



UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ
PROGRAMA DE MESTRADO EM ZOOTECNIA

**VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA
TERMINAÇÃO DE CORDEIROS COM
VALORAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO**

BÁRBARA HOLANDA MAIA

SOBRAL – CE
MAIO – 2024

**UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ
PROGRAMA DE MESTRADO EM ZOOTECNIA**

**VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA
TERMINAÇÃO DE CORDEIROS COM VALORAÇÃO DE
CRÉDITOS DE CARBONO**

BÁRBARA HOLANDA MAIA

**SOBRAL – CE
MAIO – 2024**

BÁRBARA HOLANDA MAIA

VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA TERMINAÇÃO
DE CORDEIROS COM VALORAÇÃO DE CRÉDITOS DE
CARBONO

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado em Zootecnia, da
Universidade Estadual Vale do Acaraú,
como requisito parcial para obtenção do
Título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção e
Nutrição Animal

ORIENTADOR: PROF. DR. MARCOS CLÁUDIO PINHEIRO ROGÉRIO
COORIENTADOR: DR. DELANO DE SOUSA OLIVEIRA

SOBRAL – CE
MAIO – 2024

Ficha catalográfica elaborada na Seção de Processos Técnicos, da Biblioteca Central da UVA.

B333q Holanda Maia, Bárbara

Viabilidade econômico-financeira da terminação de
cordeiros com valoração de créditos de carbono/Bárbara
Holanda Maia,
CE:UVA, 2024

Nº de páginas.: 83

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade
Estadual Vale do Acaraú – Centro de Ciências Agrárias e
Biológicas, Sobral, 2024

Bibliografia

Orientador: Prof. Dr. Marcos Cláudio Pinheiro Rogério

1. Ovinocultura 2. Bioeconomia 3. Carcaça 4.
Respirometria 5. Rentabilidade 6. Dietas de alto
concentrado I. Viabilidade econômico-financeira da
terminação de cordeiros com valoração de créditos de
carbono.

CDU: 636.32/38

(043.2)

BÁRBARA HOLANDA MAIA

**VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA TERMINAÇÃO DE CORDEIROS
COM VALORAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO**

Dissertação defendida e aprovada em: ____/____/____ pela Comissão Examinadora:

DR. FERNANDO HENRIQUE MELO ANDRADE RODRIGUES DE ALBUQUERQUE
EMBRAPA CAPRINOS E OVINOS
PESQUISADOR

DRA. LISIANE DORNELES DE LIMA
EMBRAPA CAPRINOS E OVINOS
PESQUISADORA

DR. RAFAEL GONÇALVES TONUCCI
EMBRAPA CAPRINOS E OVINOS
PESQUISADOR

DR. ROBERTO CLÁUDIO FERNANDES FRANCO POMPEU
EMBRAPA CAPRINOS E OVINOS
PESQUISADOR

DR. MARCOS CLÁUDIO PINHEIRO ROGÉRIO
EMBRAPA CAPRINOS E OVINOS
PRESIDENTE

SOBRAL – CE
MAIO – 2024

Dedico este trabalho à minha família, o pilar da minha vida: Mirly, Alexandre, Almir Neto, Maria Auxiliadora, Maria do Livramento e Almir.

AGRADECIMENTOS

À Deus, acima de tudo, por sempre guiar meus passos em todos os caminhos que percorri até aqui. Por me conceder coragem e disciplina, especialmente nos momentos de dificuldades, que alimentam minha fé e me mantém focada nos meus objetivos;

À Universidade Estadual Vale do Acaraú, pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Zootecnia;

À Embrapa Caprinos e Ovinos, pela concessão da vaga de bolsista via parceria com a Universidade Estadual Vale do Acaraú, que me possibilitou trabalhar na execução de projetos de pesquisa;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa, durante o período do mestrado;

Aos meus pais, Alexandre e Mirly, que sempre se dedicam e se sacrificam, dia após dia, para me proporcionar a melhor educação possível e todos os privilégios que uma família presente e unida pode oferecer. A eles todo meu respeito e amor infinito!

Ao meu irmão, Almir Neto, o meu presente de Deus! Que veio ao mundo para me ensinar o que é o amor genuíno e incondicional;

À toda minha família, em especial minhas avós, Maria Auxiliadora e Maria do Livramento, mulheres guerreiras e cheias de fé, por todo suporte, amor incondicional e sabedoria;

Ao meu avô Almir, *in memoriam*, que sempre apoiou e adorou ouvir a “debinha” dele dizer que ia cuidar dos animais de fazenda, igual ele fazia, quando crescesse;

Às minhas queridas tia-avó e prima, Zélia Vitorino e Maria Sônia Linhares, que me deram todo o suporte e acolhimento durante os dois anos que fiz morada em Sobral;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcos Cláudio Rogério, por todo conhecimento compartilhado e orientações que foram essenciais para o meu desenvolvimento profissional, como também foi parceiro para além dos corredores da Embrapa, me oferecendo palavras de coragem e fé para superar os obstáculos;

A todos e todas do Grupo de Pesquisa de Respirometria do Semiárido (GRESA), que participaram da execução do projeto e compartilharam das alegrias e perrengues: Ricardo Wilson, Josiel, Andressa, Iara e Dr. Delano;

Às boas amigas, por fim, que fiz durante a caminhada do mestrado e me ajudaram a encarar o processo de forma mais leve, com dias mais divertidos e menos saudade de casa: Izamara, Jaine, Rita de Kássia, Brunielle, Margarida, Maria Joana, Alfredo e Bruna.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	8
RESUMO GERAL	9
GENERAL ABSTRACT	11
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	13
CAPÍTULO 1 – REFERENCIAL TEÓRICO	16
Introdução.....	17
1.1. Perfil dos produtores de carne ovina no Brasil e seus meios de comercialização.....	18
1.2. Visão da agroindústria em termos de qualidade do produto cárneo ovino.....	20
1.3. Intensificação em sistemas de terminação de ovinos pela eficiência alimentar e geração de créditos de carbono.....	23
1.4. Definição e caracterização de serviços ambientais.....	26
1.5. Experiências de pagamento de créditos de carbono em sistemas agropecuários.....	28
1.6. Indicadores econômicos e financeiros para sistemas agropecuários.....	30
Referências Bibliográficas.....	35
CAPÍTULO 2 – VIABILIDADE ECONÔMICA-FINANCEIRA DA TERMINAÇÃO DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM DIETAS DE ALTO CONCENTRADO COM VALORAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO.....	43
Resumo.....	43
Abstract.....	45
Introdução.....	47
Material e Métodos.....	50
2.2.1. Aprovação do comitê de ética.....	51
2.2.2. Localização e caracterização da área experimental.....	51
2.2.3. Delineamento experimental, Parâmetros avaliados e Cenários.....	51
2.2.4. Emissões de gases de efeito estufa e cálculo de crédito de carbono.....	54
2.2.5. Abate e avaliação econômico-financeira.....	55
Resultados e discussão.....	62
Conclusões.....	76
Referências Bibliográficas.....	78

LISTA DE TABELAS

PÁGINA

CAPÍTULO 1

1. Indicadores econômicos e financeiros utilizados para análise monetária de propriedades rurais.....	30
---	----

CAPÍTULO 2

1. Composição centesimal (% da matéria natural) das dietas de alto concentrado usadas na terminação de cordeiros.....	52
2. Composição químico-bromatológica das dietas de alto concentrado usadas na terminação de cordeiros.....	52
3. Parâmetros zootécnicos de cordeiros $\frac{1}{2}$ Dorper x $\frac{1}{2}$ Santa Inês alimentados com dietas de alto concentrado para terminação em confinamento.....	53
4. Emissões de gases de efeito estufa para módulo de rebanho de animais $\frac{1}{2}$ Dorper x $\frac{1}{2}$ Santa Inês, alimentados com dietas de alto concentrado em confinamento.....	54
5. Custos de dietas de alto concentrado usadas na alimentação de cordeiros $\frac{1}{2}$ Dorper x $\frac{1}{2}$ Santa para terminação em confinamento.....	58
6. Inversões sobre os materiais utilizados para construção do aprisco de confinamento de cordeiros e equipamentos adquiridos para o sistema de produção.....	59
7. Créditos de carbono gerados em sistemas de terminação de cordeiros $\frac{1}{2}$ Dorper x $\frac{1}{2}$ Santa Inês em confinamento, alimentados com dietas de alto concentrado, para módulo de rebanho de acordo com cada cenário experimental.....	63
8. Custos de produção (R\$) da terminação de cordeiros $\frac{1}{2}$ Dorper x $\frac{1}{2}$ Santa Inês alimentados com dietas de alto concentrado, conforme os cenários de avaliação econômico-financeiro.....	67
9. Indicadores econômicos de sistema de terminação de cordeiros $\frac{1}{2}$ Dorper x $\frac{1}{2}$ Santa Inês em confinamento, alimentados com dietas de alto concentrado, conforme os cenários de avaliação econômico-financeiros sem e com venda de créditos de carbono.....	69
10. Indicadores financeiros de sistema de terminação de cordeiros $\frac{1}{2}$ Dorper x $\frac{1}{2}$ Santa Inês em confinamento, alimentados com dietas de alto concentrado, conforme os cenários de avaliação econômico-financeiros sem e com venda de créditos de carbono.....	72

RESUMO GERAL

Este trabalho teve como objetivo quantificar os créditos de carbono gerados em um sistema de terminação de cordeiros, sob quatro cenários experimentais (duas condições de peso vivo inicial (PVi) e duas dietas de alto concentrado (DAC)). A mitigação de gases de efeito estufa (GEE) considerou dados de emissões de GEE medidos em cordeiros, em câmaras respirométricas para os cenários experimentais, e dados de emissões de GEE de ovinos de acordo com a Organização para Agricultura e Alimentação (FAO). Foi utilizado o valor dos créditos de carbono futuros conforme o site Investing.com. Foram utilizados 20 cordeiros $\frac{1}{2}$ Dorper $\frac{1}{2}$ Santa Inês, não castrados, desmamados aos 100 dias e distribuídos conforme PVi abaixo e acima de 20 kg e alimentados com DAC I, à base de milho moído, e DAC II, à base de milho integral, para 69 dias de confinamento, realizando quatro cenários experimentais. Foram mensurados os GEE produzidos, por meio de câmaras respirométricas, e a geração de créditos de carbono. Para a análise econômico-financeira foram utilizadas planilhas AVETEC® e Excel® para avaliação de oito cenários, onde os quatro primeiros cenários foram caracterizados com preço de compra de cordeiros de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 10,00/kgPV. Os quatro cenários restantes foram caracterizados com preço de compra de cordeiros de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 13,00/kgPV (matadouro comercial). O cenário experimental com cordeiros PVi acima de 20 kg, alimentados com DAC I, apresentou maior quantidade e melhor valorização de créditos de carbono, nos valores de 83,01 e R\$ 31.332,53, respectivamente. Nas análises econômico-financeiras, o Cenário 6 (C6) com compra de cordeiros PVi acima de 20 kg, alimentados com DAC I, a R\$ 9,00/kgPV e venda direta ao frigorífico por R\$ 13,00/kgPV foi que apresentou os melhores indicadores devido à agregação de créditos de carbono, em ambas as análises, também devido aos melhores desempenhos zootécnicos quanto ao ganho de peso. Isso gerou maior número de ciclos produtivos/ano e rebanhos maiores. O melhor preço pago pelo frigorífico sobre o peso vivo final dos cordeiros, pois animais mais pesados geraram melhor rendimento de carcaça, também contribuiu para esse resultado. Um sistema de terminação utilizando cordeiros $\frac{1}{2}$ Dorper $\frac{1}{2}$ Santa Inês com PVi acima de 20 kg, alimentados com DAC I e vendidos diretamente ao frigorífico, com agregação de créditos de carbono apresenta melhores indicadores de previsão econômico-financeira e garantindo segurança aos produtores rurais.

Palavras-chave: bioeconomia; carcaça; milho grão inteiro; ovinos; respirometria; viabilidade.

GENERAL ABSTRACT

This work aimed to quantify the carbon credits generated in a lamb finishing system, under four experimental scenarios (two conditions of initial body weight (BW_i) and two high concentrate diets (HCD)). Greenhouse gas (GHG) mitigation considered GHG emissions data measured in lambs, under respirometric chambers for the experimental scenarios, and GHG emissions data from sheep according to the Food and Agriculture Organization (FAO). The value of future carbon credits was used according to the Investing.com website. Twenty ½ Dorper ½ Santa Inês lambs, uncastrated, were used, were weaned at 100 days and distributed according to BW_i below and above 20 kg and fed with HCD I, based on ground corn, and HCD II, based on whole grain corn, for 69 days of feedlot, carrying out four experimental scenarios. GHG produced, through respirometric chambers, and the generation of carbon credits were measured. For the economic-financial analysis, the AVETEC[®] and Excel[®] spreadsheets were used to evaluate eight scenarios, where the first four scenarios were characterized with the purchase price of lambs of US\$ 1,82/kgBW and sales price of US\$ 2,03/kgBW. The remaining four scenarios were characterized with the purchase price of lambs of US\$ 1,82/kgBW and sales price of US\$ 2,63/kgBW (commercial slaughterhouse). The experimental scenario with BW_i lambs above 20 kg, fed with HCD I, showed a greater quantity and better valorization of carbon credits, in the amounts of 83.01 and US\$ 6.348,40, respectively. In the economic and financial analyses, Scenario 6 (S6) with the purchase of BW_i lambs above 20 kg, fed with HCD I, at US\$ 1,82/kgBW and direct sale to the refrigerator for US\$ 2,63/kgBW was which presented the best indicators because aggregation of carbon credits, in both analyses, also due to the best zootechnical performances regarding weight gain. This generated a greater number of production cycles/year and larger herds. The best price paid by the slaughterhouse on the final live weight of the lambs, as heavier animals generated better carcass yield, also contributed to this result. A finishing system using ½ Dorper ½ Santa Inês lambs with initial BW above 20 kg, fed with HCD I and sold directly to the slaughterhouse, with aggregation of carbon credits presents better forecast indicators economic and financial and guaranteeing security for rural producers.

Keywords: bioeconomy; carcass; respirometry; sheep; viability; whole grain corn.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

A ovinocultura de corte é uma importante atividade pecuária para a produção de alimentos destinados à população e geração de renda. Apesar da grande relevância do setor agropecuário na economia nacional, a cadeia de produção da carne ovina apresenta um desempenho pouco expressivo neste aspecto. Fatores como pouco investimento de tecnologias aplicadas, a prática de uma comercialização informalizada e a falta de um controle administrativo eficiente do sistema influenciam diretamente nesse baixo desempenho econômico.

Atualmente há uma crescente discussão sobre os métodos de uso do meio ambiente para produção de insumos, principalmente quando são oriundos da atividade agropecuária, e os impactos ambientais gerados, como a produção de dióxido de carbono (CO_2) e gás metano (CH_4), também conhecidos como gases de efeito estufa (GEE), que intensificam o processo de aquecimento global. No cenário de um mundo globalizado, as políticas de comércio demandam que os produtores e fornecedores disponibilizem produtos derivados de sistemas sustentáveis, com baixas emissões de GEE e que visem a preservação do meio ambiente.

Porém, para atender essas demandas, o produtor rural necessita de capital disponível que torne possível a realização de investimentos em modelos de produção mais intensivo, recursos alimentares que favoreçam um melhor ganho de peso com menor tempo e aquisição de animais geneticamente responsivos a esse tipo de infraestrutura, sem inviabilizar econômico e financeiramente o seu negócio.

Foi a partir disso que surgiram as políticas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e o mercado de créditos de carbono, uma forma de incentivo político que possibilita uma remuneração ao produtor e garanta a boa manutenção administrativa do seu sistema de produção. Entretanto, a literatura científica demanda mais materiais sobre metodologias de valoração dos créditos de carbono dentro de sistemas pecuários e sua viabilidade de aplicação, especialmente em modelos animais da espécie ovina manejados em sistema de confinamento e alimentados com dietas de alto concentrado.

Portanto, esta pesquisa tem como finalidade definir o valor de PSA e realizar uma análise econômico-financeira de um sistema de terminação, em confinamento, de cordeiros com peso vivo inicial abaixo e acima de 20 quilos e alimentados com dietas de alto concentrado, sob a forma de créditos de carbono pela mitigação de GEE em relação às emissões de GEE definidas pela *Food and Agriculture Organization* (FAO) em 2017.

O trabalho divide-se em dois capítulos, onde o Capítulo I apresenta uma revisão de literatura sobre as principais temáticas que circundam esta pesquisa, sendo elas: indicadores econômicos e financeiros para sistemas agropecuários, perfil dos produtores de carne ovina no Brasil e seus meios de comercialização, visão da agroindústria em termos de qualidade do produto cárneo ovino, intensificação em sistemas de terminação de ovinos pela eficiência alimentar e geração de créditos de carbono, definição e caracterização de serviços ambientais e experiências de pagamento de créditos de carbono em sistemas agropecuários; o Capítulo II, por fim, apresenta a introdução, metodologia, resultados e discussão e conclusões da pesquisa.

CAPÍTULO 1

REFERENCIAL TEÓRICO

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por práticas agropecuárias sustentáveis, aliada às pressões para mitigação das mudanças climáticas, tem impulsionado a busca por sistemas de produção que conciliem eficiência econômica e benefícios ambientais (Bibi e Rahman, 2023). A produção de carne ovina em sistemas de confinamento surge como uma alternativa promissora, não apenas pela sua capacidade de atender à demanda por proteína animal de qualidade, mas também pelo seu potencial em reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) (Marino et al., 2016).

Dentre as modalidades de produção, os sistemas de confinamento de cordeiros pós-desmame apresentam vantagens por permitir maior controle sobre a dieta, controle sanitário e condições de manejo, o que pode resultar em ganho de peso mais eficiente, bom rendimento de carcaça e carne de melhor qualidade (Urbano et al., 2017). Esses sistemas permitem a utilização de estratégias alimentares que possibilitam a mitigação das emissões de metano, como fornecimento de dietas de alto concentrado, por conter alto teor de carboidratos solúveis (Van Soest, 1994; Janssen, 2010).

As atuais políticas comerciais, visando estimular uma maior produtividade de forma sustentável, oferecem recompensas aos produtores que podem incrementar a receita e melhorar a rentabilidade do negócio, através da política de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) por geração de créditos de carbono (Salmi, Canova e Padgurschi, 2023).

Contudo, a viabilidade econômica-financeira desse modelo de produção precisa ser analisada cautelosamente, ao considerar todos os custos de implantação e operação do sistema de confinamento, incluindo investimentos em infraestrutura, alimentação à base de grãos, tecnologias de mitigação de GEE e certificação de créditos de carbono, para garantir a boa manutenção do negócio e a oferta de carne de boa qualidade ao mercado (Caldeira et al., 2023).

Este trabalho, portanto, tem como objetivo explorar as temáticas que envolvem a viabilidade econômica-financeira da produção de carne ovina em sistemas de confinamento voltados para a geração de créditos de carbono.

1.1. Perfil dos produtores de carne ovina no Brasil e seus meios de comercialização

A produção de carne ovina no Brasil tem ganhado destaque nos últimos anos, impulsionada pelo aumento da demanda interna e externa. Entender o perfil dos produtores, bem como os meios de comercialização, são aspectos cruciais para compreender a dinâmica deste mercado.

Os produtores de carne ovina no Brasil são diversificados, variando desde pequenos agricultores, até pecuaristas de maior porte com mais tecnologias especializadas. Estudos recentes apontam que a maioria dos ovinocultores está concentrada nas regiões Nordeste, Sul e Centro-Oeste, que apresentam os maiores índices de produção e rebanhos do país, onde os pequenos produtores com sistemas de agricultura familiar, manejados de formas extensivas e semi-intensivas, são predominantes (Monteiro, Brisola e Vieira Filho, 2021).

Um ponto importante a ser mencionado é que o grau de formação dos produtores influencia diretamente a sua visão empresarial sobre a atividade agropecuária e as decisões sobre realizar investimentos em novas tecnologias, onde observa-se que produtores com maior nível de escolaridade tendem a ser mais receptivos à inovação e às práticas sustentáveis (Procópio, Binotto e Pereira, 2024). Junto disso, também está a questão do poder aquisitivo do proprietário sobre acessibilidade à mão-de-obra especializada, assistência técnica contínua e créditos bancários (Brown, Hart, Small e Munguia, 2016).

Na busca de escoar os produtos para o mercado e garantir a manutenção econômica do negócio, os produtores procuram pelos canais de comercialização disponíveis, que incluem desde vendas diretas ao consumidor até exportações. Conforme apontado por Matte e Waquil (2021), as vendas diretas em feiras locais e outros eventos regionais são comuns entre os pequenos produtores, oferecendo uma alternativa para agregar valor ao produto e diminuir gastos com trabalhos terceirizados.

Para os produtores de médio e maior porte, a comercialização é frequentemente realizada através de frigoríficos e abatedouros certificados, que garantem a qualidade e a segurança alimentar, fazendo com que acessibilidade à cadeia de processamento seja um fator fundamental para atender às exigências do mercado consumidor e maximizar os lucros (Holanda Filho, De Lucena e Martins, 2019).

Outra alternativa de comercialização existente é a venda dos produtos intermediada por atravessadores, ou intermediários, que são agentes que compram carne ovina, podendo ser os animais ainda vivos ou em forma de carcaça, dos ovinocultores para revendê-la a varejistas ou consumidores finais. De acordo com Star, Rolfe, Morrish e Lyons (2021), os atravessadores são comuns em mercados onde há maior fragilidade na infraestrutura de distribuição, canais com menos formalidades e, na maioria das vezes, menos lucrativos para os produtores rurais.

Sinaga, Hidayat, Wangsaputra e Bahagia (2022) apontam que os atravessadores podem oferecer vantagens logísticas, como o transporte da carne ovina das zonas rurais para os

mercados urbanos, onde a demanda é maior, pois essa função é especialmente crítica por causa das condições das estradas rurais, com infraestrutura limitada, o que pode aumentar o fluxo de mercadorias e facilitar o acesso dos consumidores à carne ovina. Além disso, eles frequentemente oferecem pagamentos imediatos aos produtores, o que pode ser um atrativo em regiões onde o acesso ao crédito é restrito (Rocha, 2018; Cruz e Rocha, 2019).

Apesar dos benefícios, a atuação dos atravessadores também apresenta impactos negativos na cadeia da ovinocultura. Dentre eles, o principal é a pressão sobre os preços pagos aos produtores, como apontado por Anselmo et al. (2012), que indicam um frequente pagamento da carne ovina abaixo do preço de mercado, onde os atravessadores podem lucrar até 74,3% sobre o valor do produto final enquanto os ovinocultores recebem apenas 25,7% desse valor, aproveitando-se da falta ou limitação de alternativas disponíveis aos produtores para escoar seus produtos. Essa prática pode desincentivar práticas sustentáveis e pode reduzir a margem de lucro dos produtores e desincentivar a produção de carne ovina.

Somado a isso, os produtores podem adquirir uma dependência dos atravessadores, o que pode gerar uma menor transparência sobre as negociações. Segundo Raineri, Stivari e Gameiro (2014), a falta de informações sobre preços reais e condições de mercado pode prejudicar os produtores, que acabam aceitando preços desfavoráveis por falta de opção. A ausência de regulamentação e supervisão sobre a atuação dos atravessadores pode agravar essas distorções de mercado.

Para reduzir os impactos negativos dos atravessadores sobre a cadeia da ovinocultura, algumas soluções têm sido propostas. Um método viável é a formação de cooperativas ou associações de produtores, que podem negociar coletivamente melhores preços e condições de mercado, fortalecer o poder de negociação e proporcionar acesso direto aos mercados consumidores (Pachoud, Labeyrie e Polge, 2019). Outra possibilidade é a melhoria da infraestrutura de acesso às áreas urbanas, como estradas e sistemas de transporte, que podem facilitar o acesso dos produtores aos polos de comercialização sem a necessidade de atravessadores (Calderón e Servén, 2014).

1.2. Visão da agroindústria em termos de qualidade do produto cárneo ovino

A carne é um alimento que está presente na dieta humana desde a pré-história, sendo uma das principais fontes de nutrientes. Apesar de ter sido associada negativamente à intensificação da poluição e problemas ambientais, na atualidade, tanto a produção mundial

como o consumo de carne têm apresentado aumento nos últimos 50 anos, com destaque nos países asiáticos (Ritchie, Rosado e Roser, 2017).

Na busca de atender essa demanda global com eficiência, a indústria da carne também evoluiu. A expansão de estudos e desenvolvimento de tecnologias zootécnicas nas áreas de melhoramento genético, nutrição, ambiência e bem-estar animal, associadas com novas técnicas de processamento, embalagem e armazenamento, foram essenciais para a manutenção desse setor (Arokiyaraj, Dinakarkumar e Shin, 2023).

Sobre os aspectos inerentes ao sistema de produção em si, o material genético e a nutrição ganham destaque sobre seus impactos na conformação da carcaça, das características físico-químicas e organolépticas na carne produzida (Jacques, Berthiaume e Cinq-Mars, 2011; Costa et al., 2017; Abreu et al., 2019). Para atender aos padrões exigidos pela agroindústria e, ao mesmo tempo, garantir a rentabilidade do seu negócio, o produtor deve utilizar no seu sistema animais que tenham as melhores características zootécnicas de acordo com seu tipo de manejo e nível tecnológico.

A escolha da raça a ser trabalhada é o ponto de partida para obtenção de uma boa carcaça, pois cada raça possui características genéticas específicas que influenciam a produtividade e sobre a adaptabilidade dos animais aos diversos ambientes e climas brasileiros. Raças como Suffolk e Texel são utilizadas na produção de carne ovina, geralmente em sistemas de produção mais ao sul do país com climas frios, sendo valorizadas pelo rápido ganho de peso e qualidade da carne e pela excelente conformação de carcaça e rendimento de carne (McManus, Paiva e Araújo, 2013). De acordo com Ramos et al. (2019), são raças que apresentam padrões raciais bem definidos, onde os animais com genética Texel podem ter mais vantagens sobre o ganho de peso em virtude da menor estatura, quando comparado com animais de genética Suffolk.

Nas regiões mais ao norte do Brasil, com climas predominantemente quentes, as genéticas Santa Inês e Dorper são bastante utilizadas nos sistemas de produção de carne. A raça Dorper, originária da África do Sul, é conhecida não só por sua capacidade de boa adaptação a ambientes com características semiáridas, como também por apresentar excelente conformação de carcaça, bom desempenho em ganho de peso e carne de alta qualidade (Kandiwa et al., 2020). Já a raça Santa Inês, por sua vez, é nativa do Brasil e destaca-se por sua rusticidade, resistência a parasitas, boa taxa de fertilidade, adaptabilidade climática e estatura corporal (Furtado et al., 2020), sendo uma escolha popular entre os produtores brasileiros.

Na busca de aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos comerciais, é comum ser realizado nas propriedades o cruzamento industrial, devido aos benefícios relacionados à heterose, ou vigor híbrido, que resulta em descendentes com melhor desempenho em comparação aos seus progenitores puros. Segundo Petrović et al. (2011), a heterose pode aumentar significativamente o ganho de peso, a eficiência alimentar e a qualidade da carne. A combinação de raças adaptadas a condições climáticas específicas permite que os produtores escolham cruzamentos que melhor se adequem ao seu ambiente de produção, seja ele intensivo, semi-intensivo ou extensivo (Furtado et al., 2020).

Outro fator que influencia diretamente a qualidade do produto, oriundo da indústria da carne ovina, são as características zootécnicas e a idade do animal. Quando se utiliza cordeiros, animais jovens com média de 100 dias de vida, para serem abatidos com idade entre 5-6 meses de vida, são obtidos melhores cortes comerciais e uma carcaça com melhor relação músculo:gordura do que animais mais velhos, uma vez que o avançar da idade reduz a atividade metabólica e favorece o acúmulo de gordura visceral e subcutânea, o que é indesejável na agroindústria. Além disso, as características organolépticas dessa carne de cordeiro, como sabor e cor, também possuem melhor aceitabilidade pelo consumidor (Budimir et al., 2018; D'Alessandro et al., 2013; Polidori et al., 2017).

Quanto aos parâmetros avaliados para classificar uma carcaça, é necessário que a carcaça gerada a partir de cordeiros pesados tenha um rendimento, que é a relação entre o peso vivo do animal e o peso da carcaça quente, satisfatório. A agroindústria preconiza que o rendimento de carcaça seja em torno de 46%, com boa relação músculo:osso e músculo:gordura (conformação e acabamento, respectivamente) (Schreurs e Kenyon, 2017). Sobre a formação da capa de gordura em torno da carcaça, esse parâmetro sofre forte influência do fator sexual, a qual é possível escalonar em machos inteiros > castrados > fêmeas (Normand et al., 1997; Prache, Schreurs e Guillier, 2022).

Essas avaliações sobre a carcaça são fundamentais para direcionar ou não esse produto ao processamento dos cortes industriais. Um baixo rendimento de carcaça não produz cortes com quantidade de carne adequada para comercialização, contendo maior porção de osso e sendo, portanto, rejeitado pelo consumidor. Os cortes da paleta e pernil podem representar uma média de 55% do peso da carcaça total; o conjunto dos cortes de primeira linha, sendo estes: perna, lombo e costelas (localizados na porção quarto traseiro), podem constituir 60% do peso

da carcaça de cordeiros (Camacho et al., 2015; Corazzin et al., 2019; Margetín, Margetínová e Oravcová et al., 2013).

Quanto à precificação dos produtos cárneos ovinos, há uma oscilação de preços nesse mercado que impacta diretamente os produtores, consumidores e a economia como um todo. O consumo interno é historicamente estável, porém a demanda externa tem crescido, especialmente em países do Oriente Médio e Ásia. As exportações brasileiras de carne ovina têm aumentado, impulsionadas principalmente pela busca de mercados externos, entretanto as oscilações cambiais e barreiras sanitárias mostram-se desafios constantes para a manutenção desse ritmo comercial (Costa et al., 2019; Silva et al., 2018). Quando ocorrem oscilações bruscas nos preços, a renda dos produtores de carne ovina é rapidamente afetada, podendo levar a dificuldades financeiras e até mesmo desistência da atividade (Lima et al., 2019).

Alguns fatores que afetam a oferta de carne ovina no mercado estão relacionados, principalmente, com os fatores climáticos. A distribuição do regime pluviométrico e períodos de estiagem afetam diretamente a disponibilidade de pastagens e, consequentemente, a produção de carne ovina. Isso pode levar a uma redução na oferta e aumento nos preços (Nascimento et al., 2020). Outro fator de relevância está ligado aos custos de produção, quando há variações nos preços de insumos agrícolas, ração e medicamentos veterinários, que resulta numa elevação dos custos e isso é repassado ao consumidor final (Souza et al., 2017).

O Nordeste do Brasil possui uma forte tradição de consumo de carne ovina, fortemente influenciado por aspectos socioculturais. Festivais e eventos culturais regionais, como São João, muitas vezes têm a carne ovina como destaque, promovendo a valorização da culinária nordestina e dos produtores rurais locais (Albuquerque et al., 2019). Datas religiosas específicas, como na Semana Santa, também geram o aumento na demanda desses produtos (Fernandes et al., 2020).

1.3. Intensificação em sistemas de terminação de ovinos pela eficiência alimentar e geração de créditos de carbono

O agronegócio ocupa posição de destaque na economia do Brasil, com uma participação de 24,8% no PIB nacional (CEPEA, 2023). Dentro do setor, a ovinocultura ocupa o quarto lugar no *ranking* dos rebanhos brasileiros, com um quantitativo total de 21.514.274 milhões de cabeças, onde a maior concentração desses animais está localizada nos estados da região Nordeste e o estado da Bahia é o atual maior produtor nacional (IGBE, 2022).

A atividade ainda é conduzida de forma extensiva em grande parte dos sistemas de produção nordestinos e a alimentação animal apresenta grande dependência de pasto nativo (Monteiro, Brisola e Vieira Filho, 2021). Apesar da necessidade fisiológica dos animais ruminantes de forragem, quando esta deriva da vegetação natural apresenta um ponto negativo no aspecto produtivo: tanto a quantidade como a qualidade de matéria seca são diretamente afetadas pelas condições climáticas. Na região semiárida brasileira, o período de escassez hídrica torna-se um gargalo para os produtores, devido ao baixo volume de pasto e maior teor de fibra associada à lignina, o que afeta o desempenho dos animais e a qualidade da carne produzida (Dos Santos et al., 2023).

Esse fato faz com que os produtores recorram a insumos alimentares externos para suplementação, encarecendo tanto os custos de produção como o preço por quilograma de peso vivo produzido (Araújo Filho, 2013). Por vezes, é preciso abater animais mais velhos e de menor peso, o que compromete a qualidade da carne oferecida ao mercado e pode acarretar prejuízos econômicos ao sistema de produção (Ricardo et al., 2015; Andrade et al., 2017).

Realizar investimentos em sistemas de produção mais intensivos, com tecnologias aplicadas às condições da propriedade com finalidade de melhorar a eficiência produtiva, torna-se necessário. Nesse cenário, o modelo de confinamento apresenta-se como uma alternativa interessante para os produtores de carne, principalmente para o período de terminação, pois reduz a dependência por pastagens e, também, o período de terminação através do uso de dietas concentradas e, consequente aumento da produtividade e rotatividade dos sistemas de terminação como um todo (Gomes et al., 2015).

Dentre as técnicas de manejo desenvolvidas, o uso de dietas de alto concentrado (DAC), caracterizadas por baixo teor de fibra e inclusão de até 100% de grãos, torna-se vantajosa por proporcionar maior consumo de matéria seca (MS), maior digestibilidade, reduzir o período de terminação com maior eficiência alimentar e melhor acabamento de carcaça. A utilização da DAC, no entanto, pode gerar distúrbios metabólicos se não for bem trabalhada, uma vez que carboidratos não-fibrosos apresentam rápida fermentação e produzem grande quantidade de propionato, o que causa morte da microbiota fibrolítica e aumento da população de bactérias lácticas por redução do pH ruminal, resultando em quadros de acidose ruminal, timpanismo, laminite, dentre outros (Neto et al., 2014; Rogério et al., 2018).

As DAC possuem alta concentração de amido, maior componente fornecedor de energia, representando 60 a 80% dos grãos de cereais. O aumento na quantidade de amido

fermentável ocasiona aumento na produção de ácidos orgânicos, aumento na produção de proteína microbiana, diminuição na digestão da fibra e da metanogênese, bem como da relação entre o acetato e o propionato (Oba e Allen, 2003). Isso ocorre em virtude da grande liberação de íons H^+ no ambiente ruminal (faixa de pH normal entre 6,8-7,1), o que promove redução do pH para valores inferiores a 6,0, condição ideal para a microbiota amilolítica e láctica (*Bacteroides amylophilus*, *Streptococcus bovis* e *Lactobacillus sp.*) (Cañizares et al., 2009).

O metabolismo de dietas de alta energia implica diretamente sobre a produção dos metabólitos residuais, dentre eles os gases dióxido de carbono (CO_2), gás metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), também conhecidos como gases de efeito estufa (GEE). Esses gases estão associados ao aquecimento global por conta da propriedade de alta retenção de calor e, também, por destruir a camada de ozônio que envolve toda a atmosfera da Terra e diminui a proteção da superfície terrestre à exposição de raios UV2 (Fearnside, 2002).

As emissões de GEE possuem várias origens e, dentre elas, o setor agropecuário é o que mais tem atraído a atenção dos pesquisadores e ambientalistas, em virtude da produção de metano. O CH_4 é um hidrocarboneto da série dos alcanos, de baixa solubilidade em água e altamente inflamável. Esse gás é produzido pela queima de combustíveis fósseis, erupção vulcânica, decomposição de matéria orgânica e, também, da fermentação entérica dos ruminantes (Agostinetto et al., 2002).

Os sistemas agropecuários são responsáveis por 10 a 12% das emissões de GEE antrópicas totais no mundo, onde os animais ruminantes podem contribuir 12 a 37% das emissões oriundas dos sistemas de produção animal (Steinfeld e Wassenaar, 2007; Lassey, 2008; Todd et al., 2011). Os grandes ruminantes, como bovinos e bubalinos, podem emitir 150,7 e 137 g/animal/dia de CH_4 , enquanto os pequenos ruminantes, como ovinos e caprinos, podem emitir 21,9 e 13,7 g/animal/dia de CH_4 (Sejian et al., 2011), respectivamente, onde essa diferença de taxas está diretamente relacionada com o tamanho corporal dos animais, como também a capacidade de armazenamento do rúmen: em bovinos e bubalinos, essa capacidade é de 100 a 150 L, enquanto ovinos e caprinos fica em torno de 15 L (Shibata e Terada, 2010).

É importante salientar que a produção de metano pelos animais ruminantes é um processo natural e não antrópico. Isso acontece como estratégia do metabolismo simbiótico com os microrganismos ruminais para a manutenção do pH ruminal, uma vez que as bactérias metanogênicas realizam a captura de íons H^+ livres no ambiente ruminal e impedem o acúmulo

desses íons que causam acidificação do meio, contribuindo para a manutenção da microbiota ruminal e da saúde do animal (Montenegro, Barrantes e Dilozenzo, 2018).

Entretanto, a metanogênese não é interessante do ponto de vista produtivo. Além de reduzir a energia líquida, destinada à produção de carne, também faz com que o animal libere GEE no ambiente (Morgavi et al., 2023). Já existem políticas de incentivo para o produtor rural investir em tecnologias que mitiguem GEE e que podem melhorar os índices econômicos e financeiros do sistema, como pagamento por serviços ambientais através da venda dos créditos de carbono (Fleischman et al., 2021).

1.4. Definição e caracterização de serviços ambientais

A intensificação do aquecimento global e demais problemas ambientais, que vêm desencadeando consequências catastróficas, comprometem a produção de alimentos e desafiam a manutenção da vida no planeta, são resultados de ações antrópicas (Batista, Duku e Hein, 2023). Em vista disso, surgiu-se a necessidade de desenvolver políticas ambientais e econômicas, a nível global, que têm como finalidade frear o avanço dessas problemáticas com práticas de produção sustentáveis.

A sustentabilidade é um conceito baseado no alinhamento entre os fatores econômicos, sociais e ambientes que existem dentro do sistema de produção. No setor agropecuário, há uma incessante busca no desenvolvimento de modelos de criação que possibilitem a máxima eficiência produtiva dos animais com o mínimo de impacto ambiental e que apresente boa viabilidade econômica para o produtor rural (Dos Reis et al., 2021).

A partir disso, surgiu a ideia de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) ou Serviços Ecossistêmicos (SE), uma política que pode ser conceituada como a remuneração (direta ou indireta) e concessão de beneficiamentos (prestações sociais, compensações por certificação, títulos e comodato) destinados ao produtor residente em áreas rurais ou urbanas, que promove a conservação e preservação da natureza no seu sistema de produção através da redução de taxas de emissões de GEE (Salmi, Canova e Padgurschi, 2023).

Baseado nos princípios de sua idealização, é possível destacar como objetivos da política de PSA: a conservação da biodiversidade e dos habitats naturais, através da utilização de tecnologias aplicadas nos sistemas de produção agropecuários; a preservação dos recursos hídricos, a partir da conservação de aquíferos e mananciais, para garantir a disponibilidade de água e com boa qualidade para as comunidades humanas e ecossistemas; redução nas mudanças climáticas, via preservação das florestas e matas, com melhor eficiência da reciclagem de

carbono e mitigação dos gases de efeito estufa (Haines-Young e Potschin, 2018; Ferraz, Prado, Parron e Campanha, 2019).

Os Serviços Ecossistêmicos podem ser divididos em quatro tipos de serviços principais, de acordo com Millennium Ecosystem Assessment (2003), sendo estes:

- **Serviços de Provisão:** também chamado de serviços de abastecimento, referem-se aos produtos e materiais tangíveis que os ecossistemas são capazes de fornecer diretamente aos seres humanos, para sua manutenção. Alguns exemplos desse fornecimento são alimentos (origem animal e vegetal), água potável, madeira, minérios e recursos genéticos;
- **Serviços de Regulação:** estão relacionados com o controle dos processos biológicos e climáticos que ocorrem no ecossistema. Esse controle pode ser feito através do armazenamento e sequestro de carbono para regulação climática, controle de erosão do solo através de manejos de conservação aplicados, purificação do ar e da água, dentre outros;
- **Serviços Culturais:** são os benefícios não materiais que as pessoas obtêm dos ecossistemas. Isso pode ser feito pela utilização do ecossistema para recreação e turismo (passeios em trilhas, praias, parques ecológicos), explorar os ambientes de forma estética e espiritual, estudos sobre a natureza e práticas tradicionais;
- **Serviços de Suporte:** são os serviços que mantêm os ecossistemas funcionando, mas que não são diretamente consumidos pelos seres humanos. Alguns exemplos desse tipo de serviço são manejos que melhoram a fertilidade do solo e sua formação, a ciclagem de nutrientes pela decomposição de matéria orgânica e a reprodução vegetal via polinização derivada de insetos e animais.

O mercado consumidor, cada vez mais exigente quanto à procedência e qualidade dos produtos de origem agropecuária, demanda que o produtor rural adote um sistema de produção alinhado às normativas da sustentabilidade, especialmente sobre a mitigação de do metano entérico (García-Oliveira et al., 2020). A política de PSA é uma forma de incentivo ao produtor rural, para que este realize os investimentos necessários que viabilizem bons índices de produtividade com menor geração de resíduos poluentes, garantindo o abastecimento alimentar de qualidade à população.

O modo de pagamento, que representa o meio de remuneração dos provedores de SE, só são realizados mediante análise e confirmação do cumprimento os termos de contrato dessa

política sustentável. Pode ser feito de duas formas: remuneração em dinheiro ou espécie. A modalidade de pagamento em dinheiro, como o próprio nome diz, é a forma de remuneração com moeda monetária. Já o pagamento em espécie refere-se a fornecimento de insumos e produtos, como sementes, como também acesso à prestação de serviço de assistência técnica e construção de infraestruturas (Ola, Menapace, Benjamin e Lang, 2019).

Apesar de já ser uma ideia com relativamente conhecida no meio de produção, ainda não há clareza quanto à forma de caracterização do tipo de SE que está sendo trabalhado dentro do sistema. Essa é uma falha presente nos projetos dessa política no Brasil, o que complica a definição de como realizar a remuneração ao produtor. Além disso, esse problema também implica numa dificuldade em elaborar políticas públicas que tenham potencial de difundir e facilitar a acessibilidade às metodologias de PSA, bem como melhorar a eficácia de suas aplicações (Mota e Costa et al., 2023).

Uma das metodologias para realizar a remuneração de PSA ao produtor é a valoração e venda dos créditos de carbono, que correspondem a unidades de medida usadas no mercado de carbono para quantificar a redução, remoção ou compensação de emissões dos GEEs. Eles são uma ferramenta crucial no combate às mudanças climáticas, permitindo que indivíduos, empresas e países compensem suas emissões apoiando projetos elaborados à luz da sustentabilidade em todos os setores da cadeia produtiva (Van Der Gaast, Sikkema e Vohrer, 2018).

1.5. Experiências de pagamento de créditos de carbono em sistemas agropecuários

A política de créditos de carbono teve origem no âmbito do Protocolo de Kyoto, um tratado internacional que foi adotado em 1997 durante a Terceira Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP-3). Esse evento foi um marco importante no esforço global para combater as mudanças climáticas e reduzir as emissões de gases de efeito estufa (Gupta, 2011).

Os créditos de carbono podem ser caracterizados como certificados que representam a redução ou a remoção de uma tonelada de dióxido de carbono (CO₂) ou seu equivalente em GEE, que são concedidos por um tempo determinado ao titular. A partir dessa certificação, esses créditos podem ser valorados pela aplicação de uma taxa de imposto para firmar seu valor de comercialização (Lokuge e Anders, 2022).

Diante desse cenário, surgiu um novo setor comercial: o mercado de carbono. Esse comércio permite que empresas comprem e vendam créditos de carbono como forma de compensar suas emissões. Estudos mostram que a participação no mercado de carbono pode resultar em benefícios financeiros para as empresas, além de melhorias na imagem corporativa e acesso a novos mercados (Kollmuss et al., 2008; Liu et al., 2017).

As empresas agropecuárias têm um papel fundamental na redução das emissões de GEE, especialmente através da gestão sustentável de terras, uso eficiente de recursos e práticas de agricultura de baixo carbono. Ao implementarem sistemas agroflorestais, como Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), podem gerar créditos de carbono através da conservação e restauração de florestas, ao mesmo tempo em que melhoram a resiliência do solo e a produtividade animal (Lal, 2004).

Além do mercado regulamentado, existe um mercado voluntário de carbono onde empresas podem participar para compensar suas emissões de forma voluntária. As sociedades comerciais estão se envolvendo cada vez mais no mercado voluntário de carbono, buscando oportunidades de financiamento para projetos de mitigação de GEE e conservação de ecossistemas (Salcedo et al., 2020; Streck, 2021).

As companhias do agronegócio no Brasil estão se remodelando constantemente, na busca de promover a difusão das práticas sustentáveis e atender às exigências das políticas de mercado globais ao se inserirem no mercado de carbono. Empresas brasileiras de porte multinacional, com índices de produção e exportação de proteína animal de grande relevância no comércio global, têm se destacado na venda de créditos de carbono desde 2021 e têm como compromisso atingir a taxa de zero emissões líquidas de CO₂ até 2040 (De Koning, 2020; Lilliston, 2021).

A crescente demanda do mercado de carbono resultou no surgimento de corporações especializadas nessa negociação do crédito de carbono, algumas tendo como principal público-alvo o ramo rural, ofertando prestação de serviço por consultorias, desenvolvimento de projetos e comercialização de créditos de carbono para ajudar empresas agropecuárias a mitigar suas emissões de GEE e participar do mercado de carbono de forma eficaz (Oldfield et al., 2022). Elas têm experiência e conhecimento específicos na implementação de práticas sustentáveis e no desenvolvimento de projetos de redução de emissões para o setor agropecuário.

1.6. Indicadores econômicos e financeiros para sistemas agropecuários

A gestão rural é uma importante ferramenta no processo de construção e manutenção de qualquer empreendimento ou projeto agropecuário. É através dela que o monitoramento da eficiência do sistema é medido, direcionando todas as tomadas de decisões que tenham como finalidade maximizar a rentabilidade e o retorno econômico para o produtor rural (Bendlin et al., 2023).

No atual conceito de administração rural, no qual a fazenda é compreendida como uma empresa rural e que necessita de gestão eficiente para render bons índices econômicos, a produção agropecuária deve focar não somente no objetivo de ser lucrativa, mas também em ser sustentável. Essa é uma das principais demandas do mercado consumidor contemporâneo e das novas políticas de comércio global (Ferreira, Carrasco e Santos, 2018).

Para que os investimentos almejados sejam viáveis de serem executados, deve-se realizar um levantamento de dados a partir dos custos de produção e, posteriormente, submetê-los a análises específicas. Os indicadores dividem-se em econômicos e financeiros, sendo estes (Tabela 1):

Tabela 1. Indicadores econômicos e financeiros utilizados para análise monetária de propriedades rurais

Indicadores econômicos	Indicadores financeiros
Receita total	Valor presente líquido
Custo total	Valor presente líquido anualizado
Renda líquida	<i>Payback</i> descontado
Renda da família	Taxa interna de retorno
Ponto de nivelamento	Taxa interna de retorno modificada
Taxa de retorno do empreendedor	Índice de lucratividade
Produtividade total dos fatores	Taxa de rentabilidade

A receita total é o valor total bruto arrecadado com a venda dos produtos, calculado a partir quantidade total pelo preço final de comércio, onde não há contabilização de impostos e outros tributos. É um dos principais indicadores de desempenho, uma vez que fornece ao produtor rural uma visão geral sobre sua capacidade de gerar renda com uma atividade agropecuária (Ferreira et al., 2020).

É utilizada para direcionar tomadas de decisões sobre investimentos, custos de produção, adoção de estratégias de mercado e, ainda, auxilia na determinação da viabilidade econômica de culturas ou criações específicas (Fernandes et al., 2019). Flutuações nos preços

de *commodities* agrícolas e pecuárias têm um impacto direto nos custos de produção e, consequentemente, na receita total: altos preços podem aumentar a receita, enquanto baixos preços podem reduzi-la; entretanto, um aumento nos custos, sem um aumento correspondente na receita, pode reduzir a lucratividade total (Ferreira et al., 2020; Montoya et al., 2018).

O custo total é a soma de todos os gastos mensuráveis (fixos e variáveis) e despesas que estão relacionados com a produção e auxilia, principalmente, na determinação do preço de venda e aplicação de futuros investimentos no sistema de produção e na propriedade (Silva et al., 2020).

Comparar o custo total com a receita total permite avaliar a eficiência da produção. Uma relação favorável entre custo e receita indica uma operação eficiente e lucrativa; a diferença entre a receita total e o custo total resulta na margem de lucro. Uma margem positiva indica lucro, enquanto uma margem negativa indica prejuízo (Azevedo et al., 2019).

A renda líquida é o valor real que fica disponível para o produtor, obtido através da subtração entre receita total e custo total, onde há desconto dos impostos e demais tributos contabilizados nos custos de produção. Quando esse valor é maior ou igual a zero, significa que é um negócio seguro e há possibilidade de ampliar-se (Guiducci et al., 2012).

O principal fator que influencia a renda líquida são os custos de produção. Quanto menores os custos, maior a renda líquida, portanto controlar e otimizar os custos é essencial para maximizar este indicador (Pereira et al., 2019). Uma produção maior geralmente resulta em uma renda líquida maior, desde que os preços de mercado se mantenham favoráveis. Uma avaliação histórica desse parâmetro pode ser usada para elaborar planejamentos futuros que melhorem a sustentabilidade financeira e o crescimento da propriedade (Lima et al., 2018).

A renda da família está relacionada com a renda da mão-de-obra familiar, quando se entende que o próprio produtor vai trabalhar diretamente nas atividades de manejo junto de sua família. Além disso, os custos de oportunidade também são contabilizados, uma vez que é o valor de juros calculado dos custos de produção e está incluso no montante investido e que está disponível ao produtor (Guiducci et al., 2012). É um indicador direto sobre a qualidade de vida dos produtores rurais e suas famílias, acesso à educação, saúde, moradia e lazer (Teixeira et al., 2020).

Uma renda familiar estável e positiva é essencial para a sustentabilidade da propriedade rural ao longo do tempo, pois contribui para a segurança financeira e a capacidade de

reinvestimento na atividade (Oliveira et al., 2019). Também influencia na sucessão familiar, tanto da propriedade quanto na continuidade da atividade por gerações (Silva et al., 2018).

O ponto de nivelamento, também conhecido como ponto de equilíbrio, calcula o valor mínimo de produção para que não haja prejuízo, uma vez que é a razão entre o custo total e o preço de venda final. Quando a produção apresenta valor igual ou superior ao ponto de nivelamento, indica há segurança no negócio em longo prazo; quando abaixo, reduz a renda líquida e o negócio irá sucumbir (Guiducci et al., 2012).

Preços de venda mais altos reduzem o ponto de nivelamento, enquanto preços baixos aumentam. Já com relação aos custos de produção, o efeito torna-se diretamente proporcional: menores custos de produção reduzem o ponto de nivelamento, enquanto maiores custos aumentam (Ferreira et al., 2019; Raineri, Stivari e Gameiro, 2015). O conhecimento do ponto de nivelamento auxilia no planejamento de produção, uma vez que os produtores podem estabelecer metas de produção baseadas nesse ponto para garantir a lucratividade (Martins et al., 2020).

A taxa de retorno do empreendedor é a porcentagem que retorna ao produtor de cada unidade monetária dispendida. Também pode ser obtida pela subtração da produtividade total dos fatores menos um (Guiducci et al., 2012). Esse indicador pode ajudar a escolher entre atividades alternativas com base na rentabilidade esperada e, também, no grau de risco do investimento, fazendo com que quanto maior o risco pode exigir uma taxa de retorno mais alta para ser atrativa (Winterhalder, 2019).

A produtividade total dos fatores mede o grau de eficiência do sistema de produção, onde o aumento na quantidade de produtos não é influenciado pela quantidade de insumos, mas sim pelos ganhos sobre o valor de venda dos produtos. Para ser um indicador positivo ao negócio, deve ser igual ou maior do que um (Guiducci et al., 2012). Segundo Solow (1957), esse é um indicador-chave para medir o progresso técnico e a eficiência do uso de recursos na produção agrícola, resultando em maior produção sem necessariamente aumentar os insumos.

O valor presente líquido (VPL) é o somatório dos fluxos de pagamentos esperados em cada período, correspondente ao ano zero, ajustados pela taxa mínima de atratividade (TMA) determinada para o projeto. Para que seja um indicador positivo, o VPL deve ser maior do que zero (Guiducci et al., 2012). Ele considera o valor do dinheiro no tempo e indica se o retorno esperado é maior que o custo do investimento.

Produtores e investidores usam o VPL para tomar decisões informadas sobre onde investir seus recursos. Projetos com VPL positivo são considerados atrativos, enquanto aqueles com VPL negativo podem não ser viáveis (Mao et al., 2021). Custos de produção, preços de mercado, receitas esperadas e despesas operacionais são fatores críticos que influenciam o VPL. Reduzir custos e aumentar receitas aumenta a viabilidade do projeto (Atallah, Gómez e Jaramillo, 2018).

O valor presente líquido anualizado (VPLa) é utilizado para avaliar investimentos em projetos agrícolas que se estendem por vários anos. Ele fornece uma medida mais precisa do retorno sobre o investimento ao considerar os fluxos de caixa anuais (Zhu et al., 2020). O VPLa permite uma comparação direta entre projetos com diferentes durações. Produtores podem escolher o projeto com o VPLa mais alto, desde que seja viável e atenda às suas necessidades (Barkley et al., 2019).

O valor presente líquido anualizado (VPLa) difere do VPL pelo fato de calcular o valor dos fluxos de caixa ao longo de todo o período do investimento, onde há correção dos valores pela taxa de juros em todos os anos. Portanto, a VPLa apresenta valores mais fidedignos por levar em consideração a desvalorização do dinheiro ao longo dos anos (Guiducci et al., 2012).

O *payback* descontado é uma taxa de desconto que apresenta correções monetárias durante o período, utilizada para avaliar o tempo que leva para que o investidor tenha retorno do capital investido, quando os fluxos de caixa negativos (investimentos) se igualam aos fluxos de caixa positivos (lucros), ou seja, projetos com um *payback* descontado mais curto são preferidos, pois indicam uma recuperação mais rápida do capital investido (Guiducci et al., 2012). A taxa de juros utilizada para descontar os fluxos de caixa futuros é o principal fator de influência sobre esse indicador, pois taxas mais altas resultam em um *payback* descontado mais longo (Pan et al., 2021).

A taxa interna de retorno (TIR) é um valor percentual hipotético, utilizado para avaliar se vale a pena investir ou não no projeto, onde iguala-se a soma dos fluxos de caixa ao investimento. É considerada viável quando apresentar valor superior à taxa mínima de atratividade (Guiducci et al., 2012), pois indica a taxa de crescimento anualizada dos fluxos de caixa de um projeto.

Produtores e investidores utilizam esse indicador para tomar decisões sobre onde alocar recursos financeiros. Projetos com TIR mais alta são geralmente considerados mais atrativos, pois oferecem um retorno potencialmente maior (Kallas et al., 2020). Além disso, permite

comparar a rentabilidade de diferentes projetos agrícolas. Ela auxilia na seleção do projeto que oferece a melhor relação entre risco e retorno.

A taxa interna de retorno modificada (TIRM) leva em conta a reinvestimento dos fluxos de caixa gerados ao longo do tempo. Isso reflete a realidade dos negócios agrícolas, onde os lucros são muitas vezes reinvestidos, pois esse tipo de projeto tem vida útil longa (Bai et al., 2020). Difere da TIR por considerar o custo de capital da empresa com base nesse reinvestimento, tornando seu valor mais próximo da realidade, sob influência da TMA (Guiducci et al., 2012).

O índice de lucratividade (IL) compreende o retorno de cada unidade monetária, corrigidos pela TMA, uma vez que é calculado pela relação entre VLP dos fluxos de caixa positivos pelo VLP dos fluxos de caixa negativos (Guiducci et al., 2012). Um IL maior que um indica que o projeto é lucrativo, portanto, quanto maior esse valor significa que o retorno financeiro é maior que o investimento inicial, o que permite comparar diferentes projetos e definir qual o mais atrativo e viável (Alcedo, Ito e Maeda, 2015).

A taxa de rentabilidade (TR), o último dos indicadores financeiros, é a medida em porcentagem do índice de lucratividade, ou seja, é a proporção que cada unidade monetária retorna ao investidor (Guiducci et al., 2012). Ela indica a eficiência do uso dos recursos financeiros e se o investimento é lucrativo. O lucro líquido obtido com o projeto é o principal fator que influencia a TR, onde quanto maior o lucro líquido, maior será a taxa de rentabilidade (Singh et al., 2016).

Produtores e investidores utilizam a TR para tomar decisões sobre onde alocar capital, pois projetos com taxas de rentabilidade mais altas são geralmente preferidos (Volsi et al., 2021). O montante investido inicialmente também afeta desse indicador. Projetos com menor investimento inicial tendem a ter taxas de rentabilidade mais altas; além disso, quanto maior o valor da TR comparada à taxa de juros aplicada no projeto, torna-se mais atrativo para o investidor (Ma, Renwick e Zhou, 2020).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCEDO, M. J.; ITO, K.; MAEDA, K. Stockmanship competence and its relation to productivity and economic profitability: The context of backyard goat production in the Philippines. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 28, n. 3, p. 428, 2015.

ALBUQUERQUE, R. L. et al. O consumo de carne ovina no período da Semana Santa em comunidades rurais do Nordeste do Brasil. **Revista de Cultura e Extensão USP**, v. 29, 2019.

ANSELMO, J. M. et al. Margins of sheep meat marketing in Capulhuac, State of Mexico. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 15, n. 1, 2012.

AROKIYARAJ, S.; DINAKARKUMAR, Y.; SHIN, H. A comprehensive overview on the preservation techniques and packaging of processed meat products: Emphasis on natural derivatives. **Journal of King Saud University-Science**, p. 103032, 2023.

ATALLAH, S. S.; GÓMEZ, M. I.; JARAMILLO, J. A bioeconomic model of ecosystem services provision: coffee berry borer and shade-grown coffee in Colombia. **Ecological Economics**, v. 144, p. 129-138, 2018.

AZEVEDO, F. M. et al. Análise dos custos de produção de leite: um estudo de caso em propriedades rurais. **Revista de Administração**, v. 54, n. 4, p. 493-506, 2019.

BAI, Y. et al. Analysis of discounted payback in beef cattle production: a case study in China. **Agricultural Finance Review**, v. 80, n. 4, p. 502-518, 2020.

BATISTA, F. S.; DUKU, C.; HEIN, L. Deforestation-induced changes in rainfall decrease soybean-maize yields in Brazil. **Ecological Modelling**, v. 486, p. 110533, 2023.

BARKLEY, A. P. et al. Annualized net present value in the evaluation of irrigation projects: a case study in India. **Water Resources and Economics**, v. 25, p. 100-127, 2019.

BIBI, F.; RAHMAN, A. An Overview of Climate Change Impacts on Agriculture and their mitigation strategies. **Agriculture**, v. 13, n. 8, p. 1508, 2023.

BROWN, P.; HART, G.; SMALL, B.; MUNGUIA, O. M. O. Agents for diffusion of agricultural innovations for environmental outcomes. **Land Use Policy**, v. 55, p. 318-326, 2016.

BUDIMIR, K. et al. Slaughter performance and carcass and meat quality of Bergamasca light lambs according to slaughter age. **Small Ruminant Research**, v. 164, p. 1-7, 2018.

CALDEIRA, A. et al. O papel estratégico da gestão de custos em agronegócios na visão de produtores brasileiros de grãos. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 9, n. 2, p. 48-74, 2023.

CALDERÓN, C.; SERVÉN, L. Infrastructure, growth, and inequality: An overview. **World Bank Policy Research Working Paper**, n. 7034, 2014.

CAMACHO, A. et al. Effect of breed (hair and wool), weight and sex on carcass quality of light lambs under intensive management. **Journal of Applied Animal Research**, v. 43, n. 4, p. 479-486, 2015.

CORAZZIN, M. et al. **Carcass characteristics and meat quality of sheep and goat**. More than beef, pork and chicken—the production, processing, and quality traits of other sources of meat for human diet, p. 119-165, 2019.

COSTA, A. S. et al. Perspectivas do mercado mundial de carne ovina. **Embrapa Caprinos e Ovinos-Artigo em anais de congresso (ALICE)**, 2019.

CRUZ, B. G. A.; ROCHA, C. G. S. Mudanças nas práticas de agricultores de cacau orgânico certificado no Sudoeste paraense, Amazônia Oriental. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 6, p. e49861087, 2019.

D’ALESSANDRO, A. G. et al. Effects of age and season of slaughter on meat production of light lambs: Carcass characteristics and meat quality of Leccese breed. **Small Ruminant Research**, v. 114, n. 1, p. 97-104, 2013.

DE KONING, P. Deforestation related to Beef & Leather Supply Chains in Latin America and export to Europe. **Mekon Ecology**, v.2, 2020.

FERRAZ, R. P. D.; PRADO, R. B.; PARRON, L. M.; CAMPANHA, M. C. **Marco referencial em serviços ecossistêmicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2019.

FERREIRA, C. R. et al. Análise do ponto de nivelamento na produção de leite: um estudo de caso em uma fazenda leiteira. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 17, n. 2, p. 167-182, 2019.

FERREIRA, J. S. et al. Avaliação econômica da produção de grãos: análise de custos e receitas na agropecuária. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, n. 2, p. 95-112, 2020.

FERNANDES, A. D. S. et al. Análise da relação entre custo de produção e receita total na produção de milho. **Revista de Economia e Agronegócio**, v.17, n. 3, p. 311-328, 2019.

FERNANDES, A. M. et al. Festivais culturais e o consumo de carne ovina: o caso do Festival Gastronômico de Serra Talhada, Pernambuco. **Revista de Gastronomia e Turismo**, v. 4, n. 2, 2020.

FURTADO, D. A. et al. Adaptability of sheep to three salinity levels in different environments. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 283-292, 2020.

FURTADO, D. A. et al. Thermal comfort indexes and physiological parameters of Santa Inês and crossbreed ewes in the semi-arid. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 5, n. 2, p. 72-77, 2020.

GARCÍA-OLIVEIRA, P. et al. Solutions for the sustainability of the food production and consumption system. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62, n. 7, p. 1765-1781, 2020.

GUIDUCCI, R. C. N. et al. Aspectos metodológicos da análise de viabilidade econômica de sistemas de produção. In: **Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários: metodologia e estudos de caso**. Brasília, DF: EMBRAPA, p. 17-78, 2012.

GUPTA, Y. Carbon credit: a step towards green environment. **Global Journal of Management and Business Research**, v. 11, n. 5, p. 16-19, 2011.

HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M. Common International classification of ecosystem services (CICES) V5.1 Guidance on the Application of the Revised Structure. **Nottingham: Centre for Environmental Management, University of Nottingham**, 2018.

HOLANDA FILHO, Z. F.; DE LUCENA, C. C.; MARTINS, E. C. Mapeamento dos abatedouros com serviço de inspeção sanitária para caprinos e ovinos no Brasil. **Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos**, n. 135, 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agropecuária 2022**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/ovino/br> >. Acesso em: 17 de outubro de 2023.

JACQUES, J.; BERTHIAUME, R.; CINQ-MARS, D. Growth performance and carcass characteristics of Dorset lambs fed different concentrates: Forage ratios or fresh grass. **Small Ruminant Research**, v. 95, n. 2-3, p. 113-119, 2011.

JANSSEN, P. H. Influence of hydrogen on rumen methane formation and fermentation balances through microbial growth kinetics and fermentation thermodynamics. **Animal Feed Science and Technology**, v. 160, n. 1-2, p. 1-22, 2010.

KANDIWA, E. et al. Production performance of sheep and goat breeds at a farm in a semi-arid region of Namibia. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, p. 2621-2629, 2020.

KOLLMUSS, A. et al. **Making sense of the voluntary carbon market: A comparison of carbon offset standards**. New York: WWF International, 2008.

LAL, R. **Soil carbon sequestration to mitigate climate change**. *Geoderma*, 123(1-2), p. 1-22, 2004.

LASSEY, K. R. Livestock methane emission and its perspective in the global methane cycle. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, n. 2, p. 114-118, 2008.

LILLISTON, B. Behind the curtain of the JBS net zero pledge. **Institute for Agriculture & Trade Policy (IATP)**. 2021. Disponível em <<https://www.iatp.org/documents/behind-curtain-jbs-net-zero-pledge>>. Acesso em: 07 de março de 2024.

LIMA, A. S. et al. Análise da rentabilidade na produção de leite: estudo de caso em uma propriedade rural. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 4, p. 811-828, 2018.

LIMA, R. F. et al. Impactos da oscilação de preços da carne ovina na renda dos produtores do semiárido paraibano. **Cadernos de Agroecologia**, v. 14, n. 2, 2019.

LIU, J., et al. Understanding corporate carbon footprinting: A review of accounting and reporting issues. **Journal of Cleaner Production**, v. 155, p. 124-137, 2017.

LOKUGE, N.; ANDERS, S. Carbon-credit systems in agriculture: a review of literature. **The School of Public Policy Publications**, v. 15, 2022.

MA, W.; RENWICK, A.; ZHOU, X. The relationship between farm debt and dairy productivity and profitability in New Zealand. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 9, p. 8251-8256, 2020.

MAO, H. et al. Time Preferences and green agricultural technology adoption: Field evidence from rice farmers in China. **Land Use Policy**, v. 109, p. 105627, 2021.

MARGETÍN, M.; MARGETÍNOVÁ, J.; ORAVCOVÁ, M. et al. Carcass quality and physico-chemical characteristics of meat of light lambs. **Acta fytotech zootechn** 16, v. 4, p. 83–89, 2013.

MARINO, R. et al. Climate change: Production performance, health issues, greenhouse gas emissions and mitigation strategies in sheep and goat farming. **Small Ruminant Research**, v. 135, p. 50-59, 2016.

MARTINS, J. R. et al. Determinação do ponto de nivelamento na produção de suínos: um estudo aplicado em uma granja. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, n. 3, p. 539-556, 2020.

MATTE, A.; WAQUIL, P. D. Changes in markets for lamb in livestock family farming in Brazil. **Small Ruminant Research**, v. 205, p. 106535, 2021.

MCMANUS, C.; PAIVA, S. R.; ARAÚJO, R. O. DE. Genetics and breeding of sheep in Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 236-246, 2010.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: a framework for assessment**. Washington, DC: Island Press, 2003. Disponível em: <http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf>. Acesso em 06 de março de 2024.

MOTA, P. K.; COSTA, A. M. et al. Payment for Environmental Services: A critical review of schemes, concepts, and practice in Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 899, 165639, 2023.

MONTEIRO, M. G.; BRISOLA, M. V.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Diagnóstico da cadeia produtiva de caprinos e ovinos no Brasil. **Texto para Discussão/Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**, n. 2660, 2021.

MONTOYA, M. S. V. et al. Avaliação econômica da produção de leite: análise de custos e receitas na agropecuária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, 2018.

NASCIMENTO, M. S. et al. Análise dos fatores que influenciam a oscilação de preços da carne ovina no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, 2020.

NORMAND, J. et al. Fermete et composition des tissus adipeux sous-cutanes chez l'agneau de bergerie: effets du sexe, de l'alimentation et de l'origine paternelle. **Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants** 4, p. 303-306, 1997.

OLA, O.; MENAPACE, L.; BENJAMIN, E.; LANG, H. Determinants of the environmental conservation and poverty alleviation objectives of Payments for Ecosystem Services (PES) programs. **Ecosystem services**, v. 35, p. 52-66, 2019.

OLDFIELD, E. E. et al. Crediting agricultural soil carbon sequestration. **Science**, v. 375, n. 6586, p. 1222-1225, 2022.

OLIVEIRA, L. C. et al. Avaliação da renda da família na agropecuária: estudo de caso em propriedades de pequeno porte. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 3, p. 60-75, 2019.

PACHOUD, C.; LABEYRIE, V.; POLGE, E. Collective action in Localized Agrifood Systems: An analysis by the social networks and the proximities. Study of a Serrano cheese producers' association in the Campos de Cima da Serra/Brazil. **Journal of Rural Studies**, v. 72, p. 58-74, 2019.

PAN, X. et al. Analysis of discounted payback in beef cattle production: a case study in China. **Agricultural Systems**, v. 186, 2021.

PEREIRA, F. C. et al. Avaliação econômica da produção de grãos: análise de custos e rentabilidade na agropecuária. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 17, n. 3, p. 311-328, 2019.

PETROVIĆ, M. P. et al. The effect of crossbreeding systems on lamb meat production. **Macedonian Journal of Animal Science**, v. 1, n. 1, p. 57-60, 2011.

POLIDORI, P. et al. The effects of slaughter age on carcass and meat quality of Fabrianese lambs. **Small Ruminant Research**, v. 155, p. 12-15, 2017.

PRACHE, S.; SCHREURS, N.; GUILLIER, L. Factors affecting sheep carcass and meat quality attributes. **Animal**, v. 16, p. 100330, 2022.

PROCÓPIO, D. P.; BINOTTO, E.; PEREIRA, M. W. G. Fatores associados à adoção de tecnologia no setor agropecuário. **REAd. Revista Eletrônica de Administração (Porto Alegre)**, v. 30, n. 1, p. 844-874, 2024.

RAINERI, C.; STIVARI, T. S.; GAMEIRO, A. H. Lamb Production Costs: Analyses of Composition and Elasticities Analysis of Lamb Production Costs. **Asian-Australas Journal Animal Science**, v. 28, n. 8, p. 1209-15, 2015.

RAINERI, C.; STIVARI, T. S. S.; GAMEIRO, A. H. O papel da informação na produção de ovinos de corte. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, v. 12, n. 1, p. 26-31, 2014.

RAMOS, I. O. et al. Body conformation of Santa Inês, Texel and Suffolk ewes raised in the Brazilian Pantanal. **Small ruminant research**, v. 172, p. 42-47, 2019.

RITCHIE, H.; ROSADO, P.; ROSER, M. Meat and dairy production. **Our world in data**, 2017. Disponível em <https://ourworldindata.org/meat-production> . Acesso em: 28 de fevereiro de 2024.

ROCHA, A. D. S. Um olhar sobre a atuação de atravessadores e cooperativas de agricultores na produção de mamona no semiárido baiano. **Conjuntura & Planejamento**, n. 195, p. 39-51, 2018.

SALCEDO, I. H. et al. Business strategies for sustainable development in the voluntary carbon market. **Journal of Cleaner Production**, v. 268, p. 122-156, 2020.

SALMI, F.; CANOVA, M. A.; PADGURSCHI, M. C. G. Ética climática, (in)justiças e limitações do Pagamento por Serviços Ambientais no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v. 26, p. e01232, 2023.

SCHREURS, N. M.; KENYON, P. R. Factors affecting sheep carcass characteristics. In: **Achieving sustainable production of sheep**. Burleigh Dodds Science Publishing. p. 25-50, 2017.

SEJIAN, V. et al. Measurement and prediction of enteric methane emission. **International journal of biometeorology**, v. 55, p. 1-16, 2011.

SHIBATA, M.; TERADA, F. Factors affecting methane production and mitigation in ruminants. **Animal Science Journal**, v. 81, n. 1, p. 2-10, 2010.

SILVA, J. R. et al. Renda da família e sucessão rural: um estudo em propriedades de agricultura familiar. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 16, n. 4, p. 459-474, 2018.

SILVA, R. A. et al. Análise das exportações brasileiras de carne ovina: desafios e perspectivas. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 15, n. 3, p. 373-392, 2018.

SILVA, R. A. et al. Avaliação econômica da produção de soja: análise de custos e rentabilidade na agropecuária. **Revista de Economia Agrícola**, v. 67, n. 1, p. 112-129, 2020.

SINAGA, T.S.; HIDAYAT, Y. A.; WANGSAPUTRA, R.; BAHAGIA, S. N. The development of a conceptual rural logistics system model to improve products distribution in Indonesia. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 15, n. 4, p. 670-687, 2022.

SOLOW, R. M. Technical change and the aggregate production function. **The Review of Economics and Statistics**, v. 39, n. 3, p. 312-320, 1957.

SOUZA, F. M. et al. Oscilação de preços da carne ovina: o impacto dos custos de produção. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 4, p. 835-854, 2017.

STAR, M.; ROLFE, J.; MORRISH, F.; LYONS, B. Supply Chains of the Sheep and Goat Meat Industry. **Rural Economies Centre of Excellence (RECoE)**, University of Southern Queensland: Toowoomba, Australia, 2021.

STEINFELD, H.; WASSENAAR, T. The role of livestock production in carbon and nitrogen cycles. **Annu. Rev. Environ. Resour.**, v. 32, p. 271-294, 2007.

STRECK, C. How voluntary carbon markets can drive climate ambition. **Journal of Energy & Natural Resources Law**, v. 39, n. 3, p. 367-374, 2021.

TEIXEIRA, M. A. et al. Análise da renda da família na agricultura familiar: estudo de caso em uma propriedade rural. **Revista de Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 15, n. 2, p. 108-125, 2020.

TODD, R. W. et al. Methane emissions from southern High Plains dairy wastewater lagoons in the summer. **Animal Feed Science and Technology**, v. 166, p. 575-580, 2011.

VAN DER GAAST, W.; SIKKEMA, R.; VOHRER, M. The contribution of forest carbon credit projects to addressing the climate change challenge. **Climate Policy**, v. 18, n. 1, p. 42-48, 2018.

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. **Ithaca: Cornell University Press**, v. 2, p. 476, 1994.

VOLSI, B. et al. Production and profitability of diversified agricultural systems. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, p. e20191330, 2021.

WINTERHALDER, B. Open field, common pot: Harvest variability and risk avoidance in agricultural and foraging societies. In: **Risk and uncertainty in tribal and peasant economies**. Routledge, p. 67-87, 2019.

ZHU, X. et al. Annualized net present value analysis of corn production in the United States. **Agricultural Economics**, v. 68, n. 4, p. 377-392, 2020.

CAPÍTULO 2

VIABILIDADE ECONÔMICA-FINANCEIRA DA TERMINAÇÃO DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM DIETAS DE ALTO CONCENTRADO COM VALORAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo quantificar os créditos de carbono gerados em um sistema de terminação de cordeiros, sob quatro cenários experimentais (duas condições de peso vivo inicial (PVi) e duas dietas de alto concentrado (DAC)). A mitigação de gases de efeito estufa (GEE) considerou dados de emissões de GEE medidos em cordeiros, em câmaras respirométricas para os cenários experimentais, e dados de emissões de GEE de ovinos de acordo com a Organização para Agricultura e Alimentação (FAO). Foi utilizado o valor dos créditos de carbono futuros conforme o site Investing.com. Foram utilizados 20 cordeiros $\frac{1}{2}$ Dorper $\frac{1}{2}$ Santa Inês, não castrados, desmamados aos 100 dias e distribuídos conforme IBC abaixo e acima de 20 kg e alimentados com DAC I, à base de milho moído, e DAC II, à base de milho integral, por 69 dias de confinamento, realizando quatro cenários experimentais. Foram mensurados os GEE produzidos, por meio de câmaras respirométricas, e a geração de créditos de carbono. Para a análise econômico-financeira foram utilizadas planilhas AVETEC® e Excel® para avaliação de oito cenários, onde os quatro primeiros cenários foram caracterizados com preço de compra de cordeiros de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 10,00/kgPV. Os quatro cenários restantes foram caracterizados com preço de compra de cordeiros de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 13,00/kgPV (abatedouro comercial). O cenário experimental com cordeiros PVi acima de 20 kg, alimentados com DAC I, apresentou maior quantidade e melhor valorização de créditos de carbono, nos valores de 83,01 e R\$ 31.332,53, respectivamente. Nas análises econômico-financeiras, o Cenário 6 (C6) com compra de cordeiros com PVi acima de 20 kg, alimentados com DAC I, por R\$ 9,00/kgPV e venda direta ao frigorífico por R\$ 13,00/kgPV foi que apresentou os melhores indicadores devido à agregação de créditos de carbono, em ambas as análises, também devido aos melhores desempenhos zootécnicos quanto ao ganho de peso, que gerou maior número de ciclos produtivos/ano e rebanhos maiores, associado ao melhor preço pago pelo frigorífico sobre o peso vivo final dos cordeiros, pois animais mais pesados geraram melhor rendimento de carcaça. Um sistema de terminação utilizando cordeiros $\frac{1}{2}$ Dorper $\frac{1}{2}$ Santa Inês com peso vivo inicial acima de 20 kg, alimentados com DAC I e vendidos diretamente ao frigorífico, com agregação de créditos de carbono apresenta melhores indicadores de previsão econômico-financeira e garantindo segurança aos produtores rurais.

Palavras-chave: bioeconomia; carcaça; milho grão inteiro; ovinos; rentabilidade; respirometria.

ABSTRACT

This work aimed to quantify the carbon credits generated in a lamb finishing system, under four experimental scenarios (two initial body weight conditions (BW_i) and two high concentrate diets (HCD)). Greenhouse gas (GHG) mitigation considered GHG emissions data measured in lambs, in respirometric chambers for the experimental scenarios, and GHG emissions data from sheep according to the Food and Agriculture Organization (FAO). The value of future carbon credits was used according to the Investing.com website. We used 20 ½ Dorper ½ Santa Inês lambs, not castrated, weaned at 100 days and distributed according to BW_i below and above 20 kg and fed with HCD I, based on ground corn, and HCD II, based on whole corn, for 69 years old. days of confinement, carrying out four experimental scenarios. The GHG produced was measured, using respirometric chambers, and the generation of carbon credits. For the economic-financial analysis, AVETEC[®] and Excel[®] spreadsheets were used to evaluate eight scenarios, where the first four scenarios were characterized with a lamb purchase price of US\$ 1,82/kgBW and a sales price of US\$ 2,03/kgBW. The remaining four scenarios were characterized with a lamb purchase price of US\$ 1.82/kgBW and a selling price of US\$2.63/kgBW (commercial slaughterhouse). The experimental scenario with BW_i lambs over 20 kg, fed with HCD I, showed a greater quantity and better valorization of carbon credits, in the amounts of 83.01 and US\$ 6,348.40, respectively. In the economic-financial analyses, Scenario 6 (S6) with purchase of lambs with body weight above 20 kg, fed with HCD I, for US\$ 1.83/kgBW and direct sale to the slaughterhouse for US\$ 2.63/kgBW was that it presented the best indicators due to the aggregation of carbon credits, in both analyses, also due to the best zootechnical performances in terms of weight gain, which generated a greater number of production cycles/year and larger herds, associated with the best price paid for slaughterhouse on the final live weight of lambs, as heavier animals generated better carcass yield. A finishing system using ½ Dorper ½ Santa Inês lambs with initial body weight above 20 kg, fed with HCD I and sold directly to the slaughterhouse, with aggregation of carbon credits, presents better economic and financial forecast indicators and guarantees security for rural producers.

Keywords: bioeconomy; carcass; profitability; respirometry; sheep; whole grain corn.

INTRODUÇÃO

A atividade pecuária da ovinocultura de corte no Brasil, apesar de possuir um rebanho contabilizado em 21,51 milhões de cabeças, apresenta pouca expressividade econômica no agronegócio, quando comparada com outras atividades pecuárias produtoras de carne, como a bovinocultura, avicultura e suinocultura, por exemplo (IBGE, 2022). O consumo de carne ovina é fortemente influenciado por fatores socioculturais, caracterizados pelas exigências de mercado consumidor em relação à origem do produto, modo de criação dos animais, sabor da carne, modalidade mercantil praticada (formal ou informal) e preço de venda final (Almeida et al., 2022; Moraes et al., 2020).

Outro parâmetro de influência é o perfil do atual mercado consumidor, que exige cada vez mais dos produtores rurais a adequação dos métodos de produção às normativas de sustentabilidade, especialmente quanto à redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), como o metano entérico, por exemplo, e que também possibilitem preços de venda dos produtos cárneos mais acessíveis à população (García-Oliveira et al., 2020).

Nesse contexto, a gestão rural torna-se ferramenta essencial para nortear as tomadas de decisão dentro da propriedade, a fim de promover eficiência produtiva e rentabilidade, garantindo segurança ao produtor rural para a manutenção do seu negócio e de sua capacidade de ofertar carne ovina em escala comercial proporcional às exigências quantitativas do mercado (Bendlin et al., 2023; Ferreira, Carrasco e Santos, 2018).

Dentre os diversos modelos de sistemas de produção existentes, o investimento em sistemas intensivos, como por exemplo, a terminação em confinamento com fornecimento de dietas de alto concentrado (DAC), pode representar vantagem para o desempenho produtivo dos animais, com período mais curto de engorda, associado à redução das emissões de GEE (Rogério et al., 2018; Squizatti et al., 2019). Isso assegura oferta constante e qualidade para o mercado consumidor.

Na agroindústria, é considerado animal terminado, aquele com rendimento de carcaça entre 40 e 52%. Há preferência por carcaça de machos não-castrados em virtude do percentual de musculatura e menor acúmulo de gordura, em comparação com o que é observado desses parâmetros em fêmeas (Prache, Schreurs e Guillier, 2022). O fator idade também é critério de escolha. Cordeiros mais jovens produzem carne mais macia e suculenta em relação a animais mais velhos (Gkarane et al., 2017).

O setor está cada vez mais seletivo quanto aos seus fornecedores, não somente pelos padrões do produto em si, mas também pelo cumprimento de políticas ambientais de

sustentabilidade. Isso já é resultado da elaboração de políticas de comércio, numa visão globalizada, que buscam minimizar os impactos ambientais oriundos da produção de alimentos, como o pagamento por serviços ambientais (PSA), por exemplo.

A política de PSA é uma forma de incentivo ao produtor rural para realizar investimentos em tecnologias aplicadas no seu sistema de produção, que promovam a conciliação entre adequados desempenhos animal, rentabilidade e conservação da natureza pela mitigação das emissões de GEE, por exemplo. Esse pagamento pode ser feito através da remuneração (direta ou indireta) e de benefícios como a prestação social de serviços, compensações por certificação, títulos e comodato (Salmi, Canova e Padgurschi, 2023).

Uma das formas de caracterização e valoração para pagamento por serviços ambientais é a utilização da unidade conhecida como créditos de carbono. De acordo com o IPCC (2007), os créditos de carbono são unidades de medida que correspondem, cada uma, a uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (“ton CO₂e”) que deixou de ser emitida na atmosfera. São raros ou escassas as publicações que tratam sobre créditos de carbono em sistemas de produção de ovinos.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho definir o valor do pagamento por serviços ambientais, sob a forma de créditos de carbono pela mitigação de GEE em relação às emissões de GEE definidas pela FAO (2017), e realizar uma análise econômico-financeira de um sistema de terminação, em confinamento, de cordeiros precoces com pesos abaixo e acima de 20 quilos e alimentados com dietas de alto concentrado.

MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. Aprovação do comitê de ética

O estudo foi desenvolvido respeitando os princípios éticos na experimentação animal, determinados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Embrapa Caprinos e Ovinos (protocolo nº 010/2021).

2.2.2. Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no Laboratório de Respirometria do Semiárido (LARESA), pertencente à Embrapa Caprinos e Ovinos, localizada no município de Sobral, no Estado do Ceará, com as seguintes coordenadas: latitude sul de 03° 45' 47", longitude oeste de 38° 31' 23". O clima da região é do tipo BSh, clima semiárido quente, caracterizado com estação chuvosa de janeiro a maio (Köppen e Geiger, 1928).

2.2.3. Delineamento experimental, Parâmetros avaliados e Cenários

Para a análise bioeconômica foram considerados os indicadores zootécnicos obtidos de 20 cordeiros ½ Dorper x ½ Santa Inês, não castrados, desmamados com 100 dias de idade e peso vivo médio de 19,47±3,61 kg. Os cordeiros foram distribuídos conforme quatro cenários experimentais:

- Cenário Experimental 1: Cordeiros com peso vivo inicial abaixo de 20 quilos (< 20 kg), alimentados com Dieta de Alto Concentrado tipo I, contendo feno de forrageiras tropicais (Capim- elefante e Capim *Tifton* 85), milho farelado, torta de algodão, calcário e bicarbonato de sódio;
- Cenário Experimental 2: Cordeiros com peso vivo inicial acima de 20 quilos (> 20 kg), alimentados com Dieta de Alto Concentrado tipo I, contendo feno de forrageiras tropicais (Capim- elefante e Capim *Tifton* 85), milho farelado, torta de algodão, calcário e bicarbonato de sódio;
- Cenário Experimental 3: Cordeiros com peso vivo inicial abaixo de 20 quilos (< 20 kg), alimentados com Dieta de Alto Concentrado tipo II, contendo feno de forrageiras tropicais (Capim- elefante e Capim *Tifton* 85), ração peletizada, grão inteiro de milho e bicarbonato de sódio;
- Cenário Experimental 4: Cordeiros com peso vivo inicial acima de 20 quilos (> 20 kg), alimentados com Dieta de Alto Concentrado tipo II, contendo feno de forrageiras tropicais (Capim- elefante e Capim *Tifton* 85), ração peletizada, grão

inteiro de milho e bicarbonato de sódio.

As dietas experimentais foram formuladas de acordo com as exigências nutricionais do NRC (2007) para cordeiros com 20 kg de peso vivo inicial e estimativa de ganho de peso médio diário de 200 gramas/dia, prevendo-se maturidade precoce, reduzindo-se em 15% as indicações de proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT) para essa categoria animal, indicadas por esse sistema, seguindo recomendação de Oliveira et al. (2017) (Tabela 1).

Tabela 1. Composição centesimal (% da matéria natural) das dietas de alto concentrado usadas na terminação de cordeiros

Alimento	DAC I**	DAC II
Feno de capim tropical*	20,4	23,0
Torta de Algodão	13,0	-
Milho moído	64,9	-
Milho grão inteiro	-	64,0
Ração Peletizada Comercial ¹	-	12,0
Calcário	0,7	-
Bicarbonato de sódio	1,0	1,0
Total	100	100

*Feno de Capim Elefante + Feno de Capim *Tifton* 85.

**DAC I – Dieta de Alto Concentrado Tipo I; DAC II – Dieta de Alto Concentrado Tipo II.

¹Tabela nutricional: Umidade (máx.) 130 g/kg; PB (mín.) 320 g/kg; NNP equi. PB (máx.) 85 g/kg; Fibra Bruta (máx.) 100 g/kg; FDA (máx.) 140 g/kg; Extrato Etéreo (mín.) 30 g/kg; Matéria Mineral (máx.) 300 g/kg; Cálcio (máx.) 25 g/kg; Cálcio (mín.) 12 g/kg; Fósforo (mín.) 6.800 mg/kg; Sódio (mín.) 8.000 mg/kg; Enxofre (mín.) 5.500 mg/kg; Magnésio (mín.) 3.700 mg/kg; Vitamina A (mín.) 13.000 UI/kg; Vitamina D₃ (mín.) 2.600 UI/kg; Vitamina E (mín.) 77 UI/kg; Ferro (mín.) 130 mg/kg; Cobre (mín.) 20 mg/kg; Manganês (mín.) 150 mg/kg; Zinco (mín.) 180 mg/kg; Iodo (mín.) 5 mg/kg; Cobalto (mín.) 5 mg/kg; Selênio (mín.) 1 mg/kg; Molibdênio (mín.) 3,9 mg/kg.

Foram realizadas as análises laboratoriais para determinação da composição químico-bromatológica das dietas fornecidas. Procederam-se análises de Matéria Seca (MS; método 930,15), Proteína Bruta (PB; método 968,06), Extrato Etéreo (EE; método 954,05), Cálcio (Ca; método 983,19) e Fósforo (P; método 983,12), conforme AOAC (2012). Já para a quantificação da Fibra em Detergente Neutro (FDN) utilizou-se a metodologia proposta por Van Soest et al. (1991). O cálculo dos nutrientes digestíveis totais das dietas foi realizado conforme Cappelle et al. (2001) (Tabela 2).

Tabela 2. Composição químico-bromatológica das dietas de alto concentrado usadas na terminação de cordeiros

Composição química	DAC I*	DAC II
Matéria Seca	93,34	93,93
Extrato Etéreo	3,54	2,67

Proteína Bruta	10,47	10,46
Fibra em Detergente Neutro	33,49	33,71
Fibra em Detergente Ácido	18,32	16,05
Nutrientes Digestíveis Totais	69,60	69,59
Cálcio	0,37	0,37
Fósforo	0,28	0,29

*DAC I – Dieta de Alto Concentrado Tipo I; DAC II – Dieta de Alto Concentrado Tipo II.

O período experimental total transcorreu de 19 de julho a 26 de setembro de 2023, totalizando 69 dias, com 21 dias de adaptação às dietas experimentais, conforme preconizou Rogério et al. (2018). Os dados utilizados como parâmetros zootécnicos foram: peso corporal médio inicial e final, escore de condição corporal (ECC) inicial e final, ganho de peso total (GPT = Peso corporal final – Peso corporal inicial), ganho médio diário (GMD = GTP/Período de confinamento), consumo de matéria seca (CMS, preconizada pelo NRC (2007)), conversão alimentar (CA = [CMS/Peso corporal final] x 100), eficiência alimentar (EA = GMD/CMS) e período de confinamento em dias, definidos a partir da relação entre o desempenho de ganho de peso animal e o tempo para atingir o peso de abate mínimo exigido pelo frigorífico de 30 kg (Tabela 3).

As pesagens foram realizadas a cada 14 dias, a partir do início do período experimental, considerando o primeiro dia como dia 0 (zero), e transcorreram até o fim do período experimental. Quando a média de peso dos animais, de cada grupo experimental, atingiu pelo menos 30 kg de peso vivo na semana específica da pesagem, aquele grupo em específico foi para o abate. Assim foram definidos os períodos de confinamento de cada tratamento experimental, ou seja, conforme o desempenho (Tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros zootécnicos de cordeiros ½ Dorper x ½ Santa Inês alimentados com dietas de alto concentrado para terminação em confinamento

Parâmetros	DAC I < 20 kg ¹	DAC I > 20 kg	DAC II < 20 kg	DAC II > 20 kg
Peso corporal inicial (kg)	17,2	22,8	18,2	21,5
ECC inicial	2,1	2,8	2,4	2,7
Peso corporal final (kg)	30,0	31,6	30,4	31,4
ECC final	3,0	3,2	2,9	3,1

Ganho de peso total (kg)	12,8	8,8	12,2	9,9
Ganho médio diário (kg dia ⁻¹)	0,186	0,239	0,200	0,210
Consumo de matéria seca (g dia ⁻¹)	0,75	0,91	0,78	0,80
Conversão alimentar	4,0	3,8	3,9	3,8
Eficiência alimentar	0,25	0,26	0,26	0,26
Período de confinamento (dias)	69	37	61	47

¹DAC I < 20 kg – Dieta de Alto Concentrado Tipo I fornecida a animais com peso vivo inicial abaixo de 20 quilos; DAC I > 20 kg – Dieta de Alto Concentrado Tipo I fornecida a animais com peso vivo inicial acima de 20 quilos; DAC II < 20 kg – Dieta de Alto Concentrado Tipo II fornecida a animais com peso vivo inicial abaixo de 20 quilos; DAC II > 20 kg – Dieta de Alto Concentrado Tipo II fornecida a animais com peso vivo inicial acima de 20 quilos.

2.2.4. Emissões de gases de efeito estufa e cálculo de crédito de carbono

As emissões de gases de efeito estufa (GEE) (dióxido de carbono e metanoentérico) pelos animais, conforme os cenários citados anteriormente, seguiram os procedimentos de calibração e leituras em câmaras respirométricas, descritos por Rodríguez et al. (2007) e Rogério et al. (2019).

No presente trabalho, caracterizado como Serviço Ecossistêmico do tipo Regulação, de acordo com Millennium Ecosystem Assessment (2003), foram obtidos os seguintes parâmetros: produção de CO₂ em litros/dia e produção de CH₄ em litros/dia (Tabela 4). Esses valores foram convertidos em litros de equivalente CO₂/ano, utilizando-se a fórmula: eqCO₂ em litros por ano = {[(CO₂ L/ano x GWP relativo ao CO₂) x n° total de animais x período de confinamento] + [(CH₄ L/ano x GWP relativo ao CH₄) x n° total de animais x período de confinamento]}. As constantes GWP (*Global Warming Potential*) foram obtidas do Quarto Relatório de Avaliação do IPCC (*Fourth Assessment Report* ou AR4) (IPCC, 2007), ou seja, 1 para o CO₂ e 25 para o CH₄.

Tabela 4. Emissões de gases de efeito estufa para módulo de rebanho de animais ½ Dorper x ½ Santa Inês, alimentados com dietas de alto concentrado em confinamento

Parâmetro	DAC I < 20 kg ¹	DAC I > 20 kg	DAC II < 20 kg	DAC II > 20 kg
Emissões de CO ₂ (litros/dia/animal)*	231,6	247,6	238,2	228,1
Emissões de CH ₄ (litros/dia/animal)*	16,7	21,4	18,1	19,7

Emissões de CO ₂ -eq (toneladas/ano)	52,6	61,4	49,5	55,8
--	------	------	------	------

*Medido em Câmaras Respirométricas (Rogério et al., 2019).

¹DAC I < 20 kg – Dieta de Alto Concentrado Tipo I fornecida a animais com peso vivo inicial abaixo de 20 quilos; DAC I > 20 kg – Dieta de Alto Concentrado Tipo I fornecida a animais com peso vivo inicial acima de 20 quilos; DAC II < 20 kg – Dieta de Alto Concentrado Tipo II fornecida a animais com peso vivo inicial abaixo de 20 quilos; DAC II > 20 kg – Dieta de Alto Concentrado Tipo II fornecida a animais com peso vivo inicial acima de 20 quilos.

Para converter os valores em quilos de equivalente CO₂/ano emitidos, considerou-se que 1 mol de CO₂ possui 22,4 litros, obtendo-se a seguinte equação de conversão: eqCO₂ kg/ano = (eqCO₂ L/ano) x 510. O cálculo das emissões de equivalente CO₂/kg/ano considerou o valor de referência da FAO (2017) do equivalente CO₂/ano/cabeça multiplicado pelo número total de animais em análise (exemplo: eqCO₂ kg/ano = 133,69 eqCO₂/kg/ano/cabeça x 600 cordeiros).

Para cada cenário, foram obtidos valores correspondentes de emissões de equivalente CO₂ kg/ano considerando os seguintes rebanhos, de acordo com o desempenho sobre o ganho de peso: DAC I < 20 kg – 600 cordeiros durante 69 dias de confinamento, DAC I > 20 kg – 1.080 animais durante 37 dias de confinamento, DAC II < 20 kg – 600 animais durante 61 dias de confinamento e DAC II > 20 kg – 840 animais durante 47 dias de confinamento. Os créditos de carbono foram calculados, para cada um dos grupos experimentais, realizando-se a diferença entre o valor de emissão de equivalente CO₂ em quilos por ano indicado para ovinos pela FAO (2017) e o obtido no presente ensaio, posteriormente, sendo convertido em toneladas: Créditos de carbono gerado = {[eqCO₂ L/ano) x 510 x número de animais] – [133,69 x número de animais]}/1000.

Para a valoração dos créditos de carbono, utilizou-se o valor contido no site “investing.com” para Crédito Carbono Futuros – Nov 23 (CFI2Z4), onde 1 Crédito de Carbono = € 70,55 (€ 1,00 = R\$ 5,35), de acordo com a cotação do dia 30/11/2023 (Investing..., 2023).

2.2.5. Abate e avaliação econômico-financeira

Os animais foram abatidos em frigorífico especializado em abate de ovinos (Frigorífico Guaiúba Ltda), situado no município de Guaiúba-CE. O frigorífico possui selo de inspeção estadual (SIE) e, durante os abates, é feita avaliação das condições higiênico-sanitárias dos animais e das carcaças por médico veterinário designado pela Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Ceará (ADAGRI).

Para avaliação econômico/financeira, realizou-se a análise descritiva dos dados, utilizando-se *software* AVETEC[®], desenvolvido pela Embrapa, com suporte do *software*

Excel[®], a partir de recomendações de Guiducci et al. (2012).

Os parâmetros zootécnicos obtidos (Tabela 3) foram extrapolados para os módulos: DAC I < 20 kg – 600 cordeiros durante 69 dias de confinamento, com 5 ciclos de 120 animais; DAC I > 20 kg – 1.080 animais durante 37 dias de confinamento, com 9 ciclos de 120 animais; DAC II < 20 kg – 600 animais durante 61 dias de confinamento, com 5 ciclos de 120 animais e DAC II > 20 kg – 840 animais durante 47 dias de confinamento, com 7 ciclos de 120 animais, para que o cálculo de custos de produção pudesse ser realizado em base científica e economia de escala, originando os cenários de avaliação econômico-financeira a partir dos 4 cenários experimentais inicialmente descritos, considerando agora também os preços de compras (iguais para todos) e os preços de venda, diferentes conforme a modalidade de comercialização (atravessador e frigorífico):

- Cenário 1 de avaliação econômico-financeira (C1) – cordeiros com peso vivo inicial abaixo de 20 kg, alimentados com DAC I, considerando-se o preço de compra de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 10,00/kgPV, pago pelo atravessador;
- Cenário 2 de avaliação econômico-financeira (C2) – cordeiros com peso vivo inicial acima de 20 kg, alimentados com DAC I, considerando-se o preço de compra de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 10,00/kgPV, pago pelo atravessador;
- Cenário 3 de avaliação econômico-financeira (C3) – cordeiros com peso vivo inicial abaixo de 20 kg, alimentados com DAC II, considerando-se o preço de compra de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 10,00/kgPV, pago pelo atravessador;
- Cenário 4 de avaliação econômico-financeira (C4) – cordeiros com peso vivo inicial acima de 20 kg, alimentados com DAC II, considerando-se o preço de compra de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda R\$ 10,00/kgPV pago pelo atravessador;
- Cenário 5 de avaliação econômico-financeira (C5) – cordeiros com peso vivo inicial abaixo de 20 kg, alimentados com DAC I, considerando-se o preço de compra de cordeiros R\$ 9,00/kgPV e preço de venda R\$ 13,00/kgPV, pago pelo frigorífico;
- Cenário 6 de avaliação econômico-financeira (C6) – cordeiros com peso vivo inicial acima de 20 kg, alimentados com DAC I, considerando-se o preço de compra de cordeiros R\$ 9,00/kgPV e preço de venda R\$ 13,00/kgPV, pago pelo frigorífico;
- Cenário 7 de avaliação econômico-financeira (C7) – cordeiros com peso vivo inicial abaixo de 20 kg, alimentados com DAC II, considerando-se o preço de compra de cordeiros R\$ 9,00/kgPV e preço de venda R\$ 13,00/kgPV, pago pelo frigorífico;

- Cenário 8 de avaliação econômico-financeira (C8) – cordeiros com peso vivo inicial acima de 20 kg, alimentados com DAC II, considerando-se o preço de compra de cordeiros R\$ 9,00/kgPV e preço de venda R\$ 13,00/kgPV, pago pelo frigorífico.

Para o preço de aquisição foi adotado o valor médio de R\$ 9,00 kg/peso vivo obtido junto ao Centro de Inteligência e Mercado de Caprinos e Ovinos da Embrapa Caprinos e Ovinos, praticado na região de Sobral, relativo ao mês de outubro de 2023 (CIM, 2023) e para o preço de comercialização, dois valores: 1) o valor de R\$ 10,00, tomado do máximo valor indicado pelo Centro de Inteligência e Mercado de Caprinos e Ovinos da Embrapa Caprinos e Ovinos, praticado na região de Sobral, relativo ao mês de outubro de 2023 (CIM, 2023) (considerado o praticado pelo atravessador); 2) valor de R\$13,00 pago por animais com peso vivo final igual ou maior do que 30 quilos (praticado pelo Frigorífico Guaiúba Ltda, informação obtida junto ao setor financeiro da empresa).

A análise econômica foi baseada no cálculo do custo de produção, o qual é representado pela soma de todos os recursos (insumos) e operações (serviços) utilizados no processo produtivo. O custo variável foi composto pelos itens: alimentação animal, sanidade, mão-de-obra (funcionário em período integral para atividades básicas de limpeza das instalações e manejo dos animais com salário de R\$ 1.320,00, férias e 13º salário, conforme definido pelo Governo Federal em 2023), manutenção dos equipamentos, depreciação, custos de oportunidade e outros custos (caderno zootécnico, energia elétrica, Imposto Territorial Rural – ITR, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, encargos sociais sobre mão-de-obra (20% do valor de mão-de-obra calculado) e visitas de extensionista rural para acompanhamento em 2 vezes ao mês). Foi considerado o valor de R\$ 250,00 para cada visita do extensionista rural.

Estes custos variáveis foram utilizados tanto para a venda final ao atravessador, quanto para a venda final ao frigorífico. No entanto, para a venda final ao frigorífico foram acrescidos o frete (transporte dos animais para entrega no frigorífico, considerando um caminhão para transporte do tipo *truck*, com único eixo, a diesel, em percurso de 255,3 km, contabilizando viagens de ida e volta, computando um valor de R\$ 3,00/km percorrido) e GTA (Guia de Transporte Animal, avaliada em R\$ 2,75/animal). Todos os gastos foram baseados nos preços praticados no estado do Ceará, em 2023.

A contabilização do custo de alimentação foi realizada a partir dos cálculos de consumo de matéria natural, valor unitário de cada insumo e, também, sua porcentagem de participação

no valor final de cada dieta fornecida. Para o sal mineral, contabilizou-se o fornecimento de 30 g/dia, referência tomada junto ao NRC (2007) (Tabela 5).

Tabela 5. Custos de dietas de alto concentrado usadas na alimentação de cordeiros ½ Dorper x ½ Santa para terminação em confinamento

Ingrediente	R\$/kg	Cons.MN*Nº Animais	R\$/kg*Nº Animais	Participação (%)
DAC I < 20 kg¹				
Feno de Capim Tropical	1,08	7.585,96	8.192,84	18,90
Milho moído	1,16	22.627,53	26.247,94	60,56
Torta de Algodão	1,58	3.944,41	6.232,16	14,38
Calcário	0,63	234,88	147,97	0,34
Bicarbonato de sódio	7,00	338,94	2.372,55	5,47
Sal mineral	8,40	18,00	151,20	0,35
TOTAL	1,55	34.731,72	43.344,66	100,00
DAC I > 20 kg				
Feno de Capim Tropical	1,08	18.058,04	19.502,68	18,85
Milho moído	1,16	53.977,93	62.614,40	60,52
Torta de Algodão	1,58	9.511,58	15.028,30	14,53
Calcário	0,63	559,69	352,60	0,34
Bicarbonato de sódio	7,00	812,30	5.686,12	5,50
Sal mineral	8,40	32,40	272,16	0,26
TOTAL	1,54	82.951,94	103.456,26	100,00
DAC II < 20 kg				
Feno de Capim Tropical	1,08	9.185,15	9.919,96	18,47
Milho grão inteiro	1,16	24.491,75	28.410,43	52,90
Ração Peletizada	3,38	3.735,46	12.625,86	23,51
Bicarbonato de sódio	7,00	370,89	2.596,26	4,83
Sal mineral	8,40	8,00	151,20	0,28
TOTAL	1,97	37.801,26	53.703,72	100,00
DAC II > 20 kg				
Feno de Capim Tropical	1,08	13.177,96	14.232,19	18,55
Milho grão inteiro	1,16	35.075,14	40.687,16	53,02
Ração Peletizada	3,38	5.294,11	17.894,08	23,32
Bicarbonato de sódio	7,00	530,21	3.711,44	4,84
Sal mineral	8,40	25,20	211,68	0,28
TOTAL	1,97	54.102,60	76.736,55	100,00

¹DAC I < 20 kg – Dieta de Alto Concentrado Tipo I fornecida a animais com peso vivo inicial abaixo de 20 quilos; DAC I > 20 kg – Dieta de Alto Concentrado Tipo I fornecida a animais com peso vivo inicial acima de 20 quilos; DAC II < 20 kg – Dieta de Alto Concentrado Tipo II fornecida a animais com peso vivo inicial abaixo de 20 quilos; DAC II > 20 kg – Dieta de Alto Concentrado Tipo II fornecida a animais com peso vivo inicial acima de 20 quilos.

Os investimentos referentes à implantação do sistema de produção foram: aprisco rústico de chão batido, com área total de 180 m², sendo 50% de área coberta e 50% de solário (adaptado de Nogueira Filho, 2009); área de 1,5 m² por cordeiro, espaço de comedouro de 0,30 m/cordeiro, espaço de bebedouros de 0,45 cordeiro por metro linear (Ross, 1989). Foram utilizados para comedouros e bebedouros: bombonas plásticas de 0,80 metros, divididas em dois lados. Cada lado dividido da bombona fez 1,6 metro linear. Também foi considerada a aquisição de equipamentos: eletro-forrageira, misturador de ração e balança mecânica (Tabela 6).

Tabela 6. Inversões sobre os materiais utilizados para construção do aprisco de confinamento de cordeiros e equipamentos adquiridos para o sistema de produção

Inversões Totais	Quant.	Valor Unit (R\$)	Vida útil (anos)	Valor Total (R\$)
Aprisco rústico 180 m ²				
Mourões	1.098	7	-	7.686,00
Arame 500 m	4	375	-	1.400,00
Mão-de-obra	144	50	-	7.200,00
Telha	12.150	0,4	-	4.860,00
Caixa d'água 1.000L	2	430	-	860,00
Canos e conexões	-	-	-	750,00
Comedouro (bombona)	203	60	-	12.180,00
Bebedouro (bombona)	13	60	-	780,00
Saleiro (bombona)	7	50	-	350,00
TOTAL			10	36.066,00
Equipamentos				
Balança mecânica (200kg)	1	7.400,00	10	7.400,00
Misturador de ração	1	11.500,00	10	11.500,00
Eletro-forrageira com motor de 12,5CV	1	3.400,00	10	3.400,00
TOTAL			10	58.366,00

Para avaliação de viabilidade econômica-financeira dos cenários, os indicadores de eficiência econômica e financeira utilizados foram conforme indicações de Guiducci et al. (2012):

- Receita Total (com e sem acréscimo de créditos de carbono e respectivos valores em reais):

Receita total (sem créditos de carbono) = R\$ kgPV x Peso final x N° animais;

*Receita total (com créditos de carbono) = (R\$ kgPV x Peso final x N° animais)
+ R\$ Créditos de carbono*

- Custo Total:

*Custo total = Alimentação + sanidade + mão-de-obra + aquisição dos
animais + outros custos + manutenção + depreciação + custos de
oportunidade*

- Renda Líquida:

Renda líquida = Receita total – Custo total

- Renda da Família:

Renda familiar = Renda líquida + custos de oportunidade + trabalho familiar

- Ponto de Nivelamento:

Ponto de nivelamento = (Custo total) / (Preço de venda do produto)

- Produtividade Total dos Fatores:

Produtividade total dos fatores = (Receita total) / (Custo total)

- Taxa de retorno do empreendedor:

Taxa de retorno = (Renda líquida) / (Custo total)

- Valor Presente Líquido (VPL), onde n é o número de períodos anuais do projeto, j é o período de cada fluxo de caixa, FC é o fluxo de caixa e TMA é a taxa mínima de atratividade (ou taxa de juros):

$$VPL = \sum_j^n \frac{FC_j}{(1 + TMA)} - \text{Investimento inicial}$$

- Valor Presente Líquido Anualizado (VPLa, utilizando a taxa de juros SELIC de 12,25% aplicada em 2023 pelo Banco Central do Brasil), onde i é a taxa de juros e n o número de períodos anuais do projeto:

$$VPLA = VPL \times \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

- *Payback* Descontado:

$$\text{Payback descontado} = \frac{\text{Investimento inicial}}{VPL}$$

- Taxa Interna de Retorno (TIR), onde n é o período final do investimento, i é o período de cada investimento e FC_i representa os fluxos de caixa do período:

$$TIR = \sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1+TIR)^i} - \text{Investimento inicial} = 0$$

- Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM):

$$TIRM = \frac{(1+TIRM)}{(1+TMA)} - 1$$

- Índice de Lucratividade (IL):

$$IL = \frac{VPL (\text{Fluxos de caixa positivos})}{VPL (\text{Fluxos de caixa negativos})}$$

- Taxa de Rentabilidade (TR):

$$TR (\%) = \frac{VPL (\text{Fluxos de caixa positivos})}{VPL (\text{Fluxos de caixa negativos})} - 1$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cenário experimental que resultou em maior mitigação de gases de efeito estufa (%) e de rendimento monetário de créditos de carbono foi o Cenário Experimental DAC I > 20 kg, com fornecimento de DAC I para cordeiros ½ Dorper x ½ Santa Inês com peso vivo inicial acima de 20 quilos (Tabela 7).

Tabela 7. Créditos de carbono gerados em sistemas de terminação de cordeiros ½ Dorper x ½ Santa Inês em confinamento, alimentados com dietas de alto concentrado, para módulo de rebanho de acordo com cada cenário experimental

Parâmetro	DAC I < 20 kg¹	DAC I > 20 kg	DAC II < 20 kg	DAC II > 20 kg
Créditos de Carbono	27,57	83,01	30,72	56,46
Créditos de Carbono (R\$/ano)	10.404,23	31.332,53	11.595,08	21.310,27
Créditos de Carbono (R\$/kg PV ganho)	1,35	3,28	1,58	2,57
Mitigação (%) de GEE em relação aos valores quantificados pela FAO(2017)	34,36	57,49	38,30	50,27

¹DAC I < 20 kg – Dieta de Alto Concentrado Tipo I fornecida a animais com peso vivo inicial abaixo de 20 quilos; DAC I > 20 kg – Dieta de Alto Concentrado Tipo I fornecida a animais com peso vivo inicial acima de 20 quilos; DAC II < 20 kg – Dieta de Alto Concentrado Tipo II fornecida a animais com peso vivo inicial abaixo de 20 quilos; DAC II > 20 kg – Dieta de Alto Concentrado Tipo II fornecida a animais com peso vivo inicial acima de 20 quilos.

Ao analisar o parâmetro créditos de carbono (R\$/kgPV ganho), é possível notar que os cenários experimentais que utilizaram cordeiros com peso vivo inicial abaixo de 20 kg tiveram um rendimento médio de R\$ 1,47/kgPV ganho, enquanto os cenários com cordeiros de peso vivo inicial acima de 20 kg apresentaram rendimento médio de R\$ 2,93/kgPV ganho (Tabela 7), o que representa uma diferença de praticamente 100% de rendimento entre esses grupos. Ainda é possível destacar que o cenário experimental que utilizou DAC I com cordeiros de peso vivo inicial acima de 20 quilos obteve o maior valor nesse parâmetro, de R\$ 3,28/kgPV ganho, um saldo de R\$ 0,71 em relação à média do segundo maior rendimento (DAC II > 20 kg).

A maior valoração em créditos de carbono (R\$/ano) atribuída ao cenário experimental DAC I > 20 kg, de R\$ 31.332,53/ano, em função do maior número de créditos de carbono calculados (83,01), segue a determinação da política de pagamento por serviços ambientais que afirma: quanto maior for a geração de créditos de carbono, melhor é a remuneração do

produtor, principalmente quando é feita de forma direta, estimulando um contínuo aprimoramento técnico na área (Liang e Meng, 2024). O pagamento direto é uma das formas de valorizar principalmente o produtor rural, geralmente do setor da agricultura familiar, fazendo com que o recurso chegue integralmente ao mesmo e incremente sua renda líquida (Guth, Stępień, Smędzik-Ambroży e Matuszczak, 2022), não obstante também contribuir positivamente para médios e grandes produtores. Como consequência disso, esse cenário também apresentou a maior taxa de mitigação de GEE em relação ao indicado pela FAO (2017), avaliada em 57,49%.

Apesar desse cenário não ter obtido o menor valor líquido de emissões de CO₂-eq (ton/ano) em virtude do maior efetivo do rebanho utilizado (1.080 cordeiros/ano) (Tabela 4), é importante ressaltar que esse grupo de animais apresentou o melhor desempenho em termos de peso corporal final e ganho de peso médio diário, em menor período de confinamento necessário para atingir o peso de abate mínimo de 30 kg exigido pelo frigorífico, com valores de 31,64 kg, 0,239 kg dia⁻¹ e 37 dias, respectivamente (Tabela 3).

Ovinos com maior peso vivo de entrada tendem a ser mais eficientes na conversão de alimento em massa corporal, resultando em menor produção de CO₂ por unidade de carne. Isso é atribuído à melhor metabolização dos nutrientes e menor gasto de energia para manutenção, aumentando a energia líquida direcionada ao ganho de musculatura, favorecendo por fim, o ganho médio diário de peso (Waghorn e Hegarty, 2011).

Cordeiros com peso vivo inicial acima de 20 kg permanecem menos tempo no confinamento. Ávila et al. (2009) afirmaram que, quanto mais cedo for atingido o peso de abate, menores serão as despesas e a possibilidade de morte dos cordeiros. Uma dieta que proporcione melhoria da eficiência e conversão alimentar gera redução no tempo de vida do animal, resultando em menores taxas de emissões de gases de efeito estufa no sistema de produção (Murphy, Crosson, Kellye Prendiville, 2018).

Quanto à influência da dieta, os dados encontrados no presente trabalho corroboram com a literatura, a qual afirma que a inclusão de dietas de alto concentrado na alimentação de cordeiros pode alterar significativamente o metabolismo ruminal. O maior aporte de carboidratos não-fibrosos no rúmen aumenta a produção de propionato em relação ao acetato, AGV precursor do metano, o que resulta em melhor eficiência energética com redução da produção de metano por unidade de ganho de peso (Beauchemin, Kreuzer, O'Mara, e McAllister, 2008).

Essa mudança na proporção dos AGVs em função do fornecimento de DAC gera alteração sobre a microbiota ruminal, em quantidade e diversidade que pode diferir com a espécie animal. Nota-se, por exemplo, redução da população de *Fibrobacter succinogenes* e aumento de *Lactobacillus spp.* e *Megasphaera elsdenii*, em virtude da queda do pH ruminal e prevalência de propionato no meio, o que pode ocasionar quadros de acidose (Lee, Jeong, Seo e Seo, 2019). Contudo, uma maior população de *Lactobacillus spp.* ocasiona aumento na produção de ácido láctico no rúmen, que inibe a atividade das bactérias metanogênicas, como *Methanobrevibacter ruminantium* e *Methanosarcina spp.*, resultando na mitigação de metano pelos ovinos (Broucek, 2018).

Ao analisar os custos de produção (Tabela 8), o cenário 6 de avaliação econômico-financeira (C6) apresentou o maior custo operacional total (COT) dentre todos os cenários, com valor de R\$ 422.819,01. A aquisição dos animais representou o maior dispêndio de capital dentre todos os custos, com participação média de 48,05% do COT (Tabela 8). Quando se comparam os cenários de venda ao atravessador (Cenários de 1 a 4 - C1 a C4) e cenários de venda ao frigorífico (Cenários de 5 a 8 - C5 a C8), é possível notar que para os cenários de C1 a C4, o custo médio de aquisição dos animais é 1,79% superior ao custo médio verificado nos cenários de C5 a C8. A porcentagem de custeio dos semoventes sobre o COT é maior nos cenários com cordeiros com peso vivo inicial acima de 20 kg, destacando-se C2, cuja participação desse item foi da ordem de 54,42%.

Nos cenários estudados, foi considerado não haver produção de cordeiros a partir de um rebanho base na propriedade, e sim, a aquisição destes para a terminação. Sendo assim, os animais precisaram ser adquiridos a cada ano, tendo esse custo incluído anualmente nos cenários estudados. O peso vivo do cordeiro desmamado é um dos principais determinantes desse preço de mercado, no qual animais mais pesados geralmente alcançam preços mais elevados, devido ao maior rendimento de carcaça e potencial para produção de carne (Hashimoto et al., 2012; Jones et al., 2021). A compra de cordeiros para terminação pode levar a um retorno de investimento mais rápido, em comparação com a criação desde o nascimento, o que traz benefícios para produtores que desejam acelerar o ciclo de produção (Raineri, Stivari e Gameiro, 2015).

Além disso, há a influência da modalidade de venda. A compra de cordeiros desmamados pode aumentar os custos de produção para o produtor, quando são vendidos aos atravessadores, pois estes aplicam preços menores na compra junto aos produtores, visando a revenda com maior

margem de lucro (Xhoxhi, Pedersen e Lind, 2018). Outra situação que pode incrementar os custos de produção é dos produtores terem que arcar com custos adicionais de transação ao lidar com atravessadores, como taxas de negociação e frete (Zonabend König et al., 2017).

Em seguida à aquisição dos animais, o custo com alimentação representou o segundo maior dispêndio de capital, com valor médio total de 25,12% do COT (Tabela 8). Neste ponto, é possível notar que há diferenças nos valores de participação, comparando-se os cenários com fornecimento de DAC I (C1, C2, C5 e C6) e de DAC II (C3, C4, C7 e C8): os cenários com DAC I apresentaram participação média no custo de 23,08% em relação ao COT, enquanto os cenários com DAC II apresentaram participação média no custo de 27,17%, o que representa um incremento médio de 4,09% no mesmo.

Isso ocorreu em virtude do tipo e do preço dos ingredientes utilizados em cada dieta. A DAC II foi formulada com ração peletizada, que custa R\$ 3,38/kg (Tabela 5), ingrediente mais caro do que o usado na formulação da DAC I, que usa torta de algodão, com custo de R\$ 1,58/kg. A ração peletizada possui preço de compra elevado devido ao método de processamento ao qual os ingredientes são submetidos, bem como a necessidade de mão-de-obra e equipamentos específicos, para realizar a moagem, mistura e a prensagem em formato de pélete (Nilsson, Bernesson e Hansson, 201; Muramatsu et al., 2015; Cathcart et al., 2021). Somado a isso, as rações peletizadas são formuladas com ingredientes de alta qualidade, incluindo grãos processados, minerais balanceados e proteínas concentradas, que favorecem o consumo de matéria seca e ganho de peso de cordeiros em terminação, (Buchanan et al., 2010; Zhong, Fang, Zhou, Sun, Zhou e He, 2018), sendo, portanto, ingredientes mais caros em comparação com um subproduto como a torta de algodão.

O terceiro custo que mais onerou em relação ao COT foi “outros custos” para os cenários com venda direta ao frigorífico (C5 a C8) (participação média de 7,30% do COT). Já para os cenários com venda ao atravessador (C1 a C4), o terceiro maior custo foi mão-de-obra, representando uma média de 6,55% do COT (Tabela 8). Os valores obtidos em “outros custos”, nos cenários com venda direta ao frigorífico, derivam da adição de frete e de Guia de Transporte Animal (GTA), que não são contabilizados nos cenários com venda ao atravessador. Os custos para transporte de animais, incluindo os combustíveis, podem representar 4% de participação nos custos totais (Debortoli et al., 2018) e são influenciados pelos seguintes fatores econômicos: distância, volume, densidade, qualidade das vias de acesso e preço do combustível (Faria e Costa, 2007).

Tabela 8. Custos de produção (R\$) da terminação de cordeiros ½ Dorper x ½ Santa Inês alimentados com dietas de alto concentrado, conforme os cenários de avaliação econômico-financeiro

Custos	C1*	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Alimentação	43.496,38 (21,92%)	103.456,26 (25,09%)	63.347,36 (27,93%)	90.811,19 (27,45%)	43.496,38 (20,83%)	103.456,26 (24,47%)	63.347,36 (26,70%)	90.811,19 (26,61%)
Sanidade	440,34 (0,22%)	512,61 (0,12%)	440,34 (0,19%)	451,48 (0,14%)	415,34 (0,20%)	512,61 (0,12%)	440,34 (0,19%)	451,48 (0,13%)
Mão-de-obra	17.600,04 (8,87%)	17.600,04 (4,27%)	17.600,04 (7,76%)	17.600,04 (5,32%)	17.600,04 (8,43%)	17.600,04 (4,16%)	17.600,04 (7,42%)	17.600,04 (5,16%)
Aquisição dos animais	11.116,81 (5,60%)	11.116,81 (2,70%)	11.116,81 (4,90%)	11.116,81 (3,36%)	20.425,81 (9,78%)	20.425,81 (4,83%)	20.425,81 (8,61%)	20.425,81 (5,98%)
Outros custos	94.221,60 (47,49%)	224.817,12 (54,52%)	99.699,60 (43,96%)	164.887,80 (49,84%)	94.221,60 (45,12%)	224.817,12 (53,17%)	99.699,60 (42,02%)	164.887,80 (48,31%)
Manutenção	2.918,30 (1,47%)	2.918,30 (0,71%)	2.918,30 (1,29%)	2.918,30 (0,88%)	2.918,30 (1,40%)	2.918,30 (0,69%)	2.918,30 (1,23%)	2.918,30 (0,86%)
Custo Operacional Efetivo (COE)	169.793,47 (85,59%)	360.421,15 (87,40%)	195.122,45 (86,02%)	287.785,62 (86,99%)	179.077,47 (85,76%)	369.730,15 (87,44%)	204.431,45 (86,16%)	297.094,62 (87,05%)
Encargos sociais sobre mão-de-obra	3.520,01 (1,77%)	3.520,01 (0,85%)	3.520,01 (1,55%)	3.520,01 (1,06%)	3.520,01 (1,69%)	3.520,01 (0,83%)	3.520,01 (1,48%)	3.520,01 (1,03%)
Depreciação	4.634,40 (2,34%)	4.634,40 (1,12%)	4.634,40 (2,04%)	4.634,40 (1,40%)	4.634,40 (2,22%)	4.634,40 (1,10%)	4.634,40 (1,95%)	4.634,40 (1,36%)
Custo de oportunidade	20.442,21 (10,30%)	43.794,10 (10,62%)	23.545,01 (10,38%)	34.896,25 (10,55%)	21.579,50 (10,33%)	44.934,45 (10,63%)	24.685,36 (10,40%)	36.036,60 (10,56%)
Custo Operacional Total (COT)	198.390,09 (100%)	412.369,65 (100%)	226.821,86 (100%)	330.836,27 (100%)	208.811,38 (100%)	422.819,01 (100%)	237.271,21 (100%)	341.285,62 (100%)

*Cenário 1 (C1) – cordeiros com peso vivo inicial abaixo de 20 kg, alimentados com DAC I, considerando-se o preço de compra de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 10,00/kgPV, pago pelo atravessador; Cenário 2 (C2) – cordeiros com peso vivo inicial acima de 20 kg, alimentados com DAC I, considerando-se o preço de compra de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 10,00/kgPV, pago pelo atravessador; Cenário 3 (C3) – cordeiros com peso vivo inicial abaixo de 20 kg, alimentados com DAC II, considerando-se preço de compra de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 10,00/kgPV, pago pelo atravessador; Cenário 4 (C4) – cordeiros com peso vivo inicial acima de 20 kg, alimentados com DAC II, considerando-se preço de compra de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 10,00/kgPV, pago pelo atravessador; Cenário (C5) – cordeiros com peso vivo inicial abaixo de 20 kg, alimentados com DAC I, considerando-se o preço de compra de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 13,00/kgPV, pago pelo frigorífico; Cenário 6 (C6) – cordeiros com peso vivo inicial acima de 20 kg, alimentados com DAC I, considerando-se o preço de compra de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 13,00/kgPV, pago pelo frigorífico; Cenário 7 (C7) – cordeiros com peso vivo inicial abaixo de 20 kg, alimentados com DAC II, considerando-se preço de compra de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 13,00/kgPV, pago pelo frigorífico... [pag. 56].

O transporte de ovinos, muitas vezes em longas distâncias e em áreas de difícil acesso (em estradas de terra, por exemplo), resulta em menor eficiência no uso do combustível, encarecendo o frete (Miranda- De La Lama et al., 2018). Nota-se, então, o impacto do preço do combustível sobre os custos de produção. Para a redução dos custos com frete, o produtor pode adotar estratégias de logística, como utilização de rotas com melhor tráfego e transportar lotes com maiores quantidades de animais (Frisk et al., 2018).

Além disso, de acordo com Vieira e Silva (2014), criadores de ovinos devem buscar empresas mais próximas de sua propriedade para abate dos cordeiros, pois a duração do transporte interfere nas características da carcaça e carne. Alternativas podem ser buscadas, como adaptação de estabelecimentos já existentes. Simulações de perdas quantitativas das carcaças, integradas com os demais custos de produção, devem fazer parte de planilhas de custos para uma tomada de decisão mais acertada. Este autor indicou ainda que o transporte de cordeiros em viagens que duram mais de 5 horas, a área de 0,277 m² por animal é a indicada, considerando cordeiros com peso médio de 36,64±2,13 kg.

Quanto aos indicadores econômicos, que consideram a visão do empreendedor, o Cenário 6 (C6) foi o que apresentou os melhores rendimentos, numa análise geral, sem e com agregação de valor pela venda de créditos de carbono (Tabela 9). Todos os cenários com venda ao atravessador (C1 a C4), de modo geral, apresentaram indicadores econômicos negativos para renda líquida, taxa de retorno do empreendedor, além de produtividade total dos fatores inferior a 1, destacando-se os cenários 3 e 4 (C3 e C4) com os piores indicadores (Tabela 9).

Nos cenários de 1 a 4, mesmo com o acréscimo da venda de créditos de carbono, com valor médio total de R\$ 18.660,53/ano na receita total (Tabela 5), a renda líquida e a taxa de retorno mantiveram-se negativas, em razão do custo total permanecer maior do que a receita total.

A renda líquida apresentou incremento médio de R\$ 18.653,51 (Tabela 9) com a venda dos créditos de carbono nesses cenários, porém não foi suficiente para tornar esse indicador positivo, fazendo com que a taxa de retorno do empreendedor também se mantivesse negativa. Já a produtividade total dos fatores apresentou-se sempre abaixo de 1 para esses cenários, ou seja, a agregação da venda de créditos de carbono na receita total não foi suficiente para ultrapassar o valor do custo total, indicativo de inviabilidade econômica para projetos baseados nesses cenários.

Tabela 9. Indicadores econômicos de sistema de terminação de cordeiros ½ Dorper x ½ Santa Inês em confinamento, alimentados com dietas de alto concentrado, conforme os cenários de avaliação econômico-financeiros sem e com venda de créditos de carbono

Indicador econômico	C1*	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Sem créditos de carbono								
Receita Total (R\$)	180.000,00	341.712,00	182.400,00	263.424,00	234.000,00	444.225,60	237.120,00	342.451,20
Custo total (R\$)	198.390,09	412.369,65	226.821,86	330.836,27	208.811,38	422.819,01	237.271,21	341.285,62
Renda líquida (R\$)	-18.390,09	-70.657,65	-44.421,86	-67.412,27	25.188,62	21.406,59	-151,21	1.165,58
Renda da família (R\$)	19.652,16	-9.263,51	-3.276,81	-14.915,98	64.368,16	83.941,09	42.134,19	54.802,22
Ponto de nivelamento (Kg/cordeiroPV)	19.839,01	41.236,97	22.682,19	33.083,63	16.062,41	32.524,54	18.251,63	26.252,74
Taxa de retorno do empreendedor (%)	-9,27	-17,13	-19,58	-20,38	12,06	5,06	-0,06	0,34
Produtividade total dos fatores (R\$)	0,91	0,83	0,80	0,80	1,12	1,05	1,00	1,00
Com créditos de carbono								
Receita Total (R\$)	190.404,23	373.044,53	193.995,08	284.734,27	244.404,23	475.558,13	248.715,08	363.761,47
Custo total (R\$)	198.390,09	412.369,65	226.821,86	330.864,33	208.839,44	422.819,01	237.271,21	341.313,69
Renda líquida (R\$)	-7.985,86	-39.325,12	-32.826,78	-46.130,06	35.564,79	52.739,12	11.443,87	22.447,78
Renda da família (R\$)	30.056,39	22.069,02	8.318,27	6.369,29	74.747,39	115.273,62	53.729,27	76.087,49
Ponto de nivelamento (Kg/cordeiroPV)	19.839,01	41.236,97	22.682,19	33.086,43	16.064,57	32.524,54	18.251,63	26.254,90
Taxa de retorno do empreendedor (%)	-4,03	-9,54	-14,47	-13,94	17,03	12,47	4,82	6,58
Produtividade total dos fatores (R\$)	0,96	0,90	0,86	0,86	1,17	1,12	1,05	1,07

* Cenário 1 (C1) – cordeiros com peso vivo inicial abaixo de 20 kg, alimentados com DAC I, considerando-se o preço de compra de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 10,00/kgPV, pago pelo atravessador; Cenário 2 (C2) – cordeiros com peso vivo inicial acima de 20 kg, alimentados com DAC I, considerando-se o preço de compra de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 10,00/kgPV, pago pelo atravessador; Cenário 3 (C3) – cordeiros com peso vivo inicial abaixo de 20 kg, alimentados com DAC II, considerando-se preço de compra de R\$ 9,00/kgP...[pag. 56].

O baixo valor da receita total em relação aos custos (cenários de 1 a 4), sem e com acréscimo dos créditos de carbono, pode ser atribuído ao valor de venda pago pelo atravessador de R\$ 10,00/kgPV, diferença de apenas R\$ 1,00 sobre o valor de compra dos animais. Isso corrobora com a afirmativa anterior, no que tange aos impactos negativos que as negociações com intermediários podem causar aos sistemas de produção de ovinos, principalmente pelo baixo valor de negociação que estes aplicam sobre os produtos agropecuários, resultando em prejuízos econômicos para o produtor rural, tornando a atividade impraticável (Xhoxhi, Pedersene Lind, 2018).

Além disso, a agregação de valor de apenas R\$ 1,00/kgPV na venda de cordeiros não é suficiente para quitar os gastos de um sistema de terminação em confinamento utilizando dietas de alto concentrado. Esse fato corrobora com os dados da literatura sobre os altos custos de sistemas intensivos para produção de carne ovina, onde a maior parte do capital disponível é destinada à compra de cordeiros desmamados, precificados com base no peso vivo, e de insumos para alimentação à base de grãos para acelerar o processo de engorda e produzir carcaças com melhor rendimento (Addah, Yantunde e Okine, 2017; Lima et al., 2017).

Em relação aos cenários com venda direta para o frigorífico, a agregação de valor pela venda de créditos de carbono favoreceu os desempenhos econômicos, melhorando a receita total, renda líquida, renda da família, taxa de retorno do empreendedor e produtividade total dos fatores (Tabela 9). Apesar de contabilizar maiores custos de produção em relação aos cenários com venda direta ao atravessador, devido à inclusão de frete e GTA, o valor da receita total superou o valor do custo total. Nesse caso, o valor pago pelo frigorífico de R\$ 13,00/kgPV para animais de 30 kg, beneficiou economicamente o produtor.

Os melhores desempenhos do Cenário 6 de avaliação econômico-financeira (C6), sem e com venda dos créditos de carbono numa análise geral, justificam-se por três principais fatores: tamanho do rebanho, tempo de confinamento e quantidade de créditos de carbono. Apesar desse cenário apresentar o maior custo total dentre todos os cenários, avaliado em R\$ 422.819,01 (Tabela 9), em função do alto custo de aquisição dos animais calculado em 53,17% do COT (Tabela 8), foi o que obteve a maior receita total e renda da família, sem e com créditos de carbono.

O alto custo com semoventes deriva do tamanho do rebanho calculado para C6, com 1.080 cordeiros com peso inicial acima de 20 quilos, com preço de compra a R\$ 9,00/kgPV.

Como já apontado nas análises de custo de produção, a compra de cordeiros desmamados de acordo com seu peso vivo a cada ciclo de produção demanda mais dispêndio de capital e, quanto mais pesado for o animal, mais caro será a unidade (Hashimoto et al., 2012; Jones et al., 2021).

Porém, é importante frisar que esse rebanho numeroso advém da relação dos parâmetros zootécnicos obtidos no cenário experimental 2, onde observou-se que os cordeiros com peso vivo inicial acima de 20 kg, alimentados com DAC I, precisaram de apenas 37 dias de confinamento (Tabela 3) para atingir o peso de abate de 30 kg exigido pelo frigorífico, resultando no cenário com maior número de ciclos, o que possibilita ao produtor rural trabalhar com 9 ciclos de produção ao ano, com 120 cabeças/ciclo. Esse dado da análise econômica corrobora com as afirmativas anteriores sobre a melhoria na eficiência do sistema de produção quanto ao fornecimento de DAC, composta por milho farelado e torta de algodão, para cordeiros desmamados que entram na terminação mais pesados.

Somado a isso, está o fato que o Cenário 6 foi o que, proporcionalmente, mais elevou seus indicadores econômicos com a agregação da venda dos créditos de carbono, que incrementou R\$ 31.332,53/ano na receita total (Tabela 7). Apesar do Cenário 5 (C5), dentre os cenários com venda direta ao frigorífico, ter apresentado menores valores para custo total e menor ponto de nivelamento, de R\$ 208.839,44 e 16.064,57 kg/cordeiroPV, e indicadores superiores a C6 para taxa de retorno do empreendedor e produtividade total dos fatores, de 17,03% e R\$ 1,17, respectivamente (Tabela 9), considerados valores que indicam boa viabilidade ao projeto (Guiducci et al., 2012), a venda dos créditos de carbono elevou a receita total de C5 em apenas 4,45% (R\$ 234.000,00 para 244.404,23), ao passo que em C6 foi observado um aumento de 7,05% no mesmo indicador (R\$ 444.225,60 para 475.558,13).

Isso fez com os demais indicadores seguissem o mesmo padrão, dos quais destacaram-se os aumentos percentuais de renda líquida e taxa de retorno do empreendedor: em C5, os aumentos foram de 41,19 e 41,21% (R\$ 25.188,62 para R\$ 35.564,79 e 12,06% para 17,03%), enquanto em C6 os aumentos foram de 146,37 e 146,44% (R\$ 21.406,59 para R\$ 52.739,12 e 5,06% para 12,47%), respectivamente. Esses resultados corroboram com a política de PSA quanto à melhor remuneração do produtor sobre a maior quantidade de créditos de carbono produzidos, a partir da adoção manejos sustentáveis para mitigação de CO₂ e CH₄ do sistema de produção (Lokuge e Anders, 2022).

Tabela 10. Indicadores financeiros de sistema de terminação de cordeiros ½ Dorper x ½ Santa Inês em confinamento, alimentados com dietas de alto concentrado, conforme os cenários de avaliação econômico-financeiros sem e com venda de créditos de carbono

Indicador financeiro	C1*	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Sem créditos de carbono								
VPL (R\$)	12.064,02	-108.536,42	-114.449,82	-159.020,10	262.154,66	412.744,52	139.527,87	230.904,53
VPLa (R\$)	2.157,04	-19.406,22	-20.463,53	-28.432,66	46.873,04	73.798,38	24.947,47	41.285,54
Payback descontado (anos)	>10 anos	>10 anos	> 10 anos	> 10 anos	1,58	0,92	2,39	6,17
TIR (% a.a.)	15,45%	-3,60%	-14,04%	-13,97%	89,19%	122,75%	51,59%	73,26%
TIRM (% a.a.)	14,38%	1,65%	-5,04%	-3,78%	33,09%	38,32%	26,83%	31,73%
Índice de lucratividade	1,21	-0,86	-0,96	-1,72	5,49	8,07	3,39	4,96
Taxa de rentabilidade (%)	20,67	-185,96	-196,09	-272,45	449,16	707,17	239,06	395,61
Com créditos de carbono								
VPL (R\$)	70.253,49	66.702,26	-49.600,08	-39.974,41	320.204,32	587.983,20	204.377,61	349.950,21
VPLa (R\$)	12.561,27	11.926,31	-8.868,45	-7.147,39	57.252,27	105.130,91	36.542,55	62.570,81
Payback descontado (anos)	4,49	9,10	> 10 anos	> 10 anos	1,06	0,64	1,66	1,03
TIR (% a.a.)	31,64	25,14	0,11	4,55	106,93	176,34	71,11	109,30
TIRM (% a.a.)	21,48	21,14	1,84	5,85	35,33	42,76	30,47	36,35
Índice de lucratividade	2,20	2,14	0,15	0,32	6,49	11,07	4,50	7,00
Taxa de rentabilidade (%)	120,37	114,28	-84,98	-68,49	548,61	1.007,41	350,17	599,58

*Cenário 1 (C1) – cordeiros com peso vivo inicial abaixo de 20 kg, alimentados com DAC I, considerando-se o preço de compra de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 10,00/kgPV, pago pelo atravessador; Cenário 2 (C2) – cordeiros com peso vivo inicial acima de 20 kg, alimentados com DAC I, considerando-se o preço de compra de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 10,00/kgPV, pago pelo atravessador; Cenário 3 (C3) – cordeiros com peso vivo inicial abaixo de 20 kg, alimentados com DAC II, considerando-se preço de compra de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 10,00/kgPV, pago pelo atravessador; Cenário 4 (C4) – cordeiros com peso vivo inicial acima de 20 kg, alimentados com DAC II, considerando-se preço de compra de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 10,00/kgPV, pago pelo atravessador; Cenário 5 (C5) – cordeiros com peso vivo inicial abaixo de 20 kg, alimentados com DAC I, considerando-se o preço de compra de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 13,00/kgPV, pago pelo frigorífico; Cenário 6 (C6) – cordeiros com peso vivo inicial acima de 20 kg, alimentados com DAC I, considerando-se o preço de compra de R\$ 9,00/kgPV e preço de venda de R\$ 13,00/kgPV, pago pelo frigorífico; Cenário 7 (C7) – cordeiros com peso vivo inicial abaixo de 20 kg, alimentados com DAC II... [pag. 56].

Em relação aos indicadores financeiros (Tabela 10), que consideram a visão do possível investidor na atividade, o cenário de avaliação econômico-financeira que apresentou os melhores desempenhos foi o C6, indicando que o maior peso vivo inicial, com uso da DAC I e venda direta para o frigorífico por R\$ 13,00/kgPV é a melhor opção de sistema de terminação (Tabela 10). Dentre os cenários com venda para o atravessador (C1 a C4), sem acréscimo dos créditos de carbono, apenas o Cenário 1 (C1) apresentou valores positivos em todos os indicadores, com TIR e TIRM calculadas em 15,45 e 14,38%, que representam um saldo de 3,2 e 2,13% sobre a taxa SELIC do projeto (12,25% aplicada em outubro de 2023), respectivamente, e o índice de lucratividade de 1,21, porém com *payback* descontado acima de 10 anos, fator que não favorece a indicação desse sistema.

Mesmo que esse cenário apresente parâmetros que consideram o projeto viável, de acordo com as definições estabelecidas por Guiducci et al. (2012), todos os cenários com venda direta ao frigorífico (C5 a C8) tiveram desempenhos superiores, inclusive sem adição dos créditos de carbono, onde o menor rendimento entre eles foi o Cenário 7 (C7), o qual apresentou diferenças a mais para IL e taxa de rentabilidade, da ordem de 2,18 e 2218,39%, respectivamente, em comparação a C1.

Quando a aplicação da venda dos créditos de carbono é realizada, convergente do que foi observado nos indicadores econômicos, há uma notória alta em todos os indicadores financeiros nos cenários 1 e 2 com venda para o atravessador, enquanto os cenários 3 e 4 mantiveram-se negativos. O Cenário 1 (C1) foi o que demonstrou melhor desempenho proporcional à agregação dos créditos de carbono, no qual é possível destacar: VPLa (retorno de capital sobre o valor do investimento ajustado pela taxa de juros SELIC), que indicou viabilidade e retorno de R\$ 12.561,27/ano, redução do valor de *payback* descontado de >10 para 4,49 anos; TIRM de 21,48% e IL de 2,20 (Tabela 10).

A receita é um dos parâmetros determinantes sobre o valor de VPL e VPLa, portanto ao incorporar o valor da venda dos créditos de carbono na receita total de C1, de R\$ 10.404,23/ano (Tabela 7), esse valor foi diluído e alocado nos fluxos de pagamento esperados negativados, sem alterar o valor dos custos totais, o que resultou num valor acima de zero para VPLa e tornou o projeto viável (Atallah, Gómez e Jaramillo, 2018; Mao et al., 2021).

O Cenário 6 com agregação da venda de créditos de carbono, inegavelmente, apresenta a melhor indicação para o investidor na atividade, na medida em que foi o único a garantir uma recuperação do capital investido com menos de um ano de implantação do projeto,

considerando o *payback* descontado de 0,64 anos, considerando uma taxa SELIC de 12,25% (Tabela 10). Atualmente, com uma taxa SELIC de 10,50% aplicada pelo Comitê de Política Monetária (COPOM) a partir de 08/05/2024 (BCB, 2024), entende-se que o investidor fará o entendimento, pelos indicadores apresentados, de uma excelente oportunidade de investimento, considerando esse cenário ($TIR = 176,34\%$ a.a.; $TIRM = 42,76\%$ a.a.; $IL = 11,07$; $TR = 1.007,41\%$).

Os indicadores financeiros são determinantes para tornar o projeto agropecuário, com esse tipo de sistema, o mais atrativo ao produtor, uma vez que um valor de *payback* descontado próximo de zero significa que o retorno financeiro será rápido (Guiducci et al., 2012).

Ainda é relevante comentar que os valores de VPL e VPLa de C6 (R\$ 587.983,20 e R\$ 105.130,91, respectivamente, Tabela 10), considerando um projeto de terminação de cordeiros comprados por R\$ 9,00/PV, com peso vivo inicial acima de 20 kg, alimentados com DAC I e vendidos diretamente ao frigorífico por R\$ 13,00/kgPV vai garantir um retorno financeiro líquido de \$8.760,91/mês, ao aplicar a correção monetária pela taxa de juros de 12,25% ao ano, com agregação da venda dos créditos de carbono. O índice de lucratividade calculado aponta que, para cada R\$ 1,00 investido pelo produtor, haverá retorno de R\$ 11,07, somado à elevação da taxa de rentabilidade de 707,17% para 1.007,41% (sistema sem adição de créditos de carbono *versus* sistema com adição de créditos de carbono) (Tabela 10).

Assim como na análise econômica, o menor tempo de confinamento verificado em C6 e o maior número de ciclos de produção ao ano (9 ciclos x 120 animais/ano) nesse cenário justificaram os melhores indicadores. Nesse projeto, em função dos desempenhos zootécnicos dos ovinos para atingir o peso de abate mínimo de 30 kg aos 37 dias, resultou na maior taxa de mitigação de GEE em relação aos dados da FAO (2017), geração e valoração de créditos de carbono, com valores de 57,49%, 83,01 e R\$ 31.332,53/ano respectivamente, no cenário experimental 2 (Tabela 7). O menor tempo de permanência no confinamento não só diminui os custos operacionais efetivos, como também possibilita ao produtor trabalhar com um maior número de ciclos e de forma mais eficiente, como já colocado anteriormente. Isso foi determinante para a maior receita total dentre todos os cenários avaliados (Tabela 9).

O aumento de receita, sem alteração do capital investido, faz com que os fluxos de pagamentos esperados se tornem maiores, beneficiando o valor de VPL e VPLa, como também impactando diretamente os cálculos de índice de lucratividade e de taxa de rentabilidade

(Guiducci et al., 2012). Isso favorece o futuro projeto agropecuário que, sob o ponto de vista do investidor, torna-se mais atrativo e seguro em termos de retorno financeiro para o investidor e para o produtor rural.

CONCLUSÕES

O Cenário Experimental 2, no qual foram utilizados cordeiros $\frac{1}{2}$ Dorper $\frac{1}{2}$ Santa Inês terminados em sistema de confinamento com peso inicial acima de 20 quilos, alimentados com dietas de alto concentrado contendo milho moído e torta de algodão, foi o que apresentou maior geração e valoração de créditos de carbono, bem como maior taxa de mitigação de gases de efeito estufa em comparação aos dados da FAO (2017).

Sobre a viabilidade econômica-financeira, o Cenário 6 de avaliação econômico-financeira, o qual usou cordeiros $\frac{1}{2}$ Dorper $\frac{1}{2}$ Santa Inês terminados em sistema de confinamento com peso inicial acima de 20 quilos, alimentados com dietas de alto concentrado contendo milho moído e torta de algodão, comprados a R\$ 9,00/kgPV e vendidos diretamente para o frigorífico a R\$ 13,00/kgPV com agregação da venda de créditos de carbono, foi o que apresentou os melhores indicadores econômicos e financeiros, sendo o mais indicado ao produtor rural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDAH, W.; AYANTUNDE, A.; OKINE, E. K. Effects of restricted feeding and re-alimentation of dietary protein or energy on compensatory growth of sheep. **South African Journal of Animal Science**, v. 47, n. 3, p. 389-396, 2017.

ALMEIDA, E. F. DE et al. Perfil dos consumidores de carne ovina no município de Poço Verde, Sergipe, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, p. e306111229710–e306111229710, 2022.

AOAC. **Official Method of Analysis Association of Analytical Chemists**. Washington DC, ed. 19, p. 121-130, 2012.

ÁVILLA, V. S.; COUTINHO, G. C.; MARTINS, E. Avaliação do ganho de peso de cordeiros em três sistemas de produção. **Agropecuária Catarinense**, v. 22, n. 1, p. 52-56, 2009.

BCB – Banco Central do Brasil. **Taxas de juros básicas – Histórico**. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>. Acesso em 24 de abril de 2024.

BENDLIN, L. et al. Criação de ovinos de corte: análise dos custos de produção, expectativas de retorno e riscos, uma contribuição ao desenvolvimento regional. **Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)**, v. 14, n. 7, p. 11776-11808, 2023.

BEAUCHEMIN, K. A.; KREUZER, M.; O'MARA, F.; MCALLISTER, T. A. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, n. 2, p. 21-27, 2008.

BROUCEK, J. Options to methane production abatement in ruminants: a review. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 28 n. 2, p. 348-364, 2018.

BUCHANAN, N. P. et al. The effects of altering diet formulation and manufacturing technique on pellet quality. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 19, n. 2, p. 112-120, 2010.

CAPPELLE, E. R. et al. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 1837-1856, 2001.

CATHCART, A. et al. An economic analysis of anaerobic digestate fuel pellet production: can digestate fuel pellets add value to existing operations?. **Cleaner Engineering and Technology**, v. 3, p. 100098, 2021.

DEBORTOLI, E. C. et al. Determinação e composição de custos e receitas em sistemas de produção de ovinos para carne no estado do Paraná. **Custos e agronegócio**, v.14, p. 144-181, 2018.

FARIA, A. C.; COSTA, M. F. G. **Gestão de custo logísticos: custeio baseado em atividades (ABC), balanced scorecard (BSC), valor econômico agregado (EVA)**. São Paulo: Atlas, ed.2, p. 431, 2007.

FERREIRA, B. B.; CARRASCO, K. P.; SANTOS, M. G. A importância da administração rural no agronegócio de araguari e região. **Revista Master-Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 3, n. 6, p. 8-16, 2018.

FRISK, M. et al. Route optimization as an instrument to improve animal welfare and economics in pre-slaughter logistics. **PLoS One**, v. 13, n. 3, p. e0193223, 2018.

GARCÍA-OLIVEIRA, P. et al. Solutions for the sustainability of the food production and consumption system. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62, n. 7, p. 1765-1781, 2020.

GKARANE, V. et al. Effect of castration and age at slaughter on sensory perception of lamb meat. **Small ruminant research**, v. 157, p. 65-74, 2017.

GUIDUCCI, R. C. N. et al. Aspectos metodológicos da análise de viabilidade econômica de sistemas de produção. In: **Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários: metodologia e estudos de caso**. Brasília, DF: EMBRAPA, p. 17-78, 2012.

GUTH, M.; STĘPIEŃ, S.; SMĘDZIK-AMBROŻY, K.; MATUSZCZAK, A. Is small beautiful? Technical efficiency and environmental sustainability of small-scale family farms under the conditions of agricultural policy support. **Journal of Rural Studies**, v. 89, p. 235-247, 2022.

HASHIMOTO, J. H. et al. Qualidade de carcaça, desenvolvimento regional e tecidual de cordeiros terminados em três sistemas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 2, p. 438-448, 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agropecuária 2022**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/ovino/br> >. Acesso em: 17 de outubro de 2023.

INVESTING.COM. **Crédito Carbono Futuros**. Disponível em: <https://br.investing.com/commodities/carbon-emissions>. Acesso em: 04 de novembro de 2023.

IPCC. **Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4)**. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-errata.pdf>. Acesso em 10 de nov. de 2023.

JONES, A. G. et al. Using a lamb's early-life liveweight as a predictor of carcass quality. **Animal**, v. 15, n. 1, p. 100018, 2021.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. p.270. 1928.

LEE, M.; JEONG, S.; SEO, J.; SEO, S. Changes in the ruminal fermentation and bacterial community structure by a sudden change to a high-concentrate diet in Korean domestic ruminants. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 32, n. 1, p. 92-102, 2019.

LIANG, H.; MENG, Y. Impact of direct payments and non-financial support on smallholder income from environmentally friendly agriculture in Tohoku region, Japan. **Journal of Environmental Management**, v. 351, p. 119698, 2024.

LIMA, N. L. L. et al. Economic analysis, performance, and feed efficiency in feedlot lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, p. 821-829, 2017.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: a framework for assessment**. Washington, DC: Island Press, 2003. Disponível em: <http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf>. Acesso em 06 de março de 2024.

MIRANDA-DE LA LAMA, G. C. et al. Long-distance transport of hair lambs: effect of location in pot-belly trailers on thermo-physiology, welfare and meat quality. **Tropical animal health and production**, v. 50, p. 327-336, 2018.

MURAMATSU, K. et al. Factors that affect pellet quality: a review. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 9, n. 2, p. 717-722, 2015.

MURPHY, B.; CROSSON, P.; KELLY, A. K.; PRENDIVILLE, R. Performance, profitability and greenhouse gas emissions of alternative finishing strategies for Holstein-Friesian bulls and steers. **Animal**, v. 12, n. 11, p. 2391-2400, 2018.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. **National Academy Press**, Washington, DC, ed. 1, 2007.

NILSSON, D.; BERNESSON, S.; HANSSON, P. Pellet production from agricultural raw materials—A systems study. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n. 1, p. 679-689, 2011.

NOGUEIRA FILHO. **Aprisco**. 2009. Disponível em: <http://www.nogueirafilhoarquivo_artigos/aprisco.htm> . Acesso em: 23 nov. 2023.

OLIVEIRA, D. S. Avaliação de dietas formuladas conforme o NRC (2007), com ou sem restrição de nutrientes, para cordeiros terminados em confinamento no semiárido brasileiro. **Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí**, 2017.

PRACHE, S.; SCHREURS, N.; GUILLIER, L. Factors affecting sheep carcass and meat quality attributes. **Animal**, v. 16, p. 100330, 2022.

RAINERI, C.; STIVARI, T. S. S.; GAMEIRO, A. H. **Lamb production costs: Analyses of composition and elasticities analysis of lamb production costs**. Asian-Australasian journal of animal sciences, v. 28, n. 8, p. 1209, 2015.

RODRÍGUEZ, N. M. et al. Sistema de calorimetria para estudos de metabolismo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, p. 495-500, 2007.

ROGERIO, M. C. P. et al. Especificações padrões para mensurações de gases de efeito estufa e metabolismo de pequenos ruminantes no bioma Caatinga. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Caprinos e Ovinos**, ed. 1, 2019.

ROGERIO, M. C. P.; GUEDES, L. F.; COSTA, C. dos S.; POMPEU, R. C. F. F.; GUEDES, F. L.; MORAIS, O. R. de. **Dietas de alto concentrado para ovinos de corte: potencialidades e limitações**. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, (Embrapa Caprinos e Ovinos. Comunicado Técnico, 174). P.22, 2018.

ROSS, C. V. **Sheep production and management**. New Jersey: Printice-Hall, p. 481, 1989.

SALMI, F.; CANOVA, M. A.; PADGURSCHI, M. C. G. Ética climática, (in)justiças e limitações do Pagamento por Serviços Ambientais no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v. 26, p. e01232, 2023.

SQUIZATTI, M. M. et al. Redução da adaptação a dietas de alta energia usando virginiamicina: protozoários e degradabilidade ruminal. **Metabolismo energético e proteico e nutrição**, v. 138, p. 257, 2019.

VAN SOEST, P. J. et al. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of dairy science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VIEIRA E SILVA, F. Estresse em cordeiros pelo transporte rodoviário e seu efeito sobre características da carcaça e carne. **Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais**, p. 169, 2014.

WAGHORN, G. C.; HEGARTY, R. S. Lowering ruminant methane emissions through improved feed conversion efficiency. **Animal Feed Science and Technology**, v. 166, p. 291-301, 2011.

XHOXHI, O.; PEDERSEN, S. M.; LIND, K. M. How does the intermediaries' power affect farmers-intermediaries' trading relationship performance?. **World Development Perspectives**, v. 10, p. 44-50, 2018.

ZONABEND KÖNIG, E. et al. Live weight, conformation, carcass traits and economic values of ram lambs of Red Maasai and Dorper sheep and their crosses. **Tropical Animal Health and Production**, v. 49, p. 121-129, 2017.

ZHONG, R. Z.; FANG, Y.; ZHOU, D. W.; SUN, X. Z.; ZHOU, C. S.; HE, Y. Q. Pelleted total mixed ration improves growth performance of fattening lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 242, p. 127-134, 2018.