scaling up sustainability in commodity agriculture: Transferability of governance mechanisms across the coffee and cattle sectors in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 206, p. 124–132, jan. 2019.
- ROSS, S. A. et al. **Administração Financeira: versão brasileira de corporate finance**. 10. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015.
- SOUZA, E. J. DE et al. ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE MILHO DOCE IRRIGADO NO NORDESTE DO MATO GROSSO DO SUL. **Nucleus**, v. 17, n. 2, p. 199–210, 2020.
- ZADA, M.; YUKUN, C.; ZADA, S. Effect of financial management practices on the development of small-to-medium size forest enterprises: insight from Pakistan. **GeoJournal**, v. 86, p. 1073–1088. 2019.