**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Desenvolvimento de índices de seleção bioeconômicos para a
ovinocultura de corte em diferentes sistemas de terminação**

Paola Perez Bóscollo

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra
em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e
Pastagens

**Piracicaba
2021**

Paola Perez Bóscollo
Zootecnista

**Desenvolvimento de índices de seleção bioeconômicos para a ovinocultura de corte
em diferentes sistemas de terminação**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011.

Orientador:
Prof. Dr. **GERSON BARRETO MOURÃO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra
em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e
Pastagens

Piracicaba
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Bóscollo, Paola Perez

Desenvolvimento de índices de seleção bioeconômico para a ovinocultura de corte em diferentes sistemas de terminação / Paola Perez Bóscollo - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. Piracicaba, 2021.

52 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Carne de cordeiro 2. Critérios de seleção 3. Eficiência produtiva 4. Lucratividade 5. Melhoramento genético I. Título

Dedicatória

Aos meus pais, Ronaldo e Adriana, por tanto acreditarem em mim e pelo apoio sem medidas
nessa nova jornada!

Dedico

AGRADECIMENTOS

E cá estou eu, concluindo este ciclo com o coração cheio de gratidão por toda a trajetória percorrida e aprendizados conquistados até aqui. Agradeço a Deus primeiramente, pela vida, força para a conclusão deste trabalho e luz de todos os dias.

À minha família: Ronaldo, Adriana, Marcela, Gabriel, Florença, Frederico, Gustavo e Maria, por todo o apoio doado, compreensão, carinho e amor incondicional. Ao Brayan, pela amizade, amor e companhia de todos os dias.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Programa de Pós-Graduação em “Ciência Animal e Pastagens” pela oportunidade de realização do mestrado acadêmico.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Gerson Barreto Mourão, pelo encorajamento, orientação e ensinamentos que vão além do melhoramento genético. À sua família, Luciana, Gabriel e Giovanna, por todo o acolhimento e cuidado.

À Juliana Petrini e Juliana Portes um agradecimento especial pela disponibilidade de informações, ajuda e apoio na condução deste trabalho.

À minha banca examinadora: professora Sarita Bonagurio Gallo e Gregori Rovadoscki, pelo exemplo de profissionais competentes e contribuições essenciais para meu amadurecimento.

Aos docentes dos Departamentos de Zootecnia e Ciências Exatas, pelos conhecimentos transmitidos e atenção com o aprendizado e evolução de seus alunos.

Aos colegas do Grupo de Estudos em Estatística e Melhoramento Animal (GE²MA), Ariana, Day, Fabricio, Fátima, Felipe André, Giovanni, Gregori, Izally, Luiz, Leonardo, Mayara e Sofia pela colaboração, apoio e aprendizados; em especial, aos estagiários que por aqui passaram deixando meus dias bem mais coloridos, Felipe, Elkin, Kimberly e José Eduardo, pela amizade e troca de experiências tão positiva.

Aos colegas do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens, em especial a Thamires, Débora e Carol pela ajuda, amizade e conversas durante nossa trajetória.

Às professoras de graduação, Ana Elizabeth Iannini Custódio e Edilane Aparecida da Silva, pelo incentivo fundamental de seguir por este caminho.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, da Biblioteca e do Restaurante Universitário, pela cooperação, zelo, e carinho concedidos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos, colaborando para a minha formação acadêmica.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

EPÍGRAFE

*“Uma mente que se abre a uma nova idéia
jamais voltará a seu tamanho original”
Albert Einstein*

*“Feliz aquele que transfere o que sabe
e aprende o que ensina.”
Cora Coralina*

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
1.1. OBJETIVOS	10
REFERÊNCIAS	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1. CARACTERIZAÇÃO DA OVINO CULTURA NO BRASIL	11
2.2. SISTEMAS DE PRODUÇÃO DA OVINO CULTURA NO BRASIL	13
2.3. MELHORAMENTO GENÉTICO NA OVINO CULTURA	13
2.4. ÍNDICE DE SELEÇÃO	20
2.5. RESULTADOS ENCONTRADOS PARA ÍNDICE DE SELEÇÃO NA OVINO CULTURA	25
REFERÊNCIAS	27
3. ÍNDICES DE SELEÇÃO BIOECONÔMICOS PARA A TERMINAÇÃO DE CORDEIROS EM CONDIÇÕES TROPICAIS	33
RESUMO	33
ABSTRACT	33
3.1. INTRODUÇÃO	34
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	35
3.2.1. Sistema de Produção	35
3.2.2. Objetivos de Seleção	36
3.2.3. Critério de Seleção	37
3.2.4. Derivação dos Valores Econômicos	38
3.2.5. Desenvolvimento do Índice de Seleção	40
3.2.6. Parâmetros do Índice de Seleção	41
3.3. RESULTADOS	42
3.3.1. Valores Econômicos	42
3.3.2. Índice de seleção	42
3.3.3. Parâmetros do Índice de Seleção	43
3.4. DISCUSSÃO	44
3.5. CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS	48

RESUMO

Desenvolvimento de índices de seleção bioeconômicos para a ovinocultura de corte em diferentes sistemas de terminação

O êxito de qualquer sistema é a capacidade em produzir e atender, de forma rentável, as exigências dos consumidores. Os dados referentes a ovinocultura de corte no Brasil corroboram com o potencial crescimento acerca da ovinocultura de corte, uma vez que é necessário importar a carne de cordeiro para suprir a demanda nacional, além disso, em torno de 25 milhões de pessoas nunca experimentaram a carne de cordeiro. Por outro lado, a irregularidade na oferta e a ausência da padronização do produto ofertado ao mercado, justificam a dificuldade do hábito da população em consumir essa proteína animal. A irregularidade e ausência de padronização do produto podem ser devido a uma criação ineficiente com baixa exploração dos recursos genéticos e manejos inadequados disponíveis nas propriedades dos diversos estados brasileiros, fatores como a idade avançada dos animais (≥ 8 meses) e excesso de gordura na carcaça são indicadores de uma carne com déficit de qualidade. Em aspectos genéticos, a seleção dos animais para várias características simultaneamente, considerando a relevância econômica das mesmas, pode contribuir para o aumento da lucratividade, eficiência produtiva nos sistemas de terminação e qualidade do produto ofertado ao mercado consumidor. A metodologia mais eficaz para seleção de múltiplas características é o índice de seleção bioeconômico, que pondera o valor genético da característica de interesse com o valor econômico da mesma em um único valor que representa o genótipo agregado (H) do animal. Dessa forma, índices de seleção com foco no progresso genético e retorno econômico dos rebanhos são necessários para incentivar produtores à criação eficiente de ovinos e padronizar a carne de cordeiro ofertada, aumentando a aceitabilidade e demanda pelo produto. Objetivou-se desenvolver índices de seleção para três cenários de terminação de cordeiros: sistema extensivo (SX), sistema semi-intensivo (SSI) e sistema intensivo (SI).

Palavras-chave: Carne de cordeiro, Critério de seleção, Eficiência produtiva, Lucratividade, Melhoramento genético

ABSTRACT

Development of a bioeconomic selection indexes for beef lamb in different terminal systems

The success of any system is the ability to profitably produce and meet consumer demands. Data on beef sheep farming in Brazil corroborate the potential growth of beef sheep farming, as it is necessary to import lamb to meet national demand, in addition, around 25 million people have never tried the meat of lamb. On the other hand, the irregularity in supply and the lack of standardization of the product offered to the market justify the difficulty of the population's habit of consuming this animal protein. The irregularity and lack of standardization of the product may be due to inefficient rearing with low exploration of genetic resources and inadequate management available on properties in several Brazilian states, factors such as the advanced age of the animals (≥ 8 months) and excess fat in the carcass they are indicators of a meat with a lack of quality. In genetic aspects, the selection of animals for several traits simultaneously, considering their economic relevance, can contribute to increased profitability, productive efficiency in terminal systems and quality of the product offered to the consumer market. The most effective methodology for selecting multiple traits is the bioeconomic selection index, which weights the breeding value of the trait of interest with its economic value in a single value that represents the aggregate genotype (H) of the animal. Thus, selection indexes focused on genetic progress and economic return of the herds are necessary to encourage producers to efficiently raise sheep and standardize the lamb meat offered, increasing the acceptability and demand for the product. The objective was to develop selection indexes for three terminal lamb scenarios: extensive system (EXS), semi-intensive system (SIS) and intensive system (INS).

Keywords: Animal Breeding, Meat lamb, Productive efficiency, Profitability, Selection Criteria

1. INTRODUÇÃO

A ovinocultura de corte no Brasil tem demonstrado um expressivo potencial de crescimento, visto que apresenta uma crescente demanda de mercado, além de, passar por uma transição envolvendo as mudanças culturais da sociedade em relação ao consumo da carne ovina. No entanto, a produtividade no país não atende ao consumo interno e não se destaca na exportação e produção global, sendo necessárias pesquisas e inovação de técnicas para otimizar e viabilizar economicamente a produção de ovinos e tornar a ovinocultura um mercado mais atrativo aos produtores.

Os principais desafios no consumo da carne ovina são a falta de padronização entre carne de animais jovens e maduros, e a irregularidade na sua oferta. Tais gargalos podem ser minimizados com a seleção de reprodutores mais eficientes de forma a se obter progênes que atinjam o ponto ideal de abate precocemente e com rendimento de carcaça satisfatório. Com base nessa estratégia, o consumo de carne de cordeiros (animais jovens) pode colocar a ovinocultura em uma posição de destaque no agronegócio com a maior aceitação do produto, e consequentemente aumentar a produção de carne por meio de rebanhos avaliados.

Nesse sentido, fatores como idade avançada (≥ 8 meses) e excesso de gordura na carcaça são indicadores de uma carne com déficit de qualidade. Desta forma, Osório et al. (2009) reforçam que a carne de animais mais jovens (cordeiros) é caracterizada por ser mais macia, rosada, textura lisa, consistência firme e uma quantidade de gordura adequada, sendo a categoria que oferece carne de maior aceitabilidade ao mercado consumidor. Em aspectos genéticos, uma alternativa é a seleção de animais para as características de interesse simultaneamente ponderadas em um índice de seleção, que segundo Hazel e Lush (1942) foi considerada a metodologia mais eficaz para seleção de múltiplas características.

Por outro lado, na seleção de animais geneticamente superiores, um desafio para os programas de melhoramento genético é concatenar os valores genéticos de múltiplas características com os valores econômicos das mesmas (Bourdon, 1998). O uso do índice de seleção, além de permitir a seleção para várias características simultaneamente, considera a relação entre estas, bem como, a relevância econômica das mesmas, configurando-se como ferramenta importante ao aumento da lucratividade de acordo com os objetivos do sistema de criação desejado. Portanto, o índice de seleção bioeconômico combina o valor genético estimado e o valor econômico das características economicamente relevantes em um único valor que representa o genótipo agregado total (H) de cada candidato à seleção (Hazel, 1943).

Índices de seleção com foco no progresso genético e retorno econômico dos rebanhos são necessários para incentivar produtores à criação eficiente de ovinos e padronizar a carne de cordeiro ofertada, aumentando a aceitabilidade e demanda pelo produto.

1.1. Objetivos

Calcular valores econômicos de características relacionadas à produção e terminação de ovinos conforme diferentes sistemas encontrados no Brasil.

Desenvolver índices de seleção bioeconômicos para terminação de ovinos considerando diferentes cenários a partir de parâmetros genéticos encontrados na literatura.

Predizer o ganho genético e econômico ao selecionar indivíduos por meio dos índices desenvolvidos.

Referências

- Bourdon, R.M., 1998. Shortcomings of current genetic evaluation systems. *Journal of Animal Science*, 76, 2308-2323. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/76/9/2308/4625326>.
- Hazel, L.N., 1943. The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, 28, 476-490. <https://www.genetics.org/content/28/6/476>.
- Hazel, L.N., Lush, J.L., 1942. The efficiency of three methods of selection. *Journal of Heredity*, 33(11), 393-399. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a105102>.
- Osório, J.C.S.; Osório, M.T.M.; Sañudo, C., 2009. Características sensoriais da carne ovina. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 292-300. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300029>.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Caracterização da ovinocultura no Brasil

Os ovinos (*Ovis aries*) foram uma das primeiras espécies domesticadas pelo ser humano. Sua criação possibilita a produção de carne, leite e lã, suprimindo as necessidades do ser humano por alimento e proteção. A espécie foi disseminada por todos os continentes, o que tornou os animais adaptados a diferentes climas e vegetações (Viana, 2008). Tradicionalmente, é considerada uma fonte de renda na agricultura familiar e de subsistência (Viana et al., 2015).

Em meados da década de 90, deu-se início da comercialização de tecidos sintéticos no mercado, ocasionando uma forte retração na demanda mundial de lã. Com isso, o rebanho efetivo brasileiro de ovinos reduziu cerca de 20%. A crise abriu espaço para os produtores redirecionar o objetivo de produção, acasalando raças produtoras de lã com raças especializadas para carne (Viana, 2008). Desde 2012, a produção de carne tornou-se o principal objetivo de produção da ovinocultura para produtores de pequeno, médio ou grande porte, podendo se adaptar a diferentes sistemas de produção, com alta ou baixa tecnificação (Viana et al., 2015).

Em 2019, o efetivo brasileiro de ovino somou 19.715.587 milhões de cabeças, com um crescimento de 4,05% em relação ao ano de 2018. A região Nordeste do país concentra o maior efetivo de rebanho com 69%, seguido das regiões Sul (20%), Centro-Oeste (5%), Sudeste (3%) e Norte (3%) (IBGE, 2021).

O consumo brasileiro da carne ovina de 0,500 kg/*per capita*/ano, é considerado baixo se comparado a outros produtos de origem animal do Brasil, como a carne bovina, suína e de frango, que somam 25 kg, 13 kg e 42 kg *per capita*/ano, respectivamente (FAO, 2019). Apesar desse consumo interno baixo, o Brasil detém uma população de aproximadamente 211,8 milhões de habitantes (IBGE, 2021), o que faz com que o país importe, principalmente do Uruguai, cerca de 5,5 mil toneladas de carne ovina/ano para atender a demanda nacional (Agrostat, 2017).

O déficit na produção de carne ovina pode ser associado à criação dos animais serem praticadas em sua maioria por sistemas extensivos, com uso de pastagens nativas e escassez do uso de tecnologias e insumos. Entre os anos de 2017 e 2018 foi registrado um crescimento nos estabelecimentos agropecuários em torno de 20%, por outro lado, o rebanho efetivo nesse mesmo período permaneceu estável (IBGE, 2018). Os dados apontam a característica de subsistência ainda presente na criação de ovinos, principalmente no Nordeste, região que concentra a maior parcela do efetivo nacional (Aguiar, 2019).

Aliado a isso, o abate é realizado de maneira informal, com animais de idade avançada e ausência de padronização, o que dificulta o hábito da população em consumir carne ovina.

Pesquisa realizada apontou que 12% da população brasileira, ou seja, 25 milhões de pessoas nunca experimentaram a carne procedente de ovinos. Um total de 128 milhões de pessoas (62%), experimentou a carne uma vez na vida e, uma fração entre este, consome ocasionalmente. Entretanto, apenas 52 milhões de brasileiros, ou seja, 25% da população, consomem frequentemente essa proteína, sendo que apenas 520.000 dessas pessoas desfrutam da carne ovina cotidianamente (Rosa, 2018).

Nesse sentido, sugere-se que aumentando o estímulo do consumo interno é possível que ocorra um crescimento considerável na demanda pela carne ovina. Além disso, as projeções futuras apontam que com surtos de doenças nos setores de aves e suínos, a demanda chinesa pela carne ovina irá representar 40% de todo o consumo adicional até 2028 (FAO, 2019). Diante o exposto, é extremamente necessário que a ovinocultura brasileira aumente a sua produção de carne, com qualidade satisfatória para atender a demanda do mercado interno e futuramente poder exportar parte de sua produção.

Uma estratégia importante é compreender a percepção dos consumidores que provaram a carne e não fizeram da experiência um hábito. Deliza et al. (2019), sugerem que os principais fatores relacionados ao consumo rotineiro foram a falta de adequação dos cortes apropriados da carcaça e a baixa disponibilidade do produto no mercado.

Nesse sentido, foi divulgado no início de 2020 um mapeamento dos frigoríficos e abatedouros adequados para pequenos ruminantes, que somam 149 abatedouros inspecionados em todas as regiões geográficas brasileiras. No entanto, menos de 1% do efetivo de rebanho ovino nacional são abatidos nesses locais, o que demonstra que a maior parte dos frigoríficos operam com altos níveis de ociosidade, além de confirmar a magnitude dos abates informais (EMBRAPA/CIM, 2020).

Sabe-se que o êxito de qualquer sistema é a capacidade em produzir e atender, de forma rentável, as exigências dos consumidores. Fatores como a irregularidade e a sazonalidade na oferta podem ser justificadas pela criação ineficiente devida a baixa exploração dos recursos genéticos e manejos inadequados disponíveis nas propriedades dos diversos estados brasileiros. Para esse propósito, o melhoramento genético é uma ferramenta capaz de aliar estratégias de forma a atender às exigências dos produtores e consumidores. Por exemplo, aumentar a eficiência reprodutiva e produtiva, padronizar o produto destinado ao abate e manter a regularidade da oferta. Adicionalmente, combater o abate informal e diversificar os produtos inspecionados disponibilizados no varejo para atender todas as classes sociais e promover maior credibilidade do produto. Com isso, tornar a ovinocultura uma atividade economicamente viável e atrativa para os produtores.

2.2. Sistemas de produção da ovinocultura no Brasil

Para a atividade econômica cujo objetivo é a terminação dos animais, três diferentes sistemas podem ser considerados na criação dos ovinos: sistema extensivo, semi-intensivo e intensivo. O que diferencia um sistema do outro é a forma de exploração dos recursos disponíveis e o grau de utilização de tecnologia (CODEVASF, 2011).

No sistema extensivo, os animais são criados soltos no pasto sem necessidade de altos investimentos nas instalações. Porém, além de ocupar grandes extensões de terra, aumenta-se o risco de predação e de infecções parasitárias. O rendimento da atividade depende totalmente da fertilidade da terra e das condições climáticas; contudo, neste sistema a produtividade é menor, demandando maior tempo para a terminação dos animais. Em alguns casos é fornecido um suplemento proteico para os animais, especialmente na época seca do ano, consequentemente, a produtividade é mais baixa e o tempo para o abate dos animais é maior comparado a sistemas que utilizam uma maior tecnificação (CODEVASF, 2011; SENAR, 2019).

O sistema semi-intensivo é intermediário. A base alimentar também é de pastagens, porém é realizada a suplementação mineral proteica/energética. Os animais permanecem soltos no pasto durante o dia e presos em abrigos durante a noite, quando recebem a suplementação. Dessa forma é possível melhorar os índices produtivos, diminuir o risco de predação e a contaminação por vermes parasitários (CODEVASF, 2011; SENAR, 2019).

Para o sistema intensivo, os animais permanecem confinados em abrigos durante todo o tempo, recebendo alimentação volumosa e concentrada no cocho. Apesar do alto custo com alimentação, estrutura e mão de obra, nesse sistema é possível obter maior produtividade por animal, melhor controle sanitário, o que demanda menos espaço e menor tempo de criação até o abate (CODEVASF, 2011; SENAR, 2019).

O sistema de produção a ser escolhido irá depender da região, tamanho da propriedade e estrutura disponíveis. Além disso, deve-se levar em consideração o tipo de solo, e preços praticados em insumos alimentares (SENAR, 2019).

2.3. Melhoramento genético na ovinocultura

O melhoramento genético é uma ferramenta fundamental para o progresso de uma exploração pecuária, visto que o desempenho biológico dos animais é dependente de uma interação entre efeitos do genótipo e ambiente. Dessa forma, o objetivo principal do

melhoramento é aumentar a frequência dos alelos ou genótipos de efeitos desejáveis, por meio da variabilidade genética existente em uma população (Smith, 1983).

Uma das estratégias utilizadas é o processo seletivo dos animais e direcionamento do acasalamento entre eles. A seleção pode ser baseada nos dados de desempenho da família e/ou desempenho do próprio animal, denominado valor fenotípico. Para tal objetivo é necessário uma escrituração zootécnica rigorosa e bem estabelecida, contendo dados de genealogia, ocorrências e medidas de desempenho. No entanto, a criação de ovinos no Brasil é carente de informações, fato que dificulta a execução de programas de melhoramento genético. (Lôbo & Lôbo, 2007).

No país, poucos programas de melhoramento genético para ovinos foram iniciados, porém não tiveram continuidade devido à falta de recursos, informações e incentivo aos criadores. Está ativo o GENECOC (Programa de Melhoramento Genético de Caprinos e Ovinos de Corte), iniciado em 2002. O programa criou o sistema de gerenciamento de rebanho (SGR), um software web que permite o armazenamento e organização das informações dos rebanhos, ou seja, um banco de dados robusto com a finalidade de avaliar os rebanhos geneticamente (Lôbo, 2019).

Nos programas de melhoramento é fundamental estimar os componentes de variância e os parâmetros genéticos como, coeficientes de herdabilidade (h^2) e correlação genética (r), associados às características de interesse.

A quantidade de variação é medida e expressa como variância. A variância genética é o componente determinante da resposta à seleção de uma população. O componente genético é estimado em termos de frequência gênica e pode ser devido ao efeito aditivo, de dominância, e epistasia. A variância fenotípica ou a variância total é explicada pela variação medida nos desempenhos dos indivíduos, ou seja, a variação ocorrida entre os indivíduos é resultante da soma de efeitos genéticos e efeitos ambientais (Falconer e Mackay, 1996).

O coeficiente de herdabilidade é uma razão da variação genética em relação a variação fenotípica e expressa a confiabilidade do valor fenotípico como preditor do valor genético, por isso a magnitude desse valor é muito observada para tomada de decisões na prática de seleção, sendo que valores mais baixos sugerem uma resposta à seleção ao longo prazo. Quanto mais semelhantes forem as condições ambientais dos animais avaliados, mais semelhante será a estimação de h^2 entre as populações, ou seja, os valores estimados para a herdabilidade não é particular somente de uma característica, mas também da população e das circunstâncias (Falconer e Mackay, 1996).

A correlação genética mede a magnitude do relacionamento entre os valores genéticos de duas características, indicando um controle genético comum entre elas que pode ser em

direção oposta (negativa) ou na mesma direção (positiva). Assim, é um parâmetro fundamental para a escolha das características que serão utilizadas no processo de seleção. Características de alta herdabilidade ($\geq 0,40$) que sejam geneticamente correlacionadas em alta magnitude ($\geq 0,40$) com características de interesse com herdabilidade baixa ($\leq 0,20$), podem ser utilizadas como características indicadoras da característica de interesse. Ou seja, são características utilizadas como critérios de seleção para alcançar um determinado objetivo de seleção.

As características avaliadas no rebanho brasileiro de ovinos de corte para programas de melhoramento são divididas em três categorias: reprodutivas, produtivas e qualidade do produto.

As características reprodutivas tradicionalmente avaliadas são: taxa de parição, prolificidade, eficiência reprodutiva e circunferência escrotal. As variáveis reprodutivas são características de difícil mensuração, associadas à herdabilidade baixas, e consequentemente, os ganhos genéticos são obtidos a longo prazo (Rosati et al., 2002). Os valores baixos de herdabilidade podem ser devido à alta influência ambiental sob essas características. Entretanto, apresentam variabilidade genética adequada para o processo de seleção e devem ser consideradas nos programas de melhoramento da ovinocultura de corte (Amorim et al., 2018).

A taxa de parição (%) é um índice definido pelo número de ovelhas paridas em relação ao número de ovelhas expostas à reprodução. Indica a capacidade do rebanho em produzir cordeiros (Souza et al., 2018). Segundo Medrado et al. (2021), em um estudo de metanálise para ovinos, a característica de taxa de parição apresenta um coeficiente de h^2 de baixa magnitude (0.04) (Medrado et al., 2021).

O índice de prolificidade é calculado pela divisão do número de cordeiros nascidos pelo número de ovelhas paridas. Este resultado demonstra a frequência de partos múltiplos da propriedade (Souza et al., 2018). Para essa característica foram reportadas estimativas de h^2 entre 0.07 e 0.10 (Medrado et al., 2021; Amorim et al., 2018).

A eficiência reprodutiva (ER %) é calculada pelo número de cordeiros desmamados em relação ao número de ovelhas expostas, ou seja, é a capacidade da mãe em criar o seu filho (Souza et al., 2018). É uma característica que representa a habilidade materna da fêmea, também conhecida como taxa de sobrevivência ou taxa de desmame. Outra maneira de compreender a habilidade materna é estimar o ganho de peso total do nascimento ao desmame (Lira, 2020). Alguns trabalhos calculam a eficiência materna (EM) considerando o peso do cordeiro ao desmame em relação ao peso da ovelha adulta, ou seja, a eficiência da fêmea em converter seu peso em alimento para o cordeiro. Para esse índice, os coeficientes de h^2 variaram entre 0.04 e 0.07 (Berton et al., 2019; Medrado et al., 2021). Estimativa de correlação genética entre EM e o

peso adulto da fêmea foi de -0.77, indicando que a seleção para aumentar o peso adulto reduziria a eficiência materna da fêmea (Berton et al., 2019).

A circunferência escrotal (CE) é medida com uma fita métrica na região de maior diâmetro do saco escrotal. É uma variável que aponta a precocidade dos animais, sendo utilizada para melhorar a capacidade de reprodução em ovelhas (Kiya et al., 2019). Além disso, estudos sugerem que reprodutores com maiores medidas de CE têm apresentado melhor qualidade de sêmen e melhores taxas de crescimento. Adicionalmente, as fêmeas geradas por esses reprodutores apresentaram um aumento nas taxas de ovulação e maior prolificidade (Kiya et al., 2019). Dentre as características reprodutivas, CE apresenta maiores estimativa de h^2 , com valores entre 0.30 e 0.34, indicando que essa característica pode ser um importante critério de seleção para melhorar o desempenho reprodutivo em ovinos (Kiya et al., 2019; Medrado et al., 2021). Os animais mais pesados aos 90 dias apresentaram maiores valores de circunferência escrotal. Nesse sentido, a característica de peso aos 90 dias e ganho de peso dos 60 aos 90 dias obtiveram altas correlações (0.45 e 0.72, respectivamente) com perímetro escrotal (Kiya et al., 2019).

As características produtivas principais são: peso ao nascer, peso ao desmame, peso ao abate, ganho médio diário de peso pós desmame, conversão alimentar, rendimento de carcaça e resistência a nematódeos. As características relacionadas ao crescimento do animal apresentaram um coeficiente de herdabilidade variando de magnitude baixa a moderada (0.15 a 0.19) e as correlações entre elas indicam que a seleção pode ser feita com o peso ao desmame (PD) ou o peso aos 180 dias de idade (P180), por estas apresentarem maiores correlações genéticas com todas as outras (Medrado et al., 2021).

O peso ao nascer (PN) e o PD são fatores que indicam tanto a eficiência do próprio animal quanto a habilidade materna e eficiência produtiva da mãe. Assim, a seleção direta para essas características permite uma seleção indireta para habilidade materna (Aguirre et al., 2016). Souza et al. (2018) avaliando desempenho produtivo de um sistema de produção intensivo para ovinos de corte, registraram que cordeiros nascidos com até 2 kg tiveram as menores taxas de sobrevivência. Possivelmente, pela dificuldade na relação materno-filial, levando mais tempo para o cordeiro levantar e ingerir o colostro, portanto apresentando baixa reserva energética corporal. Em rebanhos que apresentam esse tipo de ocorrência é necessário selecionar os animais para a característica de peso ao nascer. Coeficientes de h^2 para o PN e o PD variam entre 0.16 a 0.22 e 0.15 a 0.20, respectivamente (Medrado et al., 2021; Aguirre et al., 2016).

A característica de peso ao abate pode ser mensurada aos 150 dias, 180 dias ou 270 dias (P270), de acordo com a idade de abate do sistema de produção. Após o desmame, o efeito materno diminui, e com isso, as estimativas de herdabilidade para o peso vivo aumenta conforme

a idade do animal (Mortimer et al., 2017). Com base nisto, selecionar animais para as características de peso pós idade de desmame, pode aumentar a resposta à seleção. Além disso, Queiroz et al. (2016) sugere que o peso ao abate é um bom indicador para o peso de carcaça, portanto, uma característica associada à lucratividade do sistema de produção. O coeficiente de herdabilidade para a característica de P180 apresenta valores entre 0.19 a 0.50 e para o P270 os valores de h^2 são entre 0.37 a 0.49 (Medrado et al., 2021; Aguirre et al., 2016; Mohammadi et al., 2015).

O ganho médio de peso diário pós desmame (GMD) relata a capacidade de crescimento do animal. O coeficiente de herdabilidade para o GMD apresenta valores entre 0.12 e 0.43 (Medrado et al., 2021; Aguirre et al., 2016), essas diferenças podem ser devido a efeitos ambientais, raças, e modelo utilizado para a análise genética. Correlações de magnitude alta são relatadas (0.50 a 0.97) entre as características de peso e ganho de peso médio diário, indicando assim, que essas variáveis são controladas por um conjunto de genes semelhantes (Kiya et al., 2019).

Na tentativa de reduzir custos e aumentar a escala de produção é importante selecionar animais eficientes, ou seja, animais que expressem seu potencial de crescimento consumindo menos. Para isso, os animais são testados para a ingestão de alimentos em baias individuais, e a eficiência alimentar (EA) ou conversão alimentar (CA) são calculados. Por serem estudos onerosos, encontram-se poucos resultados publicados para essas características. Encontrou-se h^2 igual a 0.30 e correlações desejáveis com GMD e peso aos 150 dias em magnitude alta de -0.77, sugerindo que essas características podem ser utilizadas como critérios de seleção para a CA (Tortereau et al., 2020). Em outro estudo, foi relatado h^2 igual a 0.10 e variância genética igual a 0.00006 para a EA, o que indica um ganho genético a longo prazo. Por outro lado, a correlação genética foi fortemente (0.99) associada com o GMD, indicando que essa característica pode ser utilizada como critério de seleção para a EA em um processo de seleção (Snowder & Van Vleck, 2003).

O rendimento de carcaça (RC) é um dos principais índices usados como parâmetro econômico de remuneração da carcaça, visto que representa a parte comercializável da carne. O cálculo utilizado pelos frigoríficos é o peso da carcaça quente em relação ao peso do animal no momento do abate (Queiroz et al., 2016). No entanto é uma característica que depende do abate do animal. O RC apresenta valores moderados (0.25) para h^2 , e correlação genética com área de olho de lombo (AOL) de 0.49, sugerindo que ganhos genéticos substanciais podem ser alcançados por meio da seleção direta ou indireta (Brito et al., 2017).

As características associadas à resistência aos nematódeos avaliados são: ovos por grama de fezes (OPG), avaliação visual pelo método FAMACHA© (FMC) e valor do hematócrito. Em uma pesquisa realizada com produtores rurais, a característica resistência à verminose aparece entre as principais para serem melhoradas, devido à alta mortalidade dos ovinos em decorrência de infecções parasitárias (Aguilar, 2019). O objetivo do método FMC é identificar os animais doentes para uma aplicação seletiva de anti-helmínticos. Van Wyk et al. (1997) associaram valores de hematócrito com diferentes colorações da conjuntiva ocular, criaram um cartão colorido com 5 diferentes graus de anemia. É um método de execução simples que não gera custos adicionais. Entre as características citadas de resistência à parasitose, FMC é o que apresenta maiores estimativas de h^2 (Medrado et al., 2021), sugerindo que a seleção para a FMC possibilita maior resposta à seleção (Berton et al., 2019). Os autores reforçam a importância de considerar a característica como critério de seleção, devido ao ganho genético relatado em outras pesquisas. Além disso, FMC apresenta correlação negativa com o peso do animal, indicando que animais mais resistentes ganham maior peso. Da mesma forma, Oliveira et al. (2018) reportaram a importância em utilizar essa característica em um índice de seleção. Foram encontrados valores de h^2 para FMC que variaram de 0.21 a 0.31 (Medrado et al., 2021; Berton et al., 2019; Oliveira et al., 2018).

As principais características de qualidade da carne são as relacionadas a composição do ganho: área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), gordura intramuscular (IM), musculabilidade da perna (MP), escore de condição corporal (ECC), pH da carne, cor da carne e força de cisalhamento. Os valores de h^2 para essas características são no geral de moderada magnitude, o que indica ganho genético em médio prazo. Além disso, em relação às características de reprodução e produção, as características de qualidade da carne apresentam os maiores valores de herdabilidade (0.4 a 0.10, 0.12 a 0.24 e 0.21 a 0.33, respectivamente) (Medrado et al., 2021).

Ambas as características, AOL e EGS, são medidas entre a 12ª e 13ª costela do músculo *Longissimus dorsi*, e indicam a musculabilidade e cobertura de gordura da carcaça (Sugisawa et al., 2008). O melhoramento genético para essas variáveis são de extrema relevância para criação de ovinos de corte (Medrado et al., 2021). Uma carcaça de boa qualidade precisa ter em sua composição uma maior quantidade de músculo em relação a proporção músculo:osso:gordura. No entanto, é necessário uma certa EGS na carcaça como forma de protegê-la para a perda de água durante o resfriamento e a queda brusca de temperatura, atuando contra o escurecimento do músculo e encurtamento das fibras musculares que prejudica a maciez (Fernandes et al., 2008). Recomenda-se abate de cordeiros Santa Inês entre 2,5 mm e 3,0 mm de EGS, suficiente como

proteção para a carcaça, além de permitir melhor desempenho produtivo e de lucratividade (Queiroz et al., 2016).

Têm sido reportadas estimativas de correlações genéticas positivas entre AOL x EGS (0.34); EGS x P180 (0.40), consideradas indesejadas devido ao excesso de gordura na carcaça que poderia resultar no processo de seleção (Brito et al., 2017). Por outro lado, observou-se que a correlação entre AOL x P180 (0.49 a 0.61) foi maior que as anteriores, o que indica o ganho mais significativo de carne magra em relação ao ganho de gordura em uma seleção para peso do animal, que é o desejável para a indústria de carne (Mortimer et al., 2018). Nesse sentido, os animais atingem a maior maturidade muscular e, posteriormente, depositam gordura subcutânea.

Avaliações ultrassonográficas das carcaças são eficazes para as medidas de EGS e AOL, tanto para determinar o ponto de abate no sistema de produção, quanto na utilização dessas medidas para selecionar animais jovens. Correlações genéticas entre as medidas in vivo e pós-abate são moderadas a altas (0.68 e 0.80, respectivamente) (Medrado et al., 2021), além do ultrassom ser considerada uma tecnologia de baixo custo e de fácil aplicação no campo. Coeficiente de herdabilidade para AOL apresentam valores que variam entre 0.19 e 0.31, e para EGS valores entre 0.11 e 0.29, sendo os maiores valores, aqui apresentados, estimados em populações de ovinos da raça Merino e os menores em populações da raça Santa Inês (Figueiredo Filho et al., 2016; Mortimer et al., 2018; Medrado et al., 2021).

É possível obter alguns parâmetros visuais para predizer a composição da carcaça, como a musculosidade da perna (MP) e o escore de condições corporais (ECC), referentes a características categóricas. O ECC é realizado pela palpação da região dorso-lombar da coluna vertebral, sendo atribuída notas de 1 a 5 conforme a deposição de gordura na região lombar, considerando nota 1 para os animais com menor deposição e 5 atribuído para animais com maior deposição de gordura. Da mesma forma, notas de 1 a 5 são consideradas para MP, sendo 5 para indicar maior musculosidade. São avaliações que podem ser visualizadas e mensuradas em qualquer idade do animal nas propriedades, conforme objetivo do criador. Para MP, Aguirre et al. (2016) estimaram h^2 igual a 0.35. Para ECC, encontrou-se valores estimados de h^2 igual a 0.31 (Oliveira et al., 2018).

A nutrição, sanidade, manejo e gestão devem caminhar alinhados para o máximo aproveitamento do melhoramento genético e, conseqüentemente, obter a máxima eficiência de produção do rebanho. Contudo, para as propostas de avaliações genéticas serem consideradas e as escriturações zootécnicas serem realizadas, com dedicação pelos produtores, faz-se necessário evidenciar o fator rentabilidade relacionado às características disponíveis para o melhoramento genético de cada sistema de produção (Benitez et al., 2008).

Assim como em qualquer negócio, o setor agropecuário visa a lucratividade. Entende-se por lucro todo o retorno envolvido, seja ele financeiro ou ambiental. Nesse sentido, o melhor animal é o que proporciona o maior lucro. Para isso, uma alternativa para os programas de melhoramento genético é aliar a avaliação genética das características dos animais com a avaliação econômica do sistema de criação, e então combinar esses dois componentes predizendo uma resposta de seleção com ganhos genéticos e econômicos. Essa combinação é chamada de índice de seleção.

2.4. Índice de seleção

Na prática, várias características simultaneamente influenciam a eficiência produtiva de um animal e do rebanho, porém com força de atuação diferentes. Proposto por Hazel (1943), o método do índice de seleção atribui um peso apropriado para cada característica de interesse. Esse peso é composto pelo valor econômico e parâmetro genético de cada característica. Contudo, a predição da resposta de seleção será dada em lucro esperado com o ganho do mérito genético nas características selecionadas.

Para a construção de um índice, o primeiro passo é definir as características do objetivo de seleção. Essas características são aquelas que possibilitam o aumento da receita a partir da venda de um produto, ou que interferem na redução dos custos relacionados à produção (Formigoni et al., 2005). Nesse sentido, deve-se compreender o sistema de produção e a aptidão dos animais trabalhados, e assim, identificar as fontes de receitas e despesas. Exemplificando, em um sistema de criação com o objetivo de terminação dos animais, as despesas e receitas envolvidas são os custos com alimentação, medicamentos e valor da carcaça vendida. As características que interferem nos custos são o consumo e a resistência de doenças; características que interferem na receita são a sobrevivência dos cordeiros, o peso do abate e a qualidade da carcaça. A escolha de um objetivo desajustado ao sistema de produção e composição do rebanho pode prejudicar a eficácia do melhoramento genético (Ponzoni, 1986).

Para compreender quais as características são economicamente mais relevantes dentre as listadas do objetivo, deve-se calcular os valores econômicos das características. Os valores econômicos são definidos como a variação no lucro de um sistema decorrente do aumento em uma unidade de mérito genético da característica, sendo que as demais permanecem constantes (Hazel, 1943). A derivação do valor econômico pode ser realizada pelo método subjetivo ou objetivo (Krupová et al., 2008).

No método subjetivo o valor econômico é dado pelo criador conforme seu entendimento do sistema de produção, sendo assim, pode ser enganoso e não se qualifica como um índice de seleção econômico verdadeiro (Bourdon, 1998). Para o método objetivo, a derivação do valor econômico decorre de uma ou mais equações representativas de fatores biológicos e econômicos do sistema de produção. A modelagem do sistema se dá por uma abordagem positiva, com avaliação de dados reais, ou normativa, com dados simulados (Krupová et al., 2008).

A modelagem positiva inclui análise de regressão para estabelecer a relação entre o lucro e os valores genéticos das características de interesse. Devido à alta demanda de informações reais não é uma abordagem muito utilizada. Além disso, o cálculo dos valores econômicos é realizado com preços do passado e as decisões referentes ao melhoramento devem ser orientadas para o futuro (Krupová et al., 2008). A modelagem normativa, com dados simulados, faz uso de equação de lucro ou modelo bioeconômico.

A equação de lucro é uma função linear projetada para representar a relação entre o desempenho produtivo e o lucro do sistema, isto é, o valor econômico é uma derivada parcial da função lucro para cada característica do objetivo. Como ponto positivo pondera-se a simplicidade na execução, em contrapartida, a derivada parcial considera uma característica independente da outra. Por exemplo, o aumento no peso aos 60 dias do cordeiro não irá refletir no aumento do peso aos 150 dias, o que pode ser interpretado como deficiência e inflexibilidade para descrever os desempenhos biológicos dos sistemas de produção (Bourdon, 1998).

A metodologia do modelo bioeconômico é utilizada para cálculo de valores econômicos, bem como para as demais tomadas de decisões econômico-administrativas das propriedades de criação de animais (Formigoni et al., 2005). O modelo bioeconômico consiste em um conjunto de equações de lucro que descrevem o relacionamento entre os dados biológicos, as práticas de manejo, as receitas e os custos conforme o cenário do sistema de produção aplicado (Krupová et al., 2008). Efetivamente abrange mais informações, podendo assim, rastrear com mais precisão o impacto econômico devido a mudança no mérito genético de uma determinada característica. Contudo, o montante de informações necessárias pode ser de difícil obtenção (Bourdon, 1998).

Acerca dos métodos de derivação dos valores econômicos, não existe uma metodologia superior (Krupová et al., 2008). O desempenho e escolha do método a ser utilizado dependerá das características de interesse, circunstâncias consideradas, informações disponíveis e viabilidade na aplicação.

Equação para calcular o valor econômico de cada característica:

$$VE = \frac{\Delta L}{\Delta G}$$

Em que: ΔL = variação no lucro após a mudança na característica i ; ΔG = variação no desempenho da característica i .

A escolha das características a serem incluídas no objetivo de seleção deve ser baseada em suas respectivas contribuições relativas, sendo assim, além de contribuir diretamente com o lucro, devem ter variação genética suficiente para que o ganho no mérito genético altere a lucratividade do sistema (Goddard, 1998). Portanto a ponderação de cada característica é calculada por:

$$VER = v_i \sigma a_i$$

Em que: VER = valor econômico relativo da característica i ; v_i = valor econômico da característica i ; σa_i = desvio-padrão genético aditivo da característica i . Além disso, dessa forma é possível comparar os valores econômicos das características avaliadas mesmo que estejam em unidades de medida diferentes.

Segundo Pearson (1981), para uma abordagem prática pode-se incluir apenas características que respondem por uma proporção significativa de acordo com o sistema de produção, o autor cita um exemplo de 10% de ER.

$$ER = \frac{VER_i}{\sum VER} \times 100$$

Porém, as características economicamente relevantes (ERT), definidas como objetivos de seleção, podem ser difíceis de serem mensuradas e nem sempre são avaliadas nos programas de melhoramento genético, o que torna necessário definir quais as características avaliadas serão utilizadas como indicadores do objetivo. Essas características são denominadas como critérios de seleção e devem apresentar correlação favorável com as características do objetivo, e variabilidade genética (Hazel, 1943). Quando as informações das ERT estão disponíveis não se faz necessário utilizar características indicadoras, e os critérios de seleção para a construção do índice corresponderão às mesmas características definidas para o objetivo de seleção (Oschner et al., 2017).

Por exemplo, a medida da área de olho de lombo em cm^2 representa a proporção de músculo da carcaça do animal, considerada a porção comercializável. No entanto, na ovinocultura de corte brasileira os frigoríficos não pagam pelo padrão de qualidade da carcaça, e sim pelo rendimento atribuído. A característica do rendimento de carcaça está associada diretamente com a receita do sistema, é uma ERT, considerada no objetivo de seleção. Em contrapartida, os animais destinados a reprodução não são abatidos para avaliação genética de rendimento de carcaça, enquanto que a área de olho de lombo é um indicador de rendimento e

pode ser medida com aparelho ultrassonográfico no animal vivo em diferentes idades e diferentes ambientes de criação, o que torna a predição de valores genéticos mais precisa e acurada. Ou seja, a AOL é uma característica indicadora para rendimento de carcaça.

Outro ponto para definição dos critérios de seleção é que quando duas ERT apresentam correlações favoráveis e de magnitude alta entre elas, a ênfase na seleção pode ser dada em apenas uma, aquela que apresentar maior variabilidade genética. Assim, será reduzido o número de características utilizadas na seleção, e ambas irão ter ganho genético.

Portanto, com essas informações bem definidas e calculadas pode-se construir o índice de seleção. Para isso, Hazel (1943) introduziu o conceito de genótipo agregado, ou objetivo de seleção e índice de seleção, ou critério de seleção. Para a obtenção do genótipo agregado (H) utiliza-se valores genéticos de cada característica do objetivo ponderados pelos respectivos valores econômicos relativos. Para o Índice de seleção (I) utiliza-se valores fenotípicos ponderados pelos coeficientes de regressão (b). No entanto, os ponderadores do índice são estimados de maneira a maximizar a correlação entre H e I, visto que I é formado por características indicadoras de H. Para estimar os ponderadores do índice utiliza-se a matriz inversa de (co)variâncias genéticas entre os objetivos e critérios, a matriz de (co)variâncias fenotípicas dos critérios de seleção, e o vetor de valores econômicos de cada característica do objetivo ($b = P^{-1}Gv$).

Porém, tradicionalmente, nos programas de melhoramento genético, considera-se o valor das Diferenças Esperadas na Progenie (DEP) para selecionar os futuros progenitores. As DEPs são preditas com base na propriedade *Best Linear Unbiased Prediction* (BLUP) e para tanto utilizam-se as informações de pedigree (ou seja, do relacionamento entre os animais), desempenho fenotípico e ajustes de efeitos dos ambientes, sendo assim, permite a comparação de animais dentro e fora dos grupos de contemporâneos (Schneeberger et al., 1992).

Com isso, Schneeberger et al. (1992) propuseram a construção do índice de seleção considerando o uso das DEPs, de modo que, as informações necessárias são as DEPs, as (co)variâncias genéticas e os valores econômicos.

$$H = ve_1DEP_1 + ve_2DEP_2 + \dots + ve_nDEP_n = \mathbf{ve}'\mathbf{DEP}$$

$$I = b_1DEP_1 + b_2DEP_2 + \dots + b_mDEP_m = \mathbf{b}'\mathbf{DEP}$$

$$\mathbf{b} = G_{11}^{-1} G_{12} \mathbf{v}$$

Em que: ve = o valor econômico para cada característica; b = ponderadores do índice; G_{11} = matriz de (co)variâncias genéticas entre as características do critério de seleção; G_{12} = matriz de (co)variâncias genéticas entre as características do critério e objetivo de seleção.

Como propriedades do índice de seleção tem-se a correlação máxima entre o agregado genotípico (H) e índice de seleção (I), probabilidade máxima de seleção pelo índice do indivíduo de maior mérito total conforme peso das características, e progresso genético máximo na primeira geração de seleção (Rönnigen e Van Vleck, 1985). Para tanto, estima-se a correlação entre I e H, a qual indica a acurácia de seleção ou a confiabilidade do índice de seleção proposto.

$$r_{HI} = \frac{\sigma_{HI}}{\sigma_I \sigma_H}$$

Sendo:

$$\frac{\sigma_{HI}}{\sigma_I \sigma_H} = \frac{b' G_{12} v}{\sqrt{(b' G_{11} b)(v' C v)}}$$

Em que: σ_{HI} = covariância entre o genótipo agregado e o índice de seleção; σ_I = variância do índice ; σ_H = variância do genótipo agregado, sendo o C = matriz de (co) variâncias genéticas entre as características do objetivo de seleção.

Para predizer a resposta à seleção, dada em valor monetário (por exemplo, R\$), após uma geração selecionada:

$$R_H = i r_{HI} \sigma_H$$

Sendo:

$$R_H = i \frac{b' G_{12} v}{\sqrt{(b' G_{11} b)}}$$

Em que: i = intensidade de seleção praticada.

Para predizer a mudança esperada no valor genético aditivo de cada característica do objetivo (g) após uma geração selecionada, conforme a unidade de cada:

$$R_g = \frac{b' G_{12}}{\sqrt{(b' G_{11} b)}}$$

Para validar a aplicação prática do índice de seleção com segurança nos programas de melhoramento animal, os cálculos de sensibilidade são importantes. Pressupõe-se que os parâmetros e (co)variâncias genéticos e fenotípicos utilizados no desenvolvimento do índice de seleção são conhecidos sem erro. Porém, na prática, a confiabilidade dessas estimativas depende de inúmeras variáveis, como o método de estimação, a estrutura de dados, e o tamanho da amostra

(Oschner et al., 2017). Com isso, um índice insensível às mudanças nas (co)variâncias e parâmetros é mais eficiente que um índice que admita a sensibilidade (Smith, 1983).

A sensibilidade (E) é calculada como a proporção da resposta máxima à seleção que se espera no genótipo agregado se um conjunto de variâncias ou valores econômicos fosse usado (u) para derivar os coeficientes do índice em relação ao conjunto de variâncias e valores econômicos verdadeiros (t), expressa por:

$$E = \frac{R_{Hu}}{R_{Ht}}$$

Em que: R_{Hu} = resposta à seleção com os coeficientes derivados de valores alterados; R_{Ht} = a resposta à seleção calculada no índice com os valores verdadeiros do índice. As correlações verdadeiras utilizadas no índice podem ser alteradas individualmente em $\pm 0,2$ ou $\pm 0,4$ para analisar a sensibilidade do índice (Smith, 1983).

Nesse sentido, grandes mudanças nos pesos econômicos podem ou não resultar em perdas de eficiência dos índices. Quando uma característica do objetivo domina a ênfase relativa, a eficiência do índice será sensível principalmente se houver alguma alteração de preço relacionada a essa característica (Smith, 1983).

Para tanto, podem ser consideradas variações de $\pm 20\%$ em relação aos valores originais, nos preços de ração, manejo, gestão e carne, na situação de base com número constante de ovelhas. As alterações são realizadas uma de cada vez, mantendo todos os outros parâmetros constantes (Kosgey et al., 2003).

2.5. Resultados encontrados para índice de seleção na ovinocultura

Silva et al. (2008) compararam características do objetivo de seleção para ovinocultura de corte em três sistemas de produção diferentes no Distrito Federal – DF – Brasil. O nível de tecnologia diferenciava os sistemas, considerando-se baixo, médio e alto nível. Com a análise econômica encontraram que o sistema extensivo, ou baixa tecnologia, não é rentável, além disso ressaltaram a importância econômica em repor fêmeas com borregas do próprio rebanho. Para o índice de seleção, concluíram que as características de número de cordeiros desmamados e ganho médio diário do nascimento ao abate são economicamente relevantes e possuem potencial para ganho genético, portanto, devem ser consideradas para o melhoramento genético.

Wolfová et al. (2011) avaliaram as diferenças no peso econômico (%) das mesmas características entre as 4 raças de ovinos de dupla aptidão mais difundidas na República Tcheca (Merinoland, Romney, Romanov e Sumavska). São raças criadas em sistemas extensivos,

acasaladas naturalmente e que tem como receita principal a venda dos cordeiros desmamados para abate. Os valores econômicos foram calculados com base em um modelo bioeconômico. Como características de produção foram avaliadas: peso ao nascer, taxa de crescimento até o desmame, taxa de crescimento da recria, acabamento de gordura da carcaça, peso adulto e peso da lã. Como características reprodutivas foram avaliadas: taxa de concepção, taxa de sobrevivência dos cordeiros do nascimento ao desmame, tamanho da ninhada, vida produtiva das ovelhas.

A sobrevivência dos cordeiros até o desmame, o ganho diário até o desmame e tamanho da ninhada foram as características de maior peso econômico para todas as raças, todavia, a classificação de importância foi diferente. O peso da lã foi a menos relevante para todas as raças. As diferenças encontradas na classificação provavelmente foram devido ao desempenho das raças. Os autores pontuaram que as raças que apresentam maior prolificidade terão menos peso econômico para essa característica, assim como, as raças que apresentam melhor taxa de sobrevivência dos cordeiros terão peso econômico menor para essa característica, pelo fato de que as características com pior desempenho terão maior impacto na lucratividade conforme o ganho genético. Os autores concluíram que para raças de dupla aptidão (carne e lã), deve-se dar maior ênfase às características reprodutivas, especialmente taxa de concepção e taxa de sobrevivência. (Wolfová et al., 2011).

Byrne et al. (2012) avaliaram características reprodutivas, produtivas, de saúde e carcaça com o objetivo de ampliar o conjunto de características avaliadas na Nova Zelândia, com a possibilidade de serem incluídas nos índices de seleção de terminação e dupla aptidão (lã e carne). Para o índice de terminação, as características de espessura de gordura subcutânea, peso de carcaça, sobrevivência dos cordeiros, peso ao desmame e contagem de ovos por grama de fezes apresentaram os maiores valores econômicos relativos, sendo que espessura de gordura obteve valor negativo devido a penalização no sistema de pagamento dos frigoríficos do país. Para o sistema de dupla aptidão, as características peso de carcaça, taxa de parição, sobrevivência dos cordeiros, peso adulto da ovelha, peso ao desmame e prolificidade das fêmeas, apresentaram com os maiores valores econômicos relativos.

Mohammad et al. (2015) com base em um modelo bioeconômico, determinaram pesos econômicos derivados de sistemas de criação extensivos (verão) e semi-intensivos (inverno) para identificar a importância relativa de características na raça de ovinos Makui no Irã. Os resultados encontrados apontaram que as características de produção de lã, vida produtiva das ovelhas e sobrevivência dos cordeiros foram as mais relevantes para serem consideradas em um objetivo de seleção para aumentar a lucratividade, seguidas das taxas de concepção, peso ao nascer, produção

de leite, ganho médio diário do nascimento até o desmame, tamanho da ninhada e ganho diário do desmame até o abate.

Massender et al. (2021) avaliaram a eficiência de características utilizadas como indicadoras de peso de carcaça, musculabilidade e gordura, nos índices terminais da ovinocultura de corte no Canadá. Os autores sugerem que as características de crescimento foram importantes para ganho no mérito genético de peso de carcaça, porém incluir as características de ultrassom (EGS) são necessárias para ganho genético na gordura desejada e conformação ideal.

Em programas de melhoramento genético de países como Austrália, Nova Zelândia e França (*Sheep genetics; Sheep Improvement Limited; France Genétique Elevage*) são aplicados índices econômicos para diferentes objetivos de seleção conforme necessidade da propriedade, seja para reprodução, crescimento, resistência à doenças e terminação.

Referências

- Aguiar, A.L., 2019. Objetivos e critérios de seleção de um programa participativo de base comunitária de melhoramento genético de caprinos e ovinos. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 45 f. <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/54414>.
- Aguirre, E.L., Mattos, E.C., Eler, J.P., Barreto Neto, A.D., Ferraz, J.B., 2016. Estimation of genetic parameters and genetic changes for growth characteristics of Santa Ines sheep. *Genetics and Molecular Research*, 15, 1-12. <http://dx.doi.org/10.4238/gmr.15038910>.
- Amorim, S.T., Kluska, S., Berton, M.P., de Lemos, M.V.A., Peripolli, E., Stafuzza, N.B., Martin, J.F., Álvarez, M.S., Gaviña, B.V., Toro, M.A., Banchemo, G., Oliveira, P.S., Grigoletto, L., Eler, J.P., Baldi, F., Ferraz, J.B.S., 2018. Genomic study for maternal related traits in santa inês sheep breed. *Livestock Science*, 217, 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.09.011>.
- Benitez, D., Cardellino, R.A., Sousa, W.H., 2008. Contribuição do melhoramento genético à produção e qualidade de carne ovina no Brasil. VII Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal.
- Berton, M.P., Silva, R.P., Carvalho, F.E., Chiaia, H.L.J., Oliveira, P.S., Eler, J.P., Banchemo, G., Ferraz, J.B.S., Baldi, F., 2019. Genetic parameter estimates for gastrointestinal nematode parasite resistance and maternal efficiency indicator traits in santa inês breed. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 136, 495-504. <https://doi.org/10.1111/jbg.12424>.
- Bourdon, R.M., 1998. Shortcomings of current genetic evaluation systems. *Journal of Animal Science*, 76, 2308-2323. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/76/9/2308/4625326>.

- Brito, L.F., McEwan, J.C., Miller, S., Bain, W., Lee, M., Dodds, K., Newman, S-A., Pickering, N., Schenkel, F.S., Clarke, S., 2017. Genetic parameters for various growth, carcass and meat quality traits in a New Zealand sheep population. *Small Ruminant Research*, 154, 81-91. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.07.011>.
- Byrne, T.J., Ludemann, C.I., Amer, P.R., Young, M.J., 2012. Broadening breeding objectives for maternal and terminal sheep. *Livestock Science*, 144, 20-36. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.10.010>.
- Deliza, R., de Andrade, J.C., Sobral, L., de Barcellos, M.D., Ares, G., Nalerio, E., 2019. Avaliação dos hábitos de compra do consumidor brasileiro e consumo de carne ovina. Embrapa: agroindústria de alimentos - boletim de pesquisa e desenvolvimento. <https://infoteca/handle/doc/1110438>.
- Estatística de comércio exterior do agronegócio brasileiro (AGROSTAT), 2017. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).
- Falconer D.S., Mackay T.F.C., 1996. Introduction to quantitative genetics. Essex: longman. 464p.
- Fernandes, A.R.M., Sampaio, A.A.M., Henrique, W., Oliveira, E.A., Tullio, R.R., Perecin, D., 2008. Características da carcaça e da carne de bovinos sob diferentes dietas, em confinamento. *Arq. Bras. de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 60, 139-147. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352008000100020>.
- Figueiredo Filho, L.A.S., Do Ó, A.O., Sarmento, J.L.R., Santos, N.P.D.S., Torres, T.S., 2016. Genetic parameters for carcass traits and body size in sheep for meat production. *Tropical Animal Health and Production*, 48, 215-218. <http://DOI:10.1007 /s11250-015-0921-5>.
- Formigoni, I.B., Ferraz, J.B.S., Silva, J.A., Eler, J.P., Brumatti, R. C., 2005. Valores econômicos para habilidade de permanência e probabilidade de prenhez aos 14 meses em bovinos de corte. *Arq. Bras. de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 57, 220-226. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352005000800013>.
- Goddard, M.E., 1998. Consensus and debate in the definition of breeding objectives. *Journal of Dairy Science*, 81, 6-18. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)70150-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)70150-X).
- Hazel, L.N., 1943. The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, 28, 476-490. <https://www.genetics.org/content/28/6/476>.
- Holanda Filho, Z.F., Martins, E.C., Guimarães, V.P., 2018. Custo de produção de ovinos da raça Morada Nova em sistema de produção extensivo no município de Morada Nova-CE. *Embrapa Caprinos e Ovinos - Comunicado Técnico*, 175, 1-12. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190182/1/CNPC-2018-Cot175.pdf>.

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2021. Pesquisa da Pecuária Municipal. <http://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>. (accessed 05 February 2021).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2021. População Brasileira - projeção população. https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/box_popclock.php. (accessed 10 March 2021).
- Kiya, C.K., Pedrosa, V.B., Muniz, K.F.A., Gusmão, A.L., Pinto, L.F.B., 2019. Estimates of the genetic parameters of a dorper flock in brazil. *Small Ruminant Research*, 171, 57-62. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.12.007>.
- Kosgey, I.S., Van Arendonk, J.A., Baker, R.L., 2003. Economic values for traits of meat sheep in medium to high production potential areas of the tropics. *Small Ruminant Research*, 50, 187-202. [http://doi:10.1016/S0921-4488\(03\)00102-0](http://doi:10.1016/S0921-4488(03)00102-0).
- Krupová, Z., Oravcová, M., Krupa, E., Peškovičová, D., 2008. Methods for calculating economic weights of important traits in sheep. *Slovak Journal of Animal Science*, 41, 24-29. <https://sjas.ojs.sk/sjas/article/view/428/416>.
- Lira, A.B., 2019. Índices de produtividade e análise econômica de um sistema de produção de ovinos de corte no semiárido. Tese (doutorado em zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 187 f.
- Lôbo, R.N.B., Lôbo, A.M.B.O., 2007. Melhoramento genético como ferramenta para o crescimento e o desenvolvimento da ovinocultura de corte. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 31, 247-253.
- Lobo, R.N.B., 2019. Opportunities for investment into small ruminant breeding programmes in Brazil. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 136, 313-318. <https://doi.org/10.1111/jbg.12396>.
- Massender, E., Brito, L.F., Cánovas, A., Baes, C.F., Kennedy, D., Schenkel, F.S., 2021. The value of incorporating carcass trait phenotypes in terminal sire selection indexes to improve carcass weight and quality of heavy lambs. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 138, 91-107. <http://doi:10.1111/jbg.12484>.
- Medrado, B.D., Pedrosa, V.B., Pinto, L.F.B., 2021. Meta-analysis of genetic parameters for economic traits in sheep. *Livestock Science*, 247, 104477. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104477>.
- Mohammad, R.S., Rafat, S.A., Shoja, J., Alijani, S., 2015. Calculating economic weights for growth, reproduction and wool traits in makui sheep breed by ecoweight software. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 31, 63-72. <http://doi:10.2298/BAH1501063M>.

- Mortimer, S.I., Fogarty, N.M., Van der Werf, J.H., Brown, D.J., Swan, A.A., Jacob, R.H., Geesink, G.H., Hopkins, D.L., Edwards, J.E.H., Pannampalam, E.N., Warner, R.D., Pearce, K.L., Pethick, D.W., 2018. Genetic correlations between meat quality traits and growth and carcass traits in Merino sheep. *Journal of Animal Science*, 96, 3582-3598. <https://doi.org/10.1093/jas/sky232>.
- Nobrega, A., 2020. Mapeamento identifica frigoríficos e abatedouros inspecionados que operam com carnes ovina e caprina. Embrapa: centro de inteligência e mercado de caprinos e ovinos (CIM). <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/49836052>. (Acesso 10 Fevereiro 2021).
- Ochsner, K.P., MacNeil, M.D., Lewis, R.M., Spangler, M.L., 2017. Economic selection index development for Beefmaster cattle I: terminal breeding objective. *Journal of Animal Science*, 95, 1063-1070. <https://doi.org/10.2527/jas.2016.1231>.
- OECD/FAO, 2019, OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028, OECD Publishing, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 166-179. https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2019-en.
- Oliveira, E.J., Savegnago, R.P., Freitas, L.A.D., Freitas, A.P., Maia, S.R., Simili, F.F., Faro, L.E., Costa, R.L.D., Santa Júnior, M.L., Paz, C.C.P.D., 2018. Estimates of genetic parameters and cluster analysis for worm resistance and resilience in Santa Inês meat sheep. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 53(12), 1338-1345. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2018001200006>.
- Oliveira, R.V., Ximenes, F., Mendes, C., Figueiredo, R., Passos, C., 2011. Manual de criação de caprinos e ovinos. Brasília: Codevas, 142p.
- Pearson, R.E., Miller, R.H., 1981. Economic definition of total performance, breeding goals, and breeding values for dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 64, 857-869. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(81\)82659-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(81)82659-8).
- Ponzoni, R.W., 1986. A profit equation for the definition of the breeding objective of Australian Merino sheep. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 103, 342-357. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1986.tb00096.x>.
- Queiroz, L.D.O., Fonseca, F.D.A., Macêdo, G.R., Santos, A., Mora, N.H.A.P., Torres, M.G., Santana, T.E.Z., 2016. Desempenho produtivo e análise econômica de cordeiros Santa Inês abatidos com diferentes espessuras de gordura subcutânea. *Boletim de Indústria Animal*, 73, 46-52. <https://doi.org/10.17523/bia.v73n1p46>.
- Rönningen, K., Van Vleck, L.D. Selection index theory with practical applications. IN: Chapman, A.B. (Ed.). *World Animal Science*. Amsterdam: Elsevier, 1985, p. 187- 222.

- Rosa, F., 2018. Pesquisa mostra que 12% dos brasileiros nunca comeram carne ovina. Embrapa: notícias agroindústria produção animal. <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34766692/>. (Acesso 10 Fevereiro 2021).
- Rosati, A., Mousa, E., Van Vleck, L.D., Young, L.D., 2002. Genetic parameters of reproductive traits in sheep. *Small Ruminant Research*, 43, 65-74. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(01\)00256-5](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(01)00256-5).
- Schneeberger, M., Barwick, S.A., Crow, G.H., Hammond, K., 1992. Economic indices using breeding values predicted by blup. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 109, 180-187. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1992.tb00395.x>.
- Serviço Nacional de Aprendizagem Rural, 2019. Ovinocultura: criação e manejo de ovinos de corte. Coleção Senar, 265, 91p.
- Silva, A.V.R., Espírito-Santo, E., Pinto, B.F., Martins, R.F.S., Louvandini, H., Rohr, S.A., Rezende, M.J.M., Murata, L.S., Queiroz, E.A.P., Paiva, S.R., Garcia, J.A.S., Mcmanus, C., 2006. Pesos econômicos para características de produção em ovinos no df. *Estudos econômicos e agropecuários*, 25, 61-81.
- Smith, C., 1983. Effects of changes in economic weights on the efficiency of index selection. *Journal of Animal Science*, 56, 1057-1064. <https://doi.org/10.2527/jas.1983.5651057x>.
- Snowder, G.D., Van Vleck, L.D., 2003. Estimates of genetic parameters and selection strategies to improve the economic efficiency of postweaning growth in lambs. *Journal of Animal Science*, 81, 2704-2713. <https://doi.org/10.2527/2003.81112704x>.
- Souza, W.H., Cartaxo F.Q., Ramos J.P.F., Menezes L.M., Oliveira F.G., Ojeda M.D.B., Costa M.M.B., Cezar, M.F., 2019. Indicadores técnicos e econômicos de produtividade de um sistema de produção de ovinos de corte no semiárido. João Pessoa: emepa-pb, 139p.
- Sugisawa, L., Souza, W., Bradi, A., Wider, A.C., Fausto, D., Ferreira, V.O., 2008. Ultrassom no melhoramento genético da qualidade da carne caprina e ovina. *Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal*, 7. <http://sbmaonline.org.br/anaais/vii/palestras/pdfs/palestra7.pdf>.
- Tortereau, F., Marie-Etancelin, C., Weisbecker, J.L., Marcon, D., Bouvier, F., Moreno-Romieux, C., François, D., 2020. Genetic parameters for feed efficiency in Romane rams and responses to single-generation selection. *Animal*, 14(4), 681-687. <https://doi.org/10.1017/S1751731119002544>.
- Van Wyk, J.A., Malan, F.S., Randles, J.L., 1997. How long before resistance makes it impossible to control some field strains of *Haemonchus contortus* in South Africa with any of the modern anthelmintics? *Veterinary parasitology*, 70(1-3), 111-122. [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(96\)01147-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(96)01147-8).

- Viana, J.G.A., 2008. Panorama geral da ovinocultura no mundo e no brasil. Revista Ovinos, 4.
- Viana, J.G.A., de Moraes, M.R.E., Dorneles, J.P., 2015. Dinâmica das importações de carne ovina no Brasil: análise dos componentes temporais. Semina: Ciências Agrárias, 36, 2223-2233. <http://doi:10.5433/1679-0359.2015v36n3Supl1p2223>.
- Wolfová, M., Wolf, J., Milerski, M., 2011. Economic weights of production and functional traits for merinolandschaf, romney, romanov and sumavska sheep in the czech republic. Small Ruminant Research, 99, 25-33. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.054>.

3. ÍNDICES DE SELEÇÃO BIOECONÔMICOS PARA A TERMINAÇÃO DE CORDEIROS EM CONDIÇÕES TROPICAIS

Resumo

Um grande desafio da ovinocultura no Brasil é a padronização e regularidade dos animais destinados ao abate. A seleção para várias características simultaneamente, considerando a relevância econômica das mesmas, pode contribuir para o aumento da lucratividade e eficiência produtiva nos sistemas de terminação. Objetivou-se desenvolver índices de seleção para três cenários de terminação de cordeiros: sistema extensivo (SX), sistema semi-intensivo (SSI) e sistema intensivo (SI). Os custos e as receitas foram estabelecidos conforme a média de preços nacional e os valores econômicos determinados pela derivada parcial da função lucro, alterando uma característica por vez, mantendo as demais constantes. Foram calculados os valores econômicos para as características do objetivo de seleção: conversão alimentar (CA), peso aos 180 dias (P180) e rendimento de carcaça (RC). Obteve-se, respectivamente, os seguintes valores econômicos, em reais (R\$), para SX: -9,63; 5,70; 7,71; SSI: -15,93; 6,79; 7,79; SI: -31,71; 4,98; 7,84. A CA foi a característica que apresentou maior valor econômico para todos os sistemas, afetando diretamente os custos de produção e a eficiência produtiva. Valores de variância genética aditiva e correlação genética foram obtidos de periódicos científicos e analisados neste estudo, o aumento da lucratividade pode ser obtido utilizando como critérios de seleção: peso aos 180 dias (P180), profundidade do olho de lombo (POL) e espessura de gordura subcutânea (EGS), sendo que ambas as características de carcaça foram mensuradas pela técnica da ultrassonografia. As estimativas dos coeficientes dos índices (b), como os ponderadores para as características do critério, foram respectivamente, SX: 7.850, 4.421, 1.079; SSI: 9.788, 3.988, -0.711; SI: 10.087, 2.803, -5.272. A predição do ganho econômico por animal foi de R\$31,26 para o SX, R\$37,02 para o SSI e R\$36,04 para o SI. A precisão dos índices foi de 0,88 (SX), 0,91 (SSI), 0,91 (SI). A aplicação desses índices em cenários similares de terminação de cordeiros poderá auxiliar criadores na escolha dos reprodutores que trarão maior progresso genético e lucratividade para seu rebanho.

Palavras-chave: carne de cordeiro, eficiência, lucratividade, produtividade, progresso genético, valores econômicos

Abstract

Development of a bioeconomic selection indexes for beef lamb in different terminal systems

A major challenge for sheep farming in Brazil is the standardization and regularity of animals destined for slaughter. The selection for several traits simultaneously, considering their economic relevance, can contribute to the increase of profitability and productive efficiency in terminal systems. The objective was to develop selection indexes for three terminal lamb scenarios: extensive system (EXS), semi-intensive system (SIS) and intensive system (INS). Costs and revenues were established according to national average prices and economic values determined by the partial derivative of the profit function, changing one characteristic at a time, keeping the others constant. Economic values for feed conversion rate (FCR), weight at 180 days (W180) and dressing percentage (DP) were calculated. The following economic values were obtained, respectively, in reais (R\$), for EXS: -9,63; 5,70; 7,71; SIS: -15,93; 6,79; 7,79; INS: -31,71;

4,98; 7,84. The FCR trait presented the highest economic value for all systems, directly affecting production costs and production efficiency, followed by characteristics W180 and DP. Values of genetic parameters were obtained from scientific journals, the highest profitability can be obtained using as selection criteria: weight at 180 days (W180), eye muscle depth (EMD) and subcutaneous fat thickness (FAT), and both carcass traits were measured by the ultrasound. The estimates of the coefficients of the indices (b), as the weights for the traits of the criterion, were, respectively, 7.850, 4.421, 1.079, for the EXS; 9.788, 3.988, -0.711 for SIS; 10.087, 2.803, -5.272 for the INS. The prediction of economic gain per animal was R\$31,26 for the EXS, R\$37,02 for the SIS and R\$36,04 for the INS. The accuracy of the indices was 0.88 (EXS), 0.91 (SIS), 0.91 (INS). The application of these indices in similar scenarios of lamb termination can help breeders in choosing the breeders that will bring greater genetic progress and profitability for their herd.

Keywords: Economic values, efficiency, genetic progress, meat lamb, productivity, profitability

3.1. Introdução

Em 2019, o efetivo brasileiro de ovinos somou 19.715.587 milhões de cabeças, apontando um crescimento de 4,05% em relação ao ano de 2018. Apesar do crescimento, a criação no país ainda apresenta baixa produtividade e dificuldades de aceitação por parte dos consumidores de proteína de origem animal. O consumo brasileiro da carne ovina é de 0,500 kg/*per capita*/ano, o que é considerado baixo comparado com a carne bovina, suína e de frango, que somam 25 kg, 13 kg e 42 kg/*per capita*/ano, respectivamente (FAOSTAT, 2019). Apesar do consumo interno baixo, o país importa cerca de 5,5 mil toneladas de carne ovina/ano para atender a demanda nacional (AGROSTAT, 2020).

O principal desafio da carne ovina é a falta de padronização e a irregularidade na oferta, decorrente de abates tardios e ineficiência no desempenho dos animais. Neste sentido, uma produção eficiente e rentável é determinada pela combinação da idade do animal, peso ideal ao abate e rendimento de carcaça satisfatório, ou seja, uma máxima quantidade de músculo e uma quantidade de gordura de cobertura suficiente para conservar a carcaça (Costa et al., 2009). Fatores como idade avançada (≥ 8 meses) e excesso de gordura na carcaça são indicadores de uma carne com déficit de qualidade. Desta forma, Osório et al. (2009) reforçam que a carne de animais mais jovens (cordeiros) é caracterizada por ser mais macia, rosada, textura lisa, consistência firme e uma quantidade de gordura adequada, sendo a categoria que oferece carne de maior aceitabilidade ao mercado consumidor.

A criação ineficiente do país pode ser justificada pela baixa exploração de recursos genéticos e manejos inadequados praticados por diversas propriedades rurais. Dessa forma, para que a indústria de cordeiros se torne competitiva, as características de crescimento, carcaça e qualidade da carne precisam ser geneticamente melhoradas e combinadas a uma boa alimentação

e manejo sanitário. Em aspectos genéticos, uma alternativa é a seleção de animais para as características de interesse simultaneamente ponderadas em um índice de seleção, que segundo Hazel e Lush (1942) foi considerada a metodologia mais eficaz para seleção de múltiplas características.

Hazel (1943) introduziu o conceito de genótipo agregado, isto é, a combinação de valores genéticos estimados e valores econômicos para várias características em um único valor que representa o genótipo agregado (H) do animal. Várias características simultaneamente influenciam a eficiência produtiva de um animal e do rebanho, porém com força de atuação diferentes, o método do índice de seleção atribui um peso apropriado para cada característica de interesse que é composto pelo valor econômico e (co)variâncias entre as características. Assim, as decisões de seleção devem levar em conta as correlações genéticas existentes entre as características do objetivo de seleção e critérios de seleção.

Nos países como Austrália, Nova Zelândia e França, existem programas de melhoramento genético que utilizam os índices de seleção econômicos como ferramenta para alcançar os objetivos de seleção (Sheep Genetics; Sheep Improvement Limited; France Genétique Elevage), entretanto, essa não é uma realidade encontrada no Brasil devido à escassez de informações genéticas dos rebanhos na sua maioria e diferentes parâmetros produtivos encontrados, além da dificuldade de obtenção de dados sobre o gerenciamento das propriedades.

Índices de seleção com foco no progresso genético e retorno econômico dos rebanhos são necessários para incentivar produtores à criação e padronizar a carne de cordeiro ofertada, aumentando a aceitabilidade e demanda pelo produto. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a importância econômica de características relacionadas à produção e terminação de cordeiros considerando três cenários diferentes, desenvolver um índice de seleção para cada, bem como prever o ganho genético e econômico ao selecionar indivíduos por meio dos índices desenvolvidos.

3.2. Material e Métodos

3.2.1. Sistema de Produção

Diferentes manejos são estabelecidos para a produção e terminação de cordeiros no Brasil (SENAR, 2019). Assim, três cenários foram adotados preconizando diferentes estratégias de alimentação: sistema extensivo (SX), semi-intensivo (SSI) e intensivo (SI). As medidas de

desempenho relatadas a seguir para cada cenário foram encontradas na literatura e conferem as variáveis biológicas que compuseram o modelo bioeconômico.

Para todos os sistemas estabeleceu o início do período de terminação, logo após o desmame, aos 60 dias de idade com média de peso 14,87 kg (Medrado et al., 2021). Os principais componentes utilizados para o cálculo de custos com a alimentação das diferentes dietas foram: milho, farelo de soja, silagem de milho e forrageira *Cynodon spp* cultivar Tifton 85.

Para o sistema extensivo foi assumido 150 dias para o período de terminação, sendo o abate aos 210 dias de idade, com média de peso de 37,52 kg e rendimento de carcaça de 43%. Para o desempenho de crescimento dos animais considerou média de ganho de peso de 0,151 g/dia do desmame ao abate (McManus et al., 2011; Aguirre et al., 2016). Para a alimentação, assumiu-se uma dieta total de 4% de matéria seca (MS) por peso vivo (PV), considerando pastejo e concentrado (14% Proteína bruta (PB) na MS da dieta total), na proporção de 80% e 20% da relação entre volumoso e concentrado, respectivamente. Para esse sistema a conversão alimentar resultou em uma taxa de 6,81 kg de ingestão de matéria seca (IMS)/kg de peso vivo.

Para o sistema semi-intensivo, foi assumido ganho médio de peso de 0,200 kg/dia do desmame ao abate, totalizando 115 dias para o período de terminação, sendo o abate aos 175 dias de idade, com os animais pesando em média 37,97 kg e rendimento de carcaça de 45% (McManus et al., 2011), a diferença considerada no desempenho entre SX e SSI foi baseado em Luna (2017). Para os custos com alimentação diário, foi definido uma dieta total de 4% de MS/PV para terminação, sendo 60% pastejo e 40% concentrado (14% PB na MS da dieta total). A taxa de conversão alimentar calculada neste sistema foi de 4,98 kg de IMS/kg de PV.

No sistema intensivo, conforme Issakowics et al. (2019), assumiu-se 100 dias para o período de terminação com ganho médio diário pós desmame de 0,228 kg, abate aos 160 dias, média de peso de 37,97 kg/animal e rendimento de carcaça de 47% (McManus et al., 2011). Para o cálculo com alimentação deste cenário, adotou-se uma dieta total de 4% MS/PV (16% PB na MS), sendo 60% de concentrado e 40% de silagem de milho (Issakowics et al. 2019). Os animais neste sistema apresentaram uma taxa de conversão alimentar de 4,47 kg de IMS/kg de PV.

3.2.2. Objetivos de Seleção

Para definir o objetivo de seleção deve-se compreender quais as características biológicas influenciam as receitas e custos de um sistema de produção específico (Ochsner et al., 2017). Para estes cenários, o objetivo foi aumentar a rentabilidade na terminação de cordeiros em que os animais são vendidos para abate em torno de 38 kg de peso vivo. Desta forma, as

características listadas para compor o objetivo de seleção ou agregado genotípico (H) foram: conversão alimentar (CA), peso aos 180 dias (P180) e rendimento de carcaça (RC).

A taxa de conversão alimentar é obtida dividindo a IMS diária pelo ganho de peso médio diário. É uma característica relacionada à eficiência biológica dos animais em converter o alimento ingerido em ganho de peso vivo, ou seja, está associada ao aumento do custo de produção com alimentação. Rendimento de carcaça é obtido pela razão do peso da carcaça quente com o peso do animal vivo no pré-abate, é a informação que representa a porção comercializável do animal, ou seja, tem efeito direto na receita da atividade sem alterar o custo de produção. A característica de peso aos 180 dias é uma característica de crescimento e favorece a precocidade dos animais em atingir o peso preconizado de 38 kg em menor tempo, neste caso, exerce efeito indireto na redução dos custos operacionais. Além disso, essa característica foi considerada boa referência para todos os sistemas, devido uma correlação genética estimada de 0,90 entre o peso aos 90 dias e peso aos 180 dias (Medrado et al., 2021).

3.2.3. Critério de Seleção

O critério de seleção é a tradução do objetivo para o índice, vinculando as características de lucro às características mensuradas e avaliadas geneticamente. São conhecidas como características indicadoras e devem apresentar, além de variabilidade genética, correlação favorável com as características do objetivo de seleção (Hazel, 1943). Conforme valores dos parâmetros genéticos obtidos em periódicos científicos (Tabela 1), as características definidas como critérios de seleção ou índice de seleção (I) foram: peso aos 180 dias (P180), profundidade do olho de lombo (POL) e espessura de gordura subcutânea (EGS). Para ambas características de carcaça as estimativas utilizadas foram calculadas por meio de mensurações de ultrassonografia.

A característica de P180 apresenta correlação favorável e em maior magnitude com conversão alimentar (-0,77) em relação a característica de peso aos 60 dias (-0,04) sendo definida no índice como indicadora de CA e P180. As características quando mensuradas in vivo no animal por meio de ultrassom possibilita selecionar animais jovens, sem a necessidade de abate para avaliar o RC, e podem ser utilizadas como critérios de seleção para melhorar geneticamente a qualidade da carcaça em ovinos (Figueiredo et al., 2016).

Tabela 1. Herdabilidade (diagonal), covariância genética (abaixo diagonal), correlação genética (acima da diagonal) e variância genética (σ_a^2) para as características do objetivo e critério de seleção.

	CA	P180	RC	POL	EGS	σ_a^2	Fonte (h^2 e σ_a^2)
CA	0,30	0,77 [#]	----	-0,15 [#]	0,01 [#]	0,192	Tortereau et al. (2020)
P180	-1,16	0,19	0,38 [*]	0,49 [*]	0,40 [*]	11,887	Medrado et al. (2021)
RC	----	3,47	0,25	0,49 [*]	0,26 [*]	7,023	Medrado et al. (2021)
POL	-0,10	2,62	2,02	0,30	0,25 ^{&}	2,410	Medrado et al. (2021)
EGS	0,00	0,75	0,37	0,21	0,26	0,296	Medrado et al. (2021)

Abreviaturas: h^2 = herdabilidade; CA = conversão alimentar, P180 = peso aos 180 dias, RC = rendimento de carcaça, POL = profundidade de olho de lombo, EGS = espessura de gordura subcutânea. Literatura correlação: [#]Tortereau et al. (2020), ^{*}Brito et al. (2017), [&]Medrado et al. (2021).

As covariâncias (equação 1) foram estimadas por:

$$\sigma_{x,y} = (\sigma_{ax}\sigma_{ay}) r_{x,y} \quad (1)$$

Em que: $\sigma_{x,y}$ = covariância genética entre as características x e y; σ_{ax} = desvio padrão genético da característica x; σ_{ay} = desvio padrão genético da característica y; $r_{x,y}$ = correlação genética entre as características x e y.

3.2.4. Derivação dos Valores Econômicos

O valor econômico (VE) é definido como a derivada parcial da função de lucro em relação a característica (Ponzoni & Newman, 1989), ou seja, é a mudança no lucro por unidade de mudança na característica de interesse (objetivo de seleção), mantendo-se as demais constantes. Para desenvolver uma função de lucro é necessário identificar fontes de custos e receitas (Ponzoni e Newman, 1989).

As informações utilizadas para a simulação dos custos e receitas foram embasadas na média de dados reais de mercado e preços praticados em todas as regiões brasileiras. Todos os custos e receitas foram calculados em real brasileiro (R\$).

As receitas adotadas foram provenientes da venda dos cordeiros destinados ao abate com o preço base de R\$20,71/kg de carcaça. O custo considerado do concentrado fornecido para os SX e SSI foi de R\$1,51/kg; e para o SI foi de R\$1,72. O kg/MS considerado para o volumoso foi de R\$1,25 (silagem de milho) e R\$0,13 (forrageira Tifton 85) (Agrolink, 2021). Para a análise bioeconômica, os custos fixos permanecem inalterados com o aumento do desempenho dos animais atribuídos à seleção, portanto, não são considerados no cálculo dos valores econômicos (Jorge Jr. et al., 2007). Para a compreensão do total dos custos operacionais, considerou o custo com a alimentação representando 76% do total operacional, conforme

reportado por Romão et al. (2017) em uma análise econômica para terminação de ovinos. Dessa forma, são incluídos nos 24% restantes dos custos operacionais, medicamentos, manutenção e a água fornecida aos animais. O lucro para cada sistema foi calculado por animal e ciclo de produção utilizando planilhas eletrônicas Microsoft Excel (2013).

Tabela 2. Análise econômica para a terminação de cordeiros em sistemas extensivo (SX), semi-intensivo (SSI) e intensivo (SI).

Indicadores econômicos	SX	SSI	SI
(a) Receita bruta	R\$ 334,13	R\$ 353,86	R\$ 369,59
(b) Custos de alimentação	R\$ 65,99	R\$ 84,01	R\$ 156,28
(c) Custos operacionais	R\$ 18,61	R\$ 23,70	R\$ 44,08
(b+c) Custos totais	R\$ 84,60	R\$ 107,71	R\$ 200,36
(a-b-c) Lucro bruto	R\$ 249,52	R\$ 246,15	R\$ 169,23

A receita bruta total compreende a receita advinda da venda dos animais para abate. Os resultados são apresentados em cordeiro/ciclo de produção.

Com o lucro base calculado (Tabela 2), cada característica do objetivo foi alterada em 1 unidade, uma por vez, mantendo a média das demais variáveis constantes. A diferença observada no lucro/animal após essa mudança foi considerada o VE para cada característica em questão (equação 2). Assim, os VE são expressos em reais por lucro/prejuízo por mudança de unidade na característica. Por sua vez, para compreender a contribuição possível de cada característica na lucratividade do sistema, o valor econômico relativo (VER) foi estimado (equação 3) como o produto do VE e o respectivo desvio padrão genético da característica. Ou seja, o retorno econômico é referente à possibilidade de ganho genético de cada característica, além de permitir a comparação entre os valores das características medidas independente da unidade (Goddard, 1998). Dividindo cada VER pelo seu somatório obtém-se a ênfase relativa (ER) em porcentagem para cada variável do estudo (equação 4), visualizando a relevância econômica de cada característica do objetivo de seleção para cada cenário adotado.

$$VE = \frac{\Delta L}{\Delta G} \quad (2)$$

Em que: VE = valor econômico; ΔL = variação no lucro após a mudança na característica i ; ΔG = variação no desempenho biológico da característica i .

$$VER = VE_i \sigma a_i \quad (3)$$

Em que: VER = valor econômico relativo; VE_i = valor econômico da característica i ; σa_i = desvio-padrão da variância aditiva da característica i .

$$ER = \frac{VER_i}{\sum VER} \times 100 \quad (4)$$

Em que: ER = ênfase relativa; VER_i = valor econômico relativo da característica i ; $\sum VER$ = somatório dos valores econômicos relativos.

3.2.5. Desenvolvimento do Índice de Seleção

Proposto por Hazel (1943), o método do índice de seleção atribui um peso apropriado para cada característica definida como critério de seleção. Esse peso é composto pelo valor econômico, variabilidade genética de cada característica e as covariâncias genéticas entre elas (equação 5). O vetor dos coeficientes de regressão como ponderadores para cada índice foi obtido usando o programa SAS 9.4 (SAS Institute, Inc., Cary, NC), seguindo a metodologia de Schneeberger et al. (1992), para índices baseados na diferença esperada na progênie (DEP), sendo:

$$b = G_{11}^{-1} G_{12} VE \quad (5)$$

(5)Em que: b = coeficiente do índice; VE = vetor de valor econômico para cada característica; G_{11} = matriz (3x3) de (co)variâncias genéticas entre as características do critério de seleção; G_{12} = matriz (3x3) de (co)variâncias genéticas entre as características do critério e objetivo de seleção.

Contudo, a predição da resposta de seleção será dada em lucro esperado com o ganho do mérito genético nas características selecionadas. Para tal, foi predito a resposta à seleção por animal em valor monetário (equação 6) e por característica em unidade da característica (equação 7).

$$R_H = i r_{HI} \delta H$$

Sendo:

$$R_H = i \frac{b' G_{12} VE}{\sqrt{(b' G_{11} b)}} \quad (6)$$

Em que: R_H = resposta à seleção por animal (R\$) após uma geração selecionada; i = intensidade de seleção praticada.

$$R_g = \frac{b'G_{12}}{\sqrt{(b'G_{11}b)}} \quad (7)$$

Em que: R_g = resposta à seleção por característica (unidade da característica) após uma geração selecionada.

3.2.6. Parâmetros do Índice de Seleção

Para obter o máximo progresso genético possível com o índice de seleção é necessária a máxima correlação (equação 8) entre as características do critério e as características do objetivo (Hazel, 1943). A correlação indica a confiabilidade do índice, ou seja, o quanto os critérios de seleção (I) são confiáveis em indicar o objetivo de seleção (H). Foi obtida por:

$$r_{HI} = \frac{\sigma_{HI}}{\sigma_I \sigma_H} = \frac{b'G_{12}VE}{\sqrt{(b'G_{11}b)(VE'C VE)}} \quad (8)$$

Em que: σ_{HI} = covariância entre o genótipo agregado e o índice de seleção; σ_I = variância do índice; σ_H = variância do genótipo agregado, sendo o C = matriz (3x3) de (co)variâncias genéticas entre as características do objetivo de seleção.

A sensibilidade (E) indica a eficiência do índice (equação 9), e é relatada como a proporção da mudança na resposta à seleção após alterar correlações e valores econômicos em relação à resposta verdadeira do índice predita (Smith, 1983). Foram calculadas com alterações absolutas nas correlações genéticas, entre as características do objetivo e critérios, de $\pm 0,2$ e $\pm 0,4$, uma de cada vez, e nos valores econômicos de $\pm 20\%$ e $\pm 40\%$, um de cada vez (Kosgey et al., 2003).

$$E = \frac{R_{Hu}}{R_{Ht}} \quad (9)$$

Em que: E = sensibilidade; R_{Hu} = resposta à seleção com os coeficientes derivados de valores alterados; R_{Ht} = a resposta à seleção predita com os valores verdadeiros do índice.

3.3. Resultados

3.3.1. Valores Econômicos

Os valores econômicos (VE), os valores econômicos relativos (VER) e a ênfase relativa (ER) calculada para cada característica do objetivo de seleção dos diferentes sistemas são apresentados na Tabela 3.

O VER para as características de RC e de P180 foram positivos. O RC exerceu efeito direto na receita da atividade e o P180 aumentou indiretamente a receita devido à redução do período de terminação. Por outro lado, o VER para a característica da CA foi negativo, com o aumento na ingestão de alimentos (MS), aumentou o custo com alimentação, sem alterar o ganho médio diário, ou seja, não houve aumento na receita.

A característica de CA apresentou um VE de maior relevância para todos os sistemas, por outro lado, a característica de RC e P180 apresentou-se com a maior ER. Ocorre que RC e P180 apresentaram maiores estimativas de variâncias genéticas, o que possibilita um maior ganho genético e econômico para seleção dessas características em relação à característica de CA.

3.3.2. Índice de seleção

Ao selecionar com base no índice proposto, a resposta à seleção predita em valor monetário (RH) foi maior para o SSI, seguido pelo SI e SX. O maior ganho genético predito (Rg) para todos os sistemas, em unidade da característica, foi para o P180, seguido de RC e CA. Entre as características, a CA apresentou o maior ganho genético predito para o SI, enquanto o RC apresentou o maior genético predito para o SX (Tabela 3).

Tabela 3. Valor econômico (VE), desvio padrão genético (σ_a), valor econômico relativo (VER), ênfase relativa (ER) conforme análise do modelo bioeconômico por animal para as características do objetivo de seleção dos diferentes sistemas de terminação. Resposta à seleção predita por característica em cada animal (R_g) e resposta à seleção predita em valor monetário por animal conforme índice de seleção aplicado.

Objetivo de seleção (unidade)	VE (R\$)	σ_a	VER (R\$)	ER (%)	R_g (unidade característica)	R_H (R\$/animal)
Sistema Extensivo						
CA (kg IMS)	-9,73	0,4382	-4,26	9%	-0,307	
P180 (kg)	5,94	3,4479	20,48	45%	3,386	R\$ 32,17
RC (%)	7,77	2,6500	20,59	46%	1,167	
Sistema Semi-intensivo						
CA (kg IMS)	-15,93	0,4382	-6,98	14%	-0,320	R\$ 38,20

P180 (kg)	6,79	3,4479	23,41	46%	3,414	
RC (%)	7,79	2,6500	20,64	40%	1,123	
Sistema Intensivo						
CA (kg IMS)	-31,71	0,4382	-13,90	28%	-0,334	
P180 (kg)	4,98	3,4479	17,17	34%	3,421	R\$ 36,04
RC (%)	7,84	2,6500	20,78	38%	1,074	

Abreviaturas: IMS = ingestão de matéria seca, CA = conversão alimentar, PA = Peso ao abate, RC = rendimento de carcaça.

Para ponderar o índice conforme a importância econômica e parâmetros genéticos estimados da literatura, os coeficientes de regressão (b) foram calculados para as características definidas como critérios de seleção: peso aos 180 dias (P180), profundidade do olho de lombo (POL) e espessura de gordura subcutânea (EGS). Os valores estimados são apresentados na tabela 4.

Como pode ser visto, as estimativas dos coeficientes para P180 foram positivas e crescentes conforme aumenta a intensificação da alimentação dos sistemas, devido a correlação genética entre P180 e CA. Nesse sentido, os coeficientes da característica de POL, foram positivos e crescentes conforme a necessidade de aumentar o RC, devido a correlação entre POL e RC. Para a característica de EGS os coeficientes foram negativos para os sistemas SSI e SI.

3.3.3. Parâmetros do Índice de Seleção

Os valores de acurácia dos índices, estimados como a correlação entre o índice e o genótipo agregado (R_{HI}), são apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Características indicadoras selecionadas nos animais reprodutores, coeficiente do índice (b) e a correlação entre o índice de seleção e o agregado genotípico (R_{HI}) para os diferentes sistemas de terminação de ovinos.

Critérios de seleção	b	R _{HI}
Sistema Extensivo		
P180	8.110	0,89
POL	4.454	
EGS	1.080	
Sistema Semi-intensivo		
P180	10.153	0,92
POL	3.968	
EGS	-0.929	
Sistema Intensivo		
P180	10.087	0,91
POL	2.804	

A sensibilidade é a eficiência do índice relatada com mudanças nas correlações genéticas entre as características e valores econômicos, um de cada vez. A adição e subtração de 0,2 resultaram em eficiência de 0,89 a 1,00 (SX e SI), 0,90 a 1,00 (SSI), demonstrando a insensibilidade desses índices. Ao adicionar e subtrair 0,4 nas correlações genéticas, os índices apresentaram maior sensibilidade, com valores de 0,81 a 1,00 (SX), 0,82 a 1,00 (SSI), e 0,80 a 1,00 (SI), sendo que as menores eficiências (0,81; 0,82; 0,80) resultaram da subtração de 0,4 entre RC e P180.

Com as alterações de $\pm 20\%$ nos valores econômicos a eficiência foi de 0,88 a 1,00 (SX), 0,87 a 1,00 (SSI) e 0,93 a 1,00 (SI). Com as alterações de $\pm 40\%$ nos valores econômicos a eficiência foi de 0,75 a 1,00 (SX e SSI) e 0,83 a 1,00 (SI). Ao adicionar 20% ou 40% nos valores econômicos as eficiências para todos os sistemas permaneceram em 1, porém ao subtrair os 20% ou 40% a característica P180 obteve resultados entre 0,75 e 0,93, apesar disso, é considerado um valor de magnitude alta o que demonstra insensibilidade do índice para alterações nos valores econômicos até 40%.

3.4. Discussão

A eficiência produtiva de um sistema pecuário com o objetivo de terminação é relevante para a lucratividade. Isto ocorre devido aos custos com alimentação representar um dos maiores gastos em sistemas pecuários de terminação, sendo que para sistemas de terminação em confinamento, esses custos são ainda maiores, resultando em menor rentabilidade do sistema (Peripolli et al., 2016; Romão et al., 2017; Simões et al., 2019). Em concordância com nosso estudo, que apesar da maior receita/animal, o SI também resultou no menor lucro/animal, devido ao custo com alimentação ser mais alto. Nesse sentido, o VE para a CA resultou em um valor negativo, indicando a necessidade de diminuir a conversão alimentar, dessa forma, deve-se selecionar animais que apresentam melhores índices na conversão dos alimentos disponíveis. Além disso, observou-se uma diferença da ênfase relativa da característica de CA entre os sistemas SI com o SX (19%), devido ao impacto na lucratividade proporcionado pela CA dos animais, principalmente, em sistemas de alimentação intensiva.

Uma alternativa para o aumento da lucratividade desses sistemas seria a inclusão de características relacionadas à alimentação nos índices de seleção. No entanto, as características como conversão alimentar e consumo alimentar residual dependem de uma coleta de dados

individual, consequentemente, o aumento dos custos com as instalações e de mão-de-obra é um entrave para que a mensuração dessas características faça parte da rotina de trabalho na propriedade e a característica seja avaliada em programas de melhoramento genético. Nesse sentido, é necessário selecionar os reprodutores para características indicadoras do objetivo de seleção, em nosso estudo, P180 foi critério de seleção para a CA, devido à alta correlação genética favorável entre as características de $-0,77$ (Tortereau et al., 2020). Assim, a predição do ganho genético resultou em um ganho para a CA ($-0,307$ a $-0,334$), indicando que P180 pode ser critério de seleção para a CA. Além disso, o índice de seleção, resultou em um maior ponderador para a característica de P180 para o SI, na tentativa de selecionar animais com melhores taxas de CA. Observou-se, que o ponderador reduziu à medida que reduzia a intensificação alimentar do sistema.

Adicionalmente, Paganoni et al. (2017), avaliando ovelhas para o consumo alimentar residual, relataram que os animais comem mais à medida que envelhecem. Do mesmo modo, conforme aumenta a idade do cordeiro, aumenta a gordura de cobertura e reduz a eficiência alimentar (Siqueira et al., 2001; Queiroz et al., 2016). Dessa forma, a característica de P180 foi utilizada como critério de seleção de CA e para contribuir com ganhos genéticos na precocidade do rebanho, ou seja, reduzir a idade de terminação dos animais. Além disso, a progênie de reprodutores avaliados com maiores pesos aos 240 dias apresentou um melhor RC (Gardner et al., 2015).

A característica de RC resultou na segunda maior ênfase relativa para os sistemas SX e SI, é uma característica que está diretamente associada com a receita do sistema, ou seja, ao alterar 1% no rendimento de carcaça não houve aumento nos custos operacionais. RC é um dos principais parâmetros para os produtores que vendem o animal com base no peso de carcaça (Gardner et al., 2015). Em sistemas de recria e engorda para bovinos foi relatado um maior valor econômico ao aumentar o RC (Peripolli et al., 2016). É importante salientar que na ovinocultura brasileira ainda não há bonificação por qualidade da carne. De maneira oposta a isto, poderia ser calculado o VE de características que representam a composição da carcaça e utilizar a mesma característica como critério de seleção. Em nosso estudo, foi utilizado a POL e EGS como critério de seleção para a característica de RC, dessa forma, aumentar e padronizar a porção comercializável. As características de crescimento foram importantes para ganho no mérito genético de peso da carcaça, porém incluir as características de ultrassom (EGS e POL) são necessárias para ganho genético na gordura desejada e conformação ideal de carcaça (Massender et al., 2021).

O genótipo é um fator importante que influencia a quantidade de músculo e a distribuição de gordura em toda a carcaça e, conseqüentemente, a qualidade da carne (Mortimer et al., 2018). O comportamento do desenvolvimento muscular é precoce na paleta, intermediário na perna e tardio no lombo, nesse sentido, selecionar para a característica de POL pode ser uma boa estratégia para aumentar a proporção de músculo na carcaça, visto que, pela particularidade de músculo tardio, pode representar o índice de desenvolvimento e distribuição muscular do animal, e indiretamente o rendimento de carcaça (Hashimoto et al. 2012). A característica de POL contribuiu para um melhor RC sem alterar o peso pré-abate. É vantajoso em sistemas de cordeiros para terminação selecionar reprodutores para a POL, visto que a progênie terá um peso semelhante à progênie anterior, contudo aumentando o RC, ou seja, com efeito direto na lucratividade (Gardner et al., 2015).

Entretanto, ao selecionar diretamente para a característica de P180 ou POL, deve ser considerado a correlação genética com a EGS (0,40 e 0,25, respectivamente), visto que a seleção para produzir carcaças com melhores rendimentos e corte comerciais pode resultar em um aumento indesejável do nível de gordura na carcaça (Brito et al., 2017). Por outro lado, observou-se que a correlação entre POL x P180 (0.58) foi maior que as anteriores, indicando que o ganho pode ser mais significativo de músculo em relação ao ganho de gordura selecionando para o peso do animal (Mortimer et al., 2018). Da mesma forma, Gardner et al. (2015) relataram que ao diminuir a profundidade da gordura na carcaça foi possível aumentar o peso da carcaça quente.

No entanto, a EGS possui propriedade fundamentais para a qualidade de carne, sendo que atua como isolante térmico da carcaça durante o processo de refrigeração, protegendo a carcaça contra o enrijecimento das fibras musculares, conseqüentemente assegurando a maciez da carne (Hwang et al., 2004; Costa et al., 2009). Recomenda-se uma EGS em ovinos de 3 mm, possibilitando adequada proteção da carcaça, além de proporcionar maior rentabilidade. (Mora et al., 2015; Queiroz et al., 2016).

Portanto, ponderar a característica de EGS e POL em um índice de seleção de forma equilibrada, pode ser uma boa alternativa para manter uma EGS satisfatória nas carcaças, possibilitando o aumento no desenvolvimento muscular e eficiência na terminação. A característica de EGS obteve ponderador negativo para os sistemas SSI e SI, o que não indicou aspectos negativos na seleção. O coeficiente define a ponderação de cada característica no índice de seleção, obtido por meio da regressão de vários valores analisados simultaneamente (Portes et al., 2020). O sinal negativo indicou menor ênfase no índice para essas características, dessa forma, quanto menor for o valor da DEP para essa característica, maior será o valor deste animal no índice. Isto permitirá o equilíbrio adequado para atingir o objetivo de seleção. Adicionalmente,

vale ressaltar que a diferença na ênfase do coeficiente entre o sistema intensivo (-5.271) com o extensivo (1.082), possivelmente foi devido ao aumento na conversão alimentar para a deposição de gordura de acabamento. Por outro lado, os coeficientes de POL, foram maiores conforme era menor o rendimento de carcaça demonstrado do sistema.

Adicionalmente, um outro fator que afeta a eficiência da ovinocultura são os endoparasitas gastrointestinais, diversos autores relataram a predominância do gênero *Haemonchus* nas infestações em ovinos. O *Haemonchus* é um hematófago altamente patogênico que causa anemia, reduzindo o desempenho e conforme o grau pode levar à morte, principalmente nos animais jovens (Burke et al., 2007). Embora relevante, para o nosso estudo não foram encontradas na literatura correlações genéticas entre a característica de FAMACHA® (FMC) com as características de qualidade de carcaça, não sendo possível adicioná-la ao índice de seleção. A característica de FMC dentre as características para resistência à parasitose, como o exame de contagem de grama por fezes e volume globular, apresenta o melhor coeficiente de herdabilidade (0,10; 0,29 e 0,31, respectivamente), sendo indicada para ser critério de seleção de resistência à parasitose, além de ser facilmente mensurável, o que permite ser amplamente utilizada (Oliveira et.al., 2018; Berton et al., 2019). Para isso, mais estudos serão necessários a fim de compreender as correlações genéticas entre FMC com as demais características de importância econômica.

No presente trabalho, as acurácias estimadas foram de alta magnitude, indicando que as características de P180, POL e, EGS como critérios de seleção estão de forma favorável relacionadas ao objetivo de seleção e podem ser selecionadas para aumentar a lucratividade de sistemas de terminação de ovinos. Além disso, para os três sistemas a análise de sensibilidade sugere que os índices são eficientes diante de incerteza nas correlações genéticas entre as características e relativamente eficiente a grandes incertezas nos valores econômicos.

Diante o exposto, o critério de seleção para P180 dias e características da carcaça como, POL e EGS, podem contribuir com a redução dos custos de produção, além de, possibilitar uma maior rotatividade de animais com a precocidade de terminação e maior aceitabilidade do mercado consumidor devido a padronização do produto final. As características de P180, POL e EGS são ferramentas potenciais para os produtores ofertarem um produto em conformidade com as especificações de mercado (White et al., 2007).

Com base nos resultados, para uma terminação de cordeiros, sugere-se para o sistema extensivo, o seguinte índice: $I_{SX} = 8.110 \times DEP_{P180} + 11.430 \times DEP_{POL} + 1.082 \times DEP_{EGS}$; para criação no sistema semi-intensivo: $I_{SSI} = 10.152 \times DEP_{P180} + 10.183 \times DEP_{POL} + (-0.928) \times DEP_{EGS}$; para criação no sistema intensivo: $I = 10.087 \times DEP_{P180} + 7.191 \times DEP_{POL} + (-5.271) \times$

DEP_{EGS}. A classificação dos animais (ranking) é realizada de forma decrescente, ou seja, quanto maior o resultado do índice mais lucrativo e eficiente será a progênie deste reprodutor.

Vale ressaltar que a nutrição, sanidade e manejo devem caminhar alinhados para o máximo aproveitamento do melhoramento genético e, conseqüentemente, para se obter a máxima eficiência de produção do rebanho (Benitez et al., 2008). A estimação de parâmetros genéticos entre as características de reprodução, crescimento e qualidade da carne são importantes no processo e irão contribuir para identificação dos critérios de seleção no melhoramento de ovinos.

3.5. Conclusão

A seleção para o peso aos 180 dias, a profundidade de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea contribui para o aumento da rentabilidade em sistemas de terminação de cordeiros semelhantes aos considerados neste estudo. A conversão alimentar é a característica de maior relevância econômica para sistemas de terminação, ou seja, melhorar a eficiência alimentar é crucial para aumentar a lucratividade na ovinocultura de corte.

Aplicar os ponderadores e características desenvolvidos no presente trabalho, é confiável e seguro para selecionar reprodutores eficientes e lucrativos em sistemas de terminação da ovinocultura similares aos aqui apresentados.

Referências

- Agrolink. (2021). Cotações. <https://www.agrolink.com.br/cotacoes/>. (acessed 20 November 2020).
- Aguirre, E.L., Mattos, E.C., Eler, J.P., Barreto Neto, A.D., Ferraz, J.B., 2016. Estimation of genetic parameters and genetic changes for growth characteristics of Santa Ines sheep. *Genetics and Molecular Research*, 15, 1-12. <http://dx.doi.org/10.4238/gmr.15038910>.
- Benitez, D., Cardellino, R.A., Sousa, W.H., 2008. Contribuição do melhoramento genético à produção e qualidade de carne ovina no Brasil. VII Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal.
- Berton, M.P., Silva, R.P., Carvalho, F.E., Chiaia, H.L.J., Oliveira, P.S., Eler, J.P., Banchero, G., Ferraz, J.B.S., Baldi, F., 2019. Genetic parameter estimates for gastrointestinal nematode parasite resistance and maternal efficiency indicator traits in Santa Inês breed. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 136, 495-504. <https://doi.org/10.1111/jbg.12424>.

- Brito, L.F., McEwan, J.C., Miller, S., Bain, W., Lee, M., Dodds, K., Newman, S-A., Pickering, N., Schenkel, F.S., Clarke, S., 2017. Genetic parameters for various growth, carcass and meat quality traits in a New Zealand sheep population. *Small Ruminant Research*, 154, 81-91. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.07.011>.
- Burke, J.M., Kaplan, R.M., Miller, J. E., Terrill, T.H., Getz, W.R., Mobini, S., Valencia, E., Williams, M.J., Williamson, L.H., Vatta, A.F., 2007. Accuracy of the FAMACHA system for on-farm use by sheep and goat producers in the southeastern United States. *Veterinary Parasitology*, 147, 89-95. <http://doi:10.1016/j.vetpar.2007.03.033>.
- Costa, R.G., Batista, A.S.M., Azevedo, P.S.D., Queiroga, R.D.C.R.D.E., Madruga, M.S., Araújo Filho, J.T.D., 2009. Lipid profile of lamb meat from different genotypes submitted to diets with different energy levels. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 532-538. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000300019>.
- Estatística de comércio exterior do agronegócio brasileiro (AGROSTAT), 2020. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm> (Accessed 19 march 2021).
- Figueiredo Filho, L.A.S., Do Ó, A.O., Sarmiento, J.L.R., Santos, N.P.D.S., Torres, T.S., 2016. Genetic parameters for carcass traits and body size in sheep for meat production. *Tropical Animal Health and Production*, 48, 215-218. <http://DOI:10.1007/s11250-015-0921-5>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT), 2019. Live Animals. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL> (Accessed 19 june 2021).
- Gardner, G.E., Williams, A., Siddell, J., Ball, A.J., Mortimer, S., Jacob, R.H., Pearce, K.L., Edwards, J.E.H., Rowe, J.B., Pethick, D.W., 2010. Using Australian sheep breeding values to increase lean meat yield percentage. *Animal Production Science*, 50, 1098-1106. <https://doi.org/10.1071/AN10144>.
- Goddard, M.E., 1998. Consensus and debate in the definition of breeding objectives. *Journal of Dairy Science*, 81, 6-18. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)70150-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)70150-X).
- Hashimoto, J.H., Osório, J.C.S., Osório, M.T.M., Bonacina, M.S., Lehmen, R.I., Pedroso, C.D.S., 2012. Qualidade de carcaça, desenvolvimento regional e tecidual de cordeiros terminados em três sistemas. *Revista Brasileira Zootecnia*, 41, 438-448. <http://www.sbz.org.br/revista/artigos/66543.pdf>
- Hazel, L.N., 1943. The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, 28, 476-490. <https://www.genetics.org/content/28/6/476>.

- Hazel, L.N., Lush, J.L., 1942. The efficiency of three methods of selection. *Journal of Heredity*, 33(11), 393-399. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a105102>.
- Hwang, I., Park, B., Cho, S., Lee, J., 2004. Effects of muscle shortening and proteolysis on Warner-Bratzler shear force in beef longissimus and semitendinosus. *Meat Science*, 68(3), 497–505. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.04.002>.
- Issakowicz, J., Issakowicz, A.C.K.S., Bueno, M.S., Costa, R.L.D.D., Geraldo, A.T., Abdalla, A.L., McManus, C., Louvandini, H., 2018. Crossbreeding locally adapted hair sheep to improve productivity and meat quality. *Scientia Agricola*, 75, 288-295. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2016-0505>.
- Jorge Júnior, J., Cardoso, V.L., Albuquerque, L.G.D., 2006. Modelo bioeconômico para cálculo de custos e receitas em sistemas de produção de gado de corte visando à obtenção de valores econômicos de características produtivas e reprodutivas. *Revista brasileira de Zootecnia*, 35(5), 2187-2196. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000700040>.
- Kosgey, I.S., Van Arendonk, J.A., Baker, R.L., 2003. Economic values for traits of meat sheep in medium to high production potential areas of the tropics. *Small Ruminant Research*, 50, 187-202. [http://doi:10.1016/S0921-4488\(03\)00102-0](http://doi:10.1016/S0921-4488(03)00102-0).
- Luna, A.A., 2017. Composição química da dieta e desempenho bioeconômico de ovinos pastejando capim-aruana sob quatro níveis de suplementação concentrada. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 67 f. <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/39429>.
- Massender, E., Brito, L.F., Cánovas, A., Baes, C.F., Kennedy, D., Schenkel, F.S., 2021. The value of incorporating carcass trait phenotypes in terminal sire selection indexes to improve carcass weight and quality of heavy lambs. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 138, 91-107. <http://doi:10.1111/jbg.12484>.
- McManus, C., Pinto, B.F., Martins, R.F.S., Louvandini, H., Paiva, S.R., Braccini Neto, J., Paim, T.D.P., 2011. Selection objectives and criteria for sheep in Central Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 2713-2720. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02209-6>.
- Medrado, B.D., Pedrosa, V.B., Pinto, L.F.B., 2021. Meta-analysis of genetic parameters for economic traits in sheep. *Livestock Science*, 247, 104477. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104477>.
- Mora, N.H.A.P., Macedo, F.A.F., Mexia, A.A., Dias-Senegalhe, F.B., Oliveira, E.Q., Radis, A.C., 2015. Características de carcaça de cordeiras Pantaneiras abatidas com diferentes espessuras de gordura subcutânea. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67(1), 290-298. <https://doi.org/10.1590/1678-7319>.

- Mortimer, S.I., Fogarty, N.M., Van der Werf, J.H., Brown, D.J., Swan, A.A., Jacob, R.H., Geesink, G.H., Hopkins, D.L., Edwards, J.E.H., Pannampalam, E.N., Warner, R.D., Pearce, K.L., Pethick, D.W., 2018. Genetic correlations between meat quality traits and growth and carcass traits in Merino sheep. *Journal of Animal Science*, 96, 3582-3598. <https://doi.org/10.1093/jas/sky232>.
- Ochsner, K.P., MacNeil, M.D., Lewis, R.M., Spangler, M.L., 2017. Economic selection index development for Beefmaster cattle I: terminal breeding objective. *Journal of Animal Science*, 95, 1063-1070. <https://doi.org/10.2527/jas.2016.1231>.
- Oliveira, E.J., Savegnago, R.P., Freitas, L.A.D., Freitas, A.P., Maia, S.R., Simili, F.F., Faro, L.E., Costa, R.L.D., Santa Júnior, M.L., Paz, C.C.P.D., 2018. Estimates of genetic parameters and cluster analysis for worm resistance and resilience in Santa Inês meat sheep. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 53(12), 1338-1345. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2018001200006>.
- Oliveira, R.V., Ximenes, F., Mendes, C., Figueiredo, R., Passos, C., 2011. Manual de criação de caprinos e ovinos. Brasília: Codevasp, 142p.
- Osório, J.C.S.; Osório, M.T.M.; Sañudo, C., 2009. Características sensoriais da carne ovina. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 292-300. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300029>.
- Paganoni, B., Rose, G., Macleay, C., Jones, C., Brown, D.J., Kearney, G., Ferguson, M., Thompson, A.N., 2017. More feed efficient sheep produce less methane and carbon dioxide when eating high-quality pellets. *Journal of Animal Science*, 95 (9), 3839–3850. <https://doi.org/10.2527/jas.2017.1499>.
- Peripolli, E., Oliveira, M.S.L., Baldi, F., Pereira, A.S.C., Vercesi, A.E., Albuquerque, L.G., 2016. Valores econômicos para sistemas de recria e engorda de bovinos Nelore e cruzado. *Revista Archivos de Zootecnia*, 65, 145-154. <http://dx.doi.org/10.21071/az.v65i250.481>.
- Ponzoni, R.W., Newman, S., 1989. Developing breeding objectives for Australian beef cattle production. *Animal Science*, 49, 35-47. <http://doi:10.1017/S00033566100004232>.
- Portes, J.V., Menezes, G.R., MacNeil, M.D., da Silva, L.O., Gondo, A., Neto, J.B., 2020. Selection indices for Nellore production systems in the Brazilian Cerrado. *Livestock Science*, 242, 104309. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104309>.
- Queiroz, L.D.O., Fonseca, F.D.A., Macêdo, G.R., Santos, A., Mora, N.H.A.P., Torres, M.G., Santana, T.E.Z., 2016. Desempenho produtivo e análise econômica de cordeiros Santa Inês abatidos com diferentes espessuras de gordura subcutânea. *Boletim de Indústria Animal*, 73, 46-52. <https://doi.org/10.17523/bia.v73n1p46>.

- Romão, M.M.V., Ribeiro, J.S., Costa, J.F.M., Lima, L.O.G.R., Júnior, D.L., Mariz, T.M.A., Silva, M.J.M.S., 2017. Viabilidade econômica do uso de fontes volumosas na dieta de ovinos confinados. *Boletim de Indústria Animal*, 74, 300-307. <https://doi.org/10.17523/bia.v74n3p300>.
- Schneeberger, M., Barwick, S.A., Crow, G.H., Hammond, K., 1992. Economic indices using breeding values predicted by blup. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 109, 180-187. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1992.tb00395.x>.
- Serviço Nacional de Aprendizagem Rural, 2019. Ovinocultura: criação e manejo de ovinos de corte. Coleção Senar, 265, 91p.
- Smith, C., 1983. Effects of changes in economic weights on the efficiency of index selection. *Journal of Animal Science*, 56, 1057-1064. <https://doi.org/10.2527/jas.1983.5651057x>.
- Siqueira, E.R., Simões, C.D., Fernandes, S., 2001. Efeito do sexo e do peso ao abate sobre a produção de carne de cordeiro. Morfometria da carcaça, pesos dos cortes, composição tecidual e componentes não-constituintes da carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30 (4), 1299-1307. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000500025>.
- Tortereau, F., Marie-Etancelin, C., Weisbecker, J.L., Marcon, D., Bouvier, F., Moreno-Romieux, C., François, D., 2020. Genetic parameters for feed efficiency in Romane rams and responses to single-generation selection. *Animal*, 14(4), 681-687. <https://doi.org/10.1017/S1751731119002544>.
- White, A.K., McLeod, B.M., Richards, J.S., O'Halloran, W.J., Atkins, K.D., 2007. The effect of eye muscle depth breeding values on lamb dressing percentage. In *Proceedings of 53 rd International Congress of Meat Science and Technology*. China Agricultural University Press/Session II meat production, 141-142. http://icomst-proceedings.helsinki.fi/papers/2007_02_31.pdf.