

BEATRIZ QUEIRÓZ DOS REIS

**Desenvolvimento de modelo para cálculo de custo de produção
e de análise da sustentabilidade na bovinocultura de corte a
pasto**

Pirassununga

2020

BEATRIZ QUEIRÓZ DOS REIS

Desenvolvimento de modelo de cálculo de custo de produção e de análise da sustentabilidade na bovinocultura de corte a pasto

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição e Produção Animal

Orientador:

Prof. Dr. Augusto Hauber Gameiro

Coorientadora:

Prof.^a Dr.^a Elaine Mendonça Bernardes

Pirassununga
2020

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virgínie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T. 3991 FMVZ	Reis, Beatriz Queiróz dos Desenvolvimento de modelo de cálculo de custo de produção e de análise da sustentabilidade na bovinocultura de corte a pasto / Beatriz Queiróz dos Reis. – 2020. 120 f. : il. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, 2020. Programa de Pós-Graduação: Nutrição e Produção Animal. Área de concentração: Nutrição e Produção Animal. Orientador: Prof. Dr. Augusto Hauber Gameiro. Coorientadora: Profa. Dra. Elaine Mendonça Bernardes. 1. Índices econômicos. 2. Custo de produção. 3. Avaliação ambiental. 4. Índices emergéticos. I. Título.
-----------------	--



CERTIFIED

We certify that the Research "Development of a model for production cost calculation and for sustainability analysis in beef cattle grazing farms", protocol number CEUAX 3023040419 (ID 001103), under the responsibility Augusto Hauber Gameiro, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Ethic Committee in the Use of Animals of School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo), and was approved in the meeting of day April 17, 2019.

Certificamos que o protocolo do Projeto de Pesquisa intitulado "Desenvolvimento de modelo de cálculo de custo de produção e de análise da sustentabilidade na bovinocultura a pasto ", protocolado sob o CEUAX nº 3023040419, sob a responsabilidade de Augusto Hauber Gameiro, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, e foi aprovado na reunião de 17 de abril de 2019.

Profa. Dra. Anneliese de Souza Traldi
Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

Roseli da Costa Gomes
Secretária
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: REIS, BEATRIZ QUEIRÓZ

Título: Desenvolvimento de modelo de cálculo de custo de produção e de análise da sustentabilidade na bovinocultura de corte a pasto

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Data: ____ / ____ / ____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

À Universidade de São Paulo (USP) e ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), pela oportunidade de cursar o mestrado em tão reconhecida instituição.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo. E a todos os docentes e colaboradores que proporcionaram um ambiente propício para a idealização e finalização deste trabalho.

Ao meu orientador Professor Doutor Augusto Hauber Gameiro e à minha coorientadora Professora Doutora Elaine Mendonça Bernardes pela capacidade de ensino, pesquisa e conhecimento compartilhados.

Aos colegas do Laboratório de Análises Socioeconômicas e Ciência Animal, pela amizade, orientação, colaboração e companheirismo, bem como os demais colegas de diversos laboratórios que cruzaram minha trajetória nestes dois anos de mestrado.

À professora Camila Raineri, e aos professores Rubens Nunes, Rodrigo Goulart, Luís Ambrósio e especialmente ao Professor Enrique Ortega que compartilharam seu tempo e conhecimento ao longo desta jornada.

À minha família, por todo amor, carinho, compreensão, paciência e apoio incondicional em todos os momentos da minha vida. Amo e sou eternamente grata a vocês, por tudo!

RESUMO

REIS, B. Q. Desenvolvimento de modelo para cálculo de custo de produção e de análise da sustentabilidade na bovinocultura de corte a pasto. 2020. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

Esta dissertação teve por finalidade desenvolver um modelo de cálculo para estimar: a) o custo de produção de bovinos a pasto, nas fases de recria e terminação; e b) avaliar a sustentabilidade ambiental dos sistemas de produção, utilizando a síntese em energia. Para o desenvolvimento do modelo proposto foi realizado o estudo de caso e o modelo foi desenvolvido através do *software* Excel[®]. Todos os itens foram considerados e alocados, de acordo com os preceitos da Teoria Econômica, em Custo Fixo (CF), Custo Variável (CV) e Custo Total (CT). Em relação a síntese em energia, os indicadores calculados foram Renovabilidade (Ren%), Índice de sustentabilidade em energia (ESI), Razão de intercâmbio emergético (EER), Razão de rendimento emergético (EYR), Razão de investimento emergético (EIR), Razão de carga ambiental (ELR) e a Transformidade. O custo total por cabeça de bovino produzido foi de R\$ 2.155,18. Quando analisados os fatores que mais influenciam o CT, o CV representa 66% desse valor. O custo com a aquisição dos animais, incluso no custo variável, é o fator mais representativo do custo de produção, tendo sido de 59% do CT para a propriedade analisada. Quando analisada do ponto de vista ambiental, pode-se observar que a propriedade tem uma Renovabilidade de 47,61%, ou seja, de toda a energia utilizada, quase a metade é proveniente de recursos renováveis. O ESI avalia a carga sobre o meio ambiente pela demanda de recursos não renováveis para se obter o maior rendimento possível, sendo que o resultado para este índice foi de 1,74. O EER indica o nível de equilíbrio das relações de troca entre a energia do produto e a energia da receita bruta, tendo apresentado o valor de 12,45, indicando que o sistema entrega 12 vezes mais energia do que recebe em forma monetária. Na propriedade analisada, o sistema é altamente dependente dos recursos da economia. Entre os recursos não renováveis, o que mais impacta o sistema é o combustível utilizado para os serviços de manejo de pastagem. Para a síntese em energia este recurso representa 51,19% da energia total, porém do ponto de vista econômico este recurso representa apenas 1% do custo total de produção. Se melhorado por meio de técnicas o manejo das pastagens, utilizando adequada taxa de lotação, por exemplo, o sistema seria menos dependente desse insumo. O modelo proposto foi capaz de

estimar os custos para a propriedade, e para os diferentes lotes de bovinos dentro dela. Além disso, foi possível alocar os custos por cabeça de bovino e por arroba produzida. Por meio dos índices emergéticos foi possível analisar o sistema de bovinos sob uma perspectiva ambiental, permitindo ao pesquisador auxiliar o produtor rural na adoção de técnicas que melhorem os indicadores de sustentabilidade, hoje altamente cobrados pelo consumidor final. A ferramenta desenvolvida constitui, portanto, um facilitador para o produtor compreender os custos de produção do seu produto, melhorando as chances de negociação.

Palavras-chave: Resultados econômicos. Ruminantes. Sistemas extensivos. Gestão ambiental.

ABSTRACT

REIS, B. Q. Development of a model for production cost calculation and for sustainability analysis in beef cattle grazing farms. 2020. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

This thesis aims at developing a calculation model capable of allowing: a) estimation of the production cost of cattle on pasture, in the rearing and finishing phases; and, b) evaluation of the sustainability of production systems, using the emergy synthesis. For the development of the proposed model, a case study was carried out, and the model was developed through Excel® software. All items were considered and allocated, according to the precepts of Economic Theory, under Fixed Cost (FC), Variable Cost (CV) and Total Cost (CT). The proposed model was able to estimate costs in the case study for the entire property and the different production lots within the same property. Also, it made possible to allocate costs per head of cattle and per arroba produced. The total cost per head of cattle produced was R\$ 2,155.18. Upon analyzing those factors most representative of the CT, it turned out that the CV represented 66% of this value. The value of acquisition of animals, included under variable cost, is the factor most representative of the cost of production, which for the property analyzed was 59% of the CT. Therefore, the tool developed is a facilitator for better understanding and improving the chances of negotiation. When analyzed from the environmental point of view, it can be observed that the property considered in the case study presents a Renewability of 47.61%, that is, of all the energy used, less than half comes from renewable resources. The emergy yield ratio (EYR), which measures how much of natural energy was incorporated into the production of a good or service, was 1.91. Finally, the survey found that the emergy exchange ratio (EER), which indicates how balanced is the exchange ratio between the product's emergy and the gross revenue's emergy, was 12,45, indicating that the system delivers much more emergy than it receives in monetary form. It is apparent that, in the property analyzed, the system is highly dependent on economy resources. The non-renewable resource that most affects the system is fuel used for pasture management services. For the emergy syntheses that input represented 51,19% of total emergy but from the economic point of view this resource represents only 1% of the total production cost. Would pasture management be improved through related techniques, such as use the adequate occupancy rate, the system would be less dependent on the economy. Through the

energetic indexes, it was possible to analyze the cattle system from an environmental perspective, allowing the researcher to assist the rural producer in the adoption of techniques capable of improving the sustainability indicators, which nowadays are being highly charged by the final consumer.

Keywords: Economic results. Ruminants. Pasture systems Environmental assessment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Participação dos países na produção mundial de carne bovina em 2018.	20
Figura 2- Cabeças, área de pastagem e taxa de lotação de bovinos - Brasil - 1940/2017.	20
Figura 3- Distribuição das pastagens no Brasil, no ano de 2016	21
Figura 4- Ciclo da criação de bovinos de corte e suas fases	27
Figura 5- Curva de crescimento de bovinos.....	28
Figura 6- Sistema de recria convencional realizada no Brasil, em sistemas de pastejo..	29
Figura 7- Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, estabelecidos pela ONU, 2015.	36
Figura 8- Relações físicas e financeiras realizadas entre a fazenda e a sociedade, incluindo recursos da natureza.....	37
Figura 9- Exemplo de energia disponível (exergia).	40
Figura 10- Exemplo de Emergia.....	40
Figura 11- Processos de energia transferida e transformidade.....	41
Figura 12- Região na qual está localizada a propriedade do estudo de caso.	86
Figura 13- Esquema de agrupamento dos fluxos agregados de emergia.	93
Figura 14- Fluxos agregados em um modelo conceitual simples.....	96
Figura 15- Modelo mental para o sistema de Recria/Engorda de bovinos de corte. .	97
Figura 16- Modelo conceitual de um sistema de recria/engorda de bovinos de corte criados a pasto.	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Perfil da Pecuária no Brasil, rebanho bovino, em Unidades Federais.....	22
Tabela 2- Custos obtidos no estudo de caso. Resultados para toda a propriedade, por animal, por @ produzida e, por % do custo total.....	61
Tabela 3 - Descrição do estado fisiológico de cada lote.....	65
Tabela 4- Custos obtidos no estudo de caso. Resultados para o lote 1, para o ciclo produtivo apresentado, por animal, por @ produzida e, por % do custo total..	66
Tabela 5- Custos obtidos no estudo de caso. Resultados para o lote 2, para o ciclo produtivo apresentado, por animal, por @ produzida e, por % do custo total..	68
Tabela 6- Custos obtidos no estudo de caso. Resultados para o lote 3, para o ciclo produtivo apresentado, por animal, por @ produzida e, por % do custo total.	70
Tabela 7- Resultados econômicos para simulação do preço de venda dos animais do lote 3, para o ciclo produtivo apresentado, por animal, por @ produzida e, por % do custo total.	73
Tabela 8- Elasticidade-preço dos itens sobre o custo total de produção: variação percentual que aconteceria no custo total de produção mediante incremento de 1% no custo dispêndio total dos respectivos itens..	76
Tabela 9- Inventário da propriedade do estudo de caso, preços em reais.....	81
Tabela 10- Inventário dos capitais na propriedade de estudo de caso.	88
Tabela 11- Custos obtidos na propriedade do estudo de caso. Resultados para toda a propriedade, para o ciclo produtivo apresentado, por animal, por @ produzida e, por % do custo totaldo.....	88
Tabela 12- F Tabela de energia para o sistema estudado.....	99
Tabela 13- Resultados dos índices emergéticos para a propriedade analisada..	101
Tabela 14- Fluxos agregados de energia, valores por joules solares/hectare.....	102
Tabela 15- Resultados dos índices emergéticos para a propriedade analisada	102
Tabela 16- Comparação entre os resultados de índices emergéticos encontrados nesta pesquisa e outros proporcionados pela literatura	105
Tabela 17- Representatividade das % totais de custo e energia para a propriedade analisada.....	105
Tabela 18- Comparação dos índices emergéticos quando modificados, hipoteticamente, a quantidade de combustível utilizada de 760 litros para 380 litros	107

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Esquema de alocação dos custos para o modelo de custo de produção de bovinos de corte recriados e terminados a pasto.....	49
Quadro 2- Equações que compõem o modelo de cálculo de custo para bovinos recriados e terminados a pasto	49
Quadro 3- Nomenclatura e definições das fórmulas utilizadas no modelo de cálculo	49
Quadro 4- Equações que compõem o Custo Variável do modelo de cálculo de custo para bovinos recriados e terminados a pasto.....	54
Quadro 5- Nomenclatura e definições das fórmulas utilizadas no cálculo do custo variável.....	54
Quadro 6- Valores utilizados no estudo de caso, para calcular a depreciação dos equipamentos utilizados na produção de bovinos de corte da propriedade analisada	55
Quadro 7- Resultados para o item, renda ao produtor, da propriedade estudada. ...	63
Quadro 8- Resultados obtidos para o item, indicadores zootécnicos da propriedade.	64
Quadro 9- Símbolos propostos por Odum (1996) usados no diagrama do modelo conceitual do sistema.....	91
Quadro 10- Índices emergéticos e respectivas equações, propostas por Odum (1996) e, Ortega (2002).	95
Quadro 11- Nomenclatura e definições das equações utilizadas para cálculo dos índices emergéticos.	95

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	16
3. OBJETIVOS	16
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
4.1.A BOVINOCULTURA DE CORTE.....	17
4.2.OS CUSTOS DE PRODUÇÃO	27
4.3.O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	31
5. ARTIGO 1 - DESENVOLVIMENTO DE MODELO DE CÁLCULO DE CUSTO DE PRODUÇÃO NA BOVINOCULTURA DE CORTE A PASTO	40
5.1.INTRODUÇÃO	41
5.2.MATERIAL E MÉTODOS	42
5.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.3.1. Descrição da propriedade de estudo de caso.....	437
5.3.2. Esquemas de alocação e cálculos dos custos de produção.....	48
5.3.3. Receitas de um sistema de bovinos em sistemas de pastejo.....	59
5.3.3. Relatórios econômico.....	60
5.4.CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS	73
APÊNDICE	76
6. ARTIGO 2 – SÍNTESE EM EMERGIA PARA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA BOVINOCULTURA A PASTO	79
6.1.INTRODUÇÃO	80
6.2.MATERIAL E MÉTODOS	81
6.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO	92
6.4.CONCLUSÕES	106
REFERÊNCIAS	107
APÊNDICE	112
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES	114
REFERÊNCIAS.....	115

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio é destaque na composição do Produto Interno Bruto (PIB) no Brasil. Em 2018, as atividades agrícolas e pecuárias representaram 21,1% do PIB, de acordo com os dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA (2018). A participação da pecuária no agronegócio, se analisada de forma isolada e considerando-se os insumos, a agropecuária em si, a indústria e os serviços, foi de 5,5%, para o ano de 2018 (IBGE, 2019).

A significativa participação da pecuária no PIB brasileiro se deve, entre outros motivos, ao tamanho do rebanho de bovinos, que movimenta uma extensa cadeia de produção dentro do País. No ano de 2018, o rebanho de bovinos contabilizou cerca de 213 milhões de cabeças; nesse mesmo ano, de acordo com o IBGE (2019), foram abatidas 31,9 milhões de cabeças.

No ano de 2017, 90% dos bovinos abatidos foram provenientes dos 162,8 milhões de hectares de pastagens nativas e cultivadas (IBGE, 2019). Estima-se que a produção agrícola e pecuária ocupe, no Brasil, 244,4 milhões de hectares (USDA, 2019). Em virtude da área territorial e do grande rebanho brasileiro de bovinos, os sistemas de produção são realizados, em sua maioria, sobre pastagens (RIVERO, et. al. 2009).

O uso das pastagens no Brasil apresenta grande diversidade, sobretudo pela extensão territorial e pela diversidade de ambientes ecológicos do território brasileiro. Por esta razão, depara-se com os mais diferentes tipos de sistemas de criação de bovinos, por exemplo: sistema extensivo, sistema semi-intensivo e sistemas intensivos. O uso de tecnologias nos diferentes sistemas influencia diretamente a rentabilidade e a sustentabilidade da atividade.

Além dos diferentes tipos de tecnologia utilizada na produção, a pecuária de corte permite ao produtor optar por várias fases de criação de bovinos, dentre elas, a criação de bezerros(as), a recria, a engorda e ainda aqueles que realizam mais de uma fase de criação de bovinos e até mesmo o ciclo completo. Estes três principais fatores – extensão territorial, diferentes usos de sistemas e tecnologias, e a possibilidade de realizar uma ou mais de uma fase na criação de bovinos – tornam a

pecuária de corte uma atividade de caráter heterogêneo e, portanto, de complexa comparação econômica (VIU et. al. 2007).

Além das dificuldades envolvidas na realização de análise econômica adequada, o setor enfrenta desafios para proceder à avaliação da sustentabilidade da produção de bovinos a pasto, razão pela qual esta tem sido frequentemente negligenciada. Alguns dos motivos que sugerem esta falta de avaliação em relação a sustentabilidade ambiental do sistema se dá além da dificuldade de análise e comparação entre os sistemas pecuários, a falta da pressão social e de mercado e do incentivo para criação de políticas públicas. Desde o Relatório *Brundtland*, que estabeleceu, em 1987, que o desenvolvimento sustentável deve atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender as suas próprias necessidades (BRUNDTLAND, 1987), esforços vêm sendo conduzidos para alinhar os sistemas de produção agropecuários a este modelo de desenvolvimento (PRETTY, 2008; PRETTY; BHARUCHA, 2014, AMBROSIO et al. 2019). Iniciou-se, em 2015, uma agenda mundial durante a Cúpula das Nações Unidas para se atingir o Desenvolvimento Sustentável. A agenda se compõe de 17 objetivos e 169 metas, a serem atingidos até o ano de 2030. Dentre os objetivos, quatro dimensões principais são abordadas, sendo elas sociais, ambientais, econômicas e institucionais.

Para alinhar os objetivos de desenvolvimento sustentável com a produção de alimentos, especificamente a produção de carne bovina, é necessário avaliar os sistemas de produção de uma maneira mais holística. Entre as metodologias propostas para avaliar a sustentabilidade dos sistemas, uma que vem se destacando é a síntese em emergia. Emergia é a contração da expressão "*Embodied energy*", e significa "Memória Energética". Esta metodologia descreve toda a energia externa e interna, renovável ou não, que se utiliza para produzir um recurso, seja natural ou antrópico. De acordo com Agostinho (2018), a síntese em emergia, proposta por Odum (1988), é a ferramenta que pode ser utilizada como método de avaliação e diagnóstico de sustentabilidade; isto porque ela permite a contabilização de toda a energia no sistema e assim, principalmente permite a inclusão do capital natural e então, o cálculo de indicadores que podem servir de alternativas para possibilitar a discussão e simulação de como alcançar o equilíbrio da sustentabilidade. Desse modo, a adoção e utilização da síntese em emergia vem ganhando força ao longo dos anos e desponta como uma das metodologias para exploração de indicadores que

permitem analisar a carga ambiental dos sistemas e desta forma buscar alternativas que possam tornar o sistema mais sustentável, do ponto de vista ambiental.

2. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Primeiramente, será apresentada uma breve contextualização sobre a bovinocultura de corte brasileira, a fim de facilitar o entendimento da pesquisa desenvolvida e o alinhamento com os objetivos para o desenvolvimento sustentável estabelecidos pela Organização das Nações Unidas em 2015. Em seguida, serão apresentados os objetivos do trabalho desenvolvido.

A revisão de literatura apresentada irá discorrer, principalmente, sobre as temáticas custo de produção e desenvolvimento sustentável sobre a forma de facilitar o entendimento sobre a teoria econômica e as principais aplicações à bovinocultura de corte, bem como as dificuldades envolvidas nisso. Serão apresentadas detalhadamente as principais dificuldades do sistema em relação à alocação e organização dos custos, e em seguida, uma revisão da metodologia utilizada para estimar o capital natural do sistema de produção e suas correlações com a economia.

Os resultados serão apresentados no formato de artigo. O primeiro artigo será o modelo de cálculo proposto para análise individual da temática econômica. O segundo artigo irá discutir os resultados da aplicação da metodologia da síntese em emergia aplicada para o estudo de caso, sobre o qual se baseia o modelo de cálculo desenvolvido no primeiro artigo e estabelecerá uma relação entre as duas temáticas.

3. OBJETIVOS

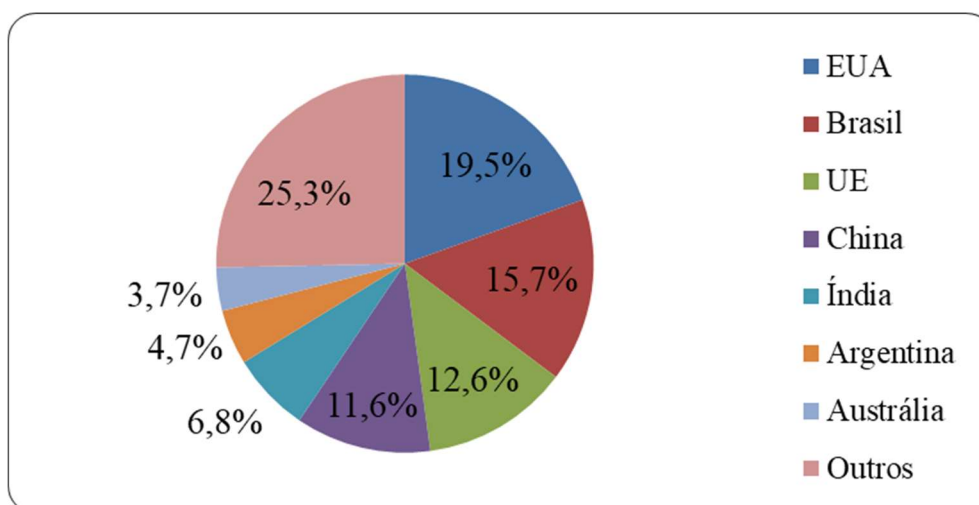
Esta dissertação teve por objetivo desenvolver um modelo para cálculo de custo de produção e para cálculo da síntese em emergia dos sistemas de produção de bovinos de corte a pasto na fase de recria e terminação.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. A BOVINOCULTURA DE CORTE

A população de bovinos no mundo, para o ano de 2018, foi 1.001,84 bilhões de cabeças (USDA, 2018). Os quatro países com maiores rebanhos efetivos de bovinos naquele ano foram Índia, Brasil, China e Estados Unidos, respectivamente com 305 milhões, 232 milhões, 96,85 milhões e 94,39 milhões de cabeças. Na Figura 1 é possível observar a representatividade dos principais países na população total de bovinos no mundo. Quando se trata da representatividade para produção de carne, os Estados Unidos da América seguem como maior produtor mundial, com 12,72 milhões de toneladas, seguido do Brasil e os países da União Europeia, com 10,20 e 7,80 milhões de toneladas de carne bovina, respectivamente.

Figura 1. Participação dos países na produção mundial de carne bovina em 2018

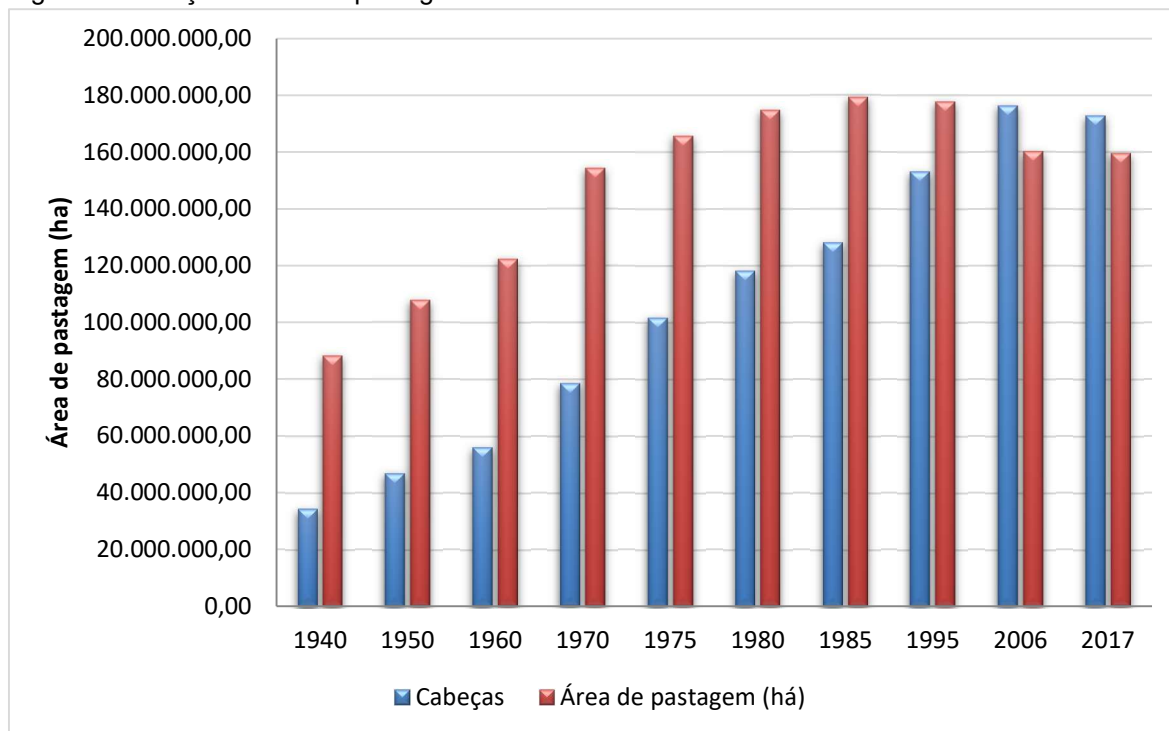


Fonte: Adaptado de USDA (2018).

O rebanho bovino destinado à pecuária de corte, de acordo com IBGE (2017), era de 213 milhões de cabeças. É possível acompanhar a evolução do rebanho e a área ocupada por pastagens na Figura 2. Desde 1940, o número de cabeças cresce e a área de pastagens apresentou um crescimento na sua ocupação de 194 até 1985, um decréscimo até o censo de 2006 e até 2017 permanece estável. Este crescimento populacional sugere que os sistemas têm se tornado mais produtivos ao longo dos anos. Porém, vale ressaltar que o aumento de produtividade nem sempre significa sistemas mais sustentáveis, ao menos do ponto de vista ambiental. É preciso

conhecer os sistemas e mensurar o quão impactante a bovinocultura é para a natureza na qual está inserida.

Figura 2. Cabeças e área de pastagem de bovinos - Brasil - 1940/2017



Fonte: IBGE - Censo Agropecuário 2017 (IBGE, 2017).

Na Tabela 1, pode-se observar o perfil da pecuária no Brasil, dividido por estado. A relação da participação dos animais destinados à produção de carne se destaca, principalmente na região Centro-Oeste. Destes animais, foram abatidos em 2018 aproximadamente 31,9 milhões de bovinos, dos quais 5,58 milhões foram provenientes de confinamentos (ABIEC, 2019), resultando então em 26,32 milhões de animais produzidos e terminados em sistemas de pastagem.

Apesar do destaque dos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Goiás que mais abatem bovinos, com uma participação de 20,15%, 14,52%, 11,30% e 10,86% respectivamente, nota-se que a atividade está presente em todo o País e em biomas completamente distintos entre si. Apesar desta evidente distribuição da atividade, a pecuária de corte apresenta algumas características gerais de classificação, as mais utilizadas são em relação ao fator nutricional, na qual a atividade é classificada em sistema extensivo, semi-intensivo e intensivo, e em relação à condição fisiológica dos animais, que ocorre a categorização em cria, recria e engorda. Ambas serão descritas a seguir.

Tabela 1. Perfil da Pecuária no Brasil, rebanho bovino, em Unidades Federais.

Estado	Efetivo dos rebanhos (Cabeças) ¹	Quantidade de Abate por Ano/2019 ²	Participação de Abates no Brasil, % ²	Participação de animais exclusivamente destinados a corte (%) ^{1, 3}
Acre	3.017.291,00	270.061,00	1,10	91,04
Alagoas	1.248.119,00	-	-	52,42
Amapá	55.422,00	-	-	83,23
Amazonas	1.376.210,00	61.324,00	0,25	79,49
Bahia	9.923.931,00	289.350,00	1,18	80,26
Ceará	2.401.771,00	-	-	43,72
Distrito Federal	90.199,00	-	-	81,33
Espírito Santo	1.976.903,00	100.797,00	0,41	67,48
Goiás	22.651.910,00	2.639.742,00	10,80	80,72
Maranhão	7.793.180,00	347.625,00	1,42	77,15
Mato Grosso	30.199.598,00	4.924.752,00	20,15	94,50
Mato Grosso do Sul	20.896.700,00	3.549.709,00	14,52	96,97
Minas Gerais	21.810.311,00	2.179.464,00	8,92	66,04
Pará	20.628.651,00	2.053.569,00	8,40	87,81
Paraíba	1.240.004,00	-	-	50,07
Paraná	9.275.271,00	869.712,00	3,56	76,69
Pernambuco	1.862.181,00	-	-	43,79
Piauí	1.464.196,00	-	-	80,98
Rio de Janeiro	2.552.587,00	-	-	48,97
Rio Grande do Norte	863.284,00	-	-	37,39
Rio Grande do Sul	12.551.432,00	749.641,00	3,07	86,76
Rondônia	14.367.161,00	2.507.786,00	10,26	86,08
Roraima	817.198,00	16.781,00	0,07	79,88
Santa Catarina	4.296.052,00	109.770,00	0,45	56,51
São Paulo	10.771.635,00	2.762.917,00	11,30	85,13
Sergipe	1.039.346,00	78.669,00	0,32	47,99
Tocantins	8.352.513,00	934.718,00	3,82	81,77
Brasil	213.523.056,00	24446387	100,00	81,45

Fontes: ¹Pesquisa Pecuária Municipal IBGE, 2019; ²Dados Quantitativos de Abate sob a responsabilidade dos SIPAs/DFAs, 2019; ³ABIEC, 2019.

Para melhor entendimento das diversidades que ocorrem nos sistemas de criação de bovinos, será descrita a seguir, a classificação majoritária do sistema de produção no Brasil, considerando o regime alimentar, tal como descrita por Cezar et al. (2005), os sistemas são descritos em extensivo, semi-intensivo e intensivo. De acordo com os autores, os sistemas extensivos são sistemas com regime exclusivo de pastagem, caracterizados pela utilização de pastagens nativas e/ou cultivadas como únicas fontes de alimentos energéticos e proteicos. Em geral, trata-se de

sistemas de pastagens deficientes em micro e macronutrientes. Por isso, deveria ocorrer, no mínimo, a suplementação mineral.

As pastagens podem ser divididas em duas categorias: nativas e cultivadas. As pastagens nativas, geralmente com suporte de carga animal baixo, variam de 0,5 a 1 Unidade Animal por hectare (CEZAR et al., 2005). São encontradas com maior frequência em diferentes ecossistemas das regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sul. Sua composição nutricional é de difícil identificação pela variabilidade de espécies em uma mesma área. As pastagens cultivadas possuem melhores condições de carga animal, variando durante o ano; a taxa de lotação fica então entre 0,5 a 2,5 UA/ha, proporcionando melhores resultados para ganho de peso vivo (CEZAR et al., 2005). Os resultados para ganho de peso vivo dos bovinos em sistemas de pastagens cultivadas são, muitas vezes, definidos por uma combinação de características que irão definir a qualidade e oferta da forrageira, como, por exemplo, o manejo adequado da implementação e da manutenção das pastagens, o uso de sementes certificadas, o uso de fertilizantes, defensivos agrícolas e irrigação. Na figura 3 pode-se observar como a distribuição de pastagens exclusivamente destinadas a bovinos de corte ocorre no Brasil.

Figura 3. Distribuição das pastagens no Brasil, no ano de 2016



Fonte: Adaptado de IBGE (2016); ABIEC (2018).

Com aproximadamente 5 milhões de estabelecimentos agropecuários, o Brasil possui 41% de seu território ocupados por áreas rurais (ANDRADE; DA SILVA, 2020; IBGE, 2017). Em relação ao censo agropecuário anterior IBGE (2006), houve um

aumento de 5,8% na área ocupada. Este aumento foi causado pela ocupação de área de lavoura temporária (14%), pastagens plantadas (10%), matas naturais dentro das propriedades (12%) e matas plantadas, com a porcentagem 83% (SAATH; FACHINELLO, 2018). De acordo com a Andrade e Silva (2020), um dos fatores que favorecem o aumento da área de matas naturais ou plantadas dentro das propriedades foi a implantação do Código Florestal, em 2012, que agora contabiliza a área de preservação permanente como pertencente ao estabelecimento agropecuário.

Embora as políticas implementadas durante as últimas décadas tenham contribuído para o uso mais consciente dos recursos naturais, principalmente da terra, e a pecuária tenha avançado, a produtividade média das pastagens não é satisfatória (STRASSBURG et al., 2014). A principal causa de baixa produtividade é a quantidade de pastagens degradadas, estimadas em torno de 100 milhões de hectares (DIAS-FILHO, 2014). Com um potencial de produtividade a ser alcançado, a pecuária do Brasil se apresenta esperançosa e acredita que se possa alcançar tal produtividade mediante o manejo das áreas degradadas e a recuperação das pastagens improdutivas (DIAS-FILHO, 2011, 2014).

O manejo das pastagens é um dos fatores que mais influenciam a produtividade de produção animal a pasto por duas grandes razões (ABRÉU; LOPES, 2005). A primeira pode ser denominada de potencial forrageiro da planta, que é o resultado da interação planta e ambiente. Esta interação será responsável pela qualidade, valor nutritivo, consumo de matéria seca, a forma física da planta determinada pela aceitabilidade, taxa de passagem e disponibilidade. O segundo potencial é determinado pelo animal e é uma função do estado fisiológico, da genética e da interação com o ambiente (S'THIAGO; LOPES, 1999).

Voltando à descrição dos sistemas, à semelhança do que ocorre no sistema extensivo, a base alimentar do sistema semi-intensivo é caracterizada pelas pastagens, nativas ou cultivadas; ocorre o fornecimento de algum tipo de suplementação, podendo esta ser apenas mineral ou então proteica e energética. O tipo de suplementação e a forma porque é realizada, assim como os ingredientes utilizados, constituem um fator variável. A suplementação pode ocorrer durante todo o ano, ou pode ocorrer de forma estratégica, de acordo com a situação fisiológica das pastagens, dos animais, da oferta de ingredientes na região e das metas do pecuarista (CEZAR et al., 2005).

As estratégias de suplementação mais vistas no sistema semi-intensivo são: (a) Apenas sal mineral; (b) *Creep feeding*; (c) Sal proteico para a seca; (d) Sal proteico para a chuva; e (e) Concentrado (CEZAR et al., 2005). A primeira estratégia é composta apenas do fornecimento de sal mineral. A segunda, chamada de *Creep feeding*, consiste em suplementar os bezerros utilizando instalações construídas de tal modo que não permitem o acesso senão aos próprios bezerros. Seu principal objetivo é o desmame mais pesado destes, razão pela qual são encontradas nos sistemas de cria (CEZAR et al., 2005).

A estratégia de utilização de sal proteico, popularmente chamada de “proteinado”, consiste na mistura de sal mineral com alguma fonte de proteína. É possível encontrar este tipo de suplementação com diferentes composições de utilização. A principal característica que determina a composição é o período de menor oferta de volumoso, que ocorre no inverno. Este tipo de suplementação tem como principal função reduzir a perda de peso dos animais durante os períodos em que se verificam menores ofertas de nutrientes da pastagem. O objetivo deste tipo de estratégia nutricional é atender as necessidades nutricionais das bactérias ruminais, principalmente em nitrogênio (CEZAR et al., 2005). Já o sal proteico para as épocas de chuvas é ofertado durante o verão, época em que se verifica melhor disponibilidade de nutrientes pelas pastagens; seu principal objetivo, pois, é suprir as exigências nutricionais minerais dos animais e garantir melhor simbiose para os micro-organismos ruminais.

A última estratégia de suplementação, citada anteriormente, é o concentrado, que tem como objetivo o ganho de peso vivo. A quantidade ofertada aos animais deste tipo de suplementação é maior. Dependendo da meta do pecuarista, o consumo pode variar de 2,00% a 2,50% do peso vivo do animal. Os ingredientes para este tipo de suplementação variam conforme o nutricionista. De acordo com Pinto e Millen (2018), o programa mais utilizado para formulação de concentrados no Brasil é o software RLM® (Receita de Lucro Máximo), que prioriza o preço dos ingredientes e a disponibilidade de nutrientes de cada item, de modo a proporcionar um ponto ótimo de utilização segundo as metas estabelecidas. Desse modo, é comum observar mais de um tipo de dieta ou formulação, pois o software irá apresentar uma solução baseando-se no preço regional dos insumos. Esta estratégia é mais utilizada na recria e na terminação dos bovinos.

O último sistema de criação de bovinos a ser descrito é o sistema intensivo, que é caracterizado pela engorda dos animais em menor tempo. A comparação deste com outros sistemas que possuem como base de alimentação as pastagens, revela que ele não é possível se não pela adoção da estratégia de confinamento. Este sistema acontece de forma isolada da cria e recria. O que define a entrada dos animais no confinamento é o peso, a raça, o estado fisiológico e as metas que o pecuarista tem em vista. A estratégia de confinar os animais pode se dar em qualquer período do ano, mas é mais vista no período de menores oferta e qualidade de pastagens. Com os animais confinados, é possível controlar o seu consumo e garantir que ganharão mais peso em menor tempo, como também evitar a perda de peso. Esta estratégia permite a reutilização de ingredientes de baixo valor nutritivo e econômico, como o bagaço de cana-de-açúcar e a polpa de laranja, assim como outros subprodutos da indústria alimentícia.

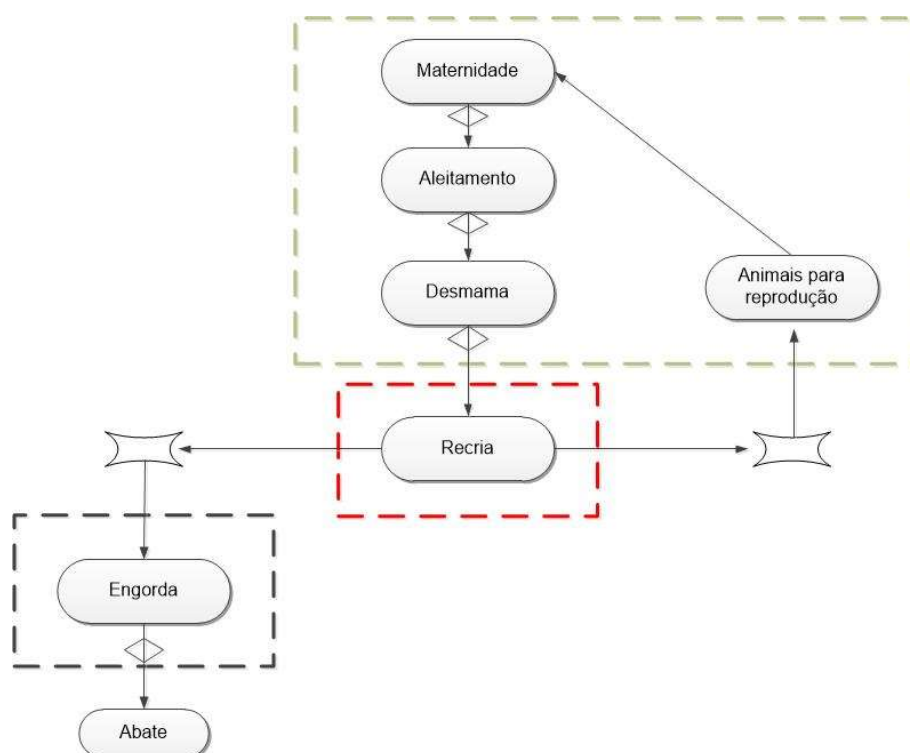
Para suplementação neste sistema, as fontes energéticas mais utilizadas são: milho, sorgo, aveia e milheto. Já as fontes proteicas mais utilizadas são: farelos de soja, farelos de algodão, farelos de caroço de algodão, farelos de glúten de milho, grão de soja e ureia (CEZAR et al., 2005). A fonte de volumoso mais recomendada entre os nutricionistas de confinamento, em valores percentuais, é a silagem de milho, que é utilizada por 63,6% dos confinamentos. Em segundo lugar vem o bagaço de cana-de-açúcar, que é utilizado por 12,1% e a silagem de capim, com 9,1% de recomendações. A silagem de sorgo e cana picada fresca é recomendada por 6,1% dos nutricionistas, enquanto 3% utilizam vagem de semente de algodão como volumoso (PINTO; MILLEN, 2018). Em relação à fonte energética, a maioria utiliza o milho. Em média, 70,6% dos confinamentos utilizam algum tipo de coproduto na dieta. Com sistemas de formulação específicos para este sistema, o uso de confinamentos no Brasil vem crescendo ao longo dos anos: em 2017, 5,58 milhões de animais abatidos no Brasil foram provenientes de confinamentos (IBGE, 2018). Apesar do crescente sucesso da técnica de criação intensiva, os sistemas de pastagens, extensivos e semi-intensivos, são mais representativos no Brasil.

Isto porque os animais terminados em confinamentos são, na maioria das vezes, oriundos de sistemas de cria e recria em pastagens, o que torna os três sistemas conectados e interdependentes. Além dos diferentes sistemas descritos anteriormente, extensivo, semi-intensivo e intensivo, a pecuária de corte permite ao produtor optar por fases distintas da criação de bovinos, – a criação de bezerras (as),

a recria, a engorda – como também por múltiplas fases e até mesmo pelo ciclo completo da criação de bovinos. A seguir, será apresentada uma breve descrição de cada fase, com ênfase na produção de bovinos criados nos sistemas de pastagem.

A Figura 4 apresenta um esquema do ciclo da criação de bovinos e suas respectivas fases. No retângulo tracejado verde, encontra-se a fase denominada cria; no retângulo tracejado vermelho, a fase de recria; e no retângulo tracejado preto, a fase de engorda.

Figura 4. Esquema das fases de criação de bovinos de corte



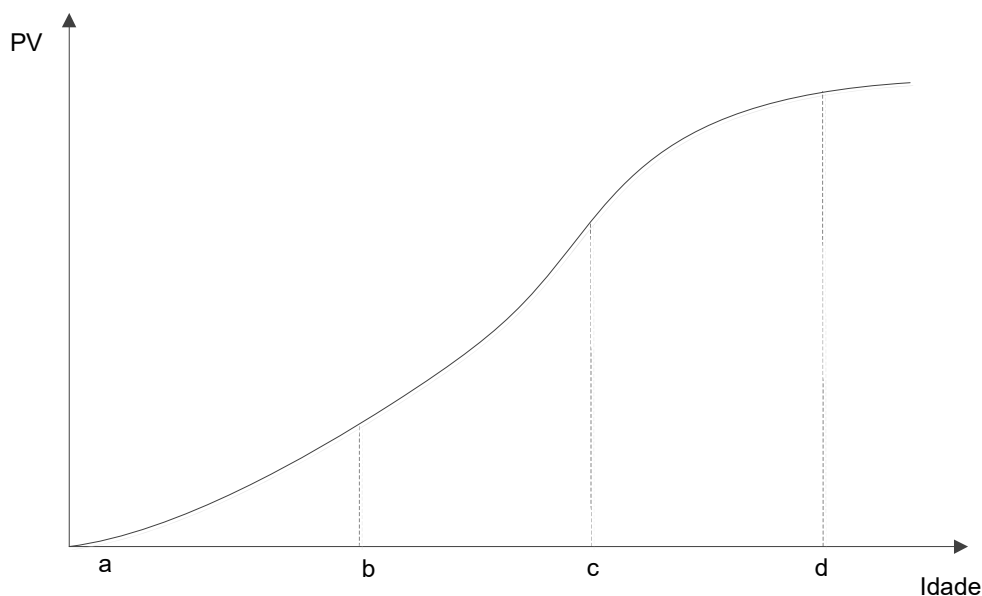
Fonte: Adaptado de BARBOSA et al., 2015.

A fase de cria é caracterizada pela reprodução, nascimento, crescimento e desmame de bezerros, que ocorre, geralmente, entre 6 a 8 meses (BARBOSA et al., 2015). É a fase mais complexa dos ciclos de produção de bovinos de corte, como pode-se observar na Figura 4. Consiste em um rebanho para reprodução dos animais, comportando sistemas que podem variar segundo as diferentes estratégias utilizadas, como monta natural, inseminação artificial, inseminação artificial em tempo fixo e transferência de embrião. No âmbito dessas estratégias, também são vastas as possibilidades em termos de medicamentos e esquemas utilizados. Nesta fase, a maternidade é uma das etapas que requer mais atenção. É preciso mão de obra

preparada para a época de nascimento dos bezerros. Após o nascimento, os bezerros precisam ingerir o colostro, que contém altos teores de anticorpos, proteínas, gordura, minerais e vitaminas. É a ingestão de colostro, em quantidade e qualidade ideal, nas primeiras 24 horas de vida dos recém nascidos que irá garantir um desenvolvimento saudável dos animais. O leite, nesta fase inicial, é a principal fonte de alimento dos ruminantes.

Para garantir bom desempenho dos bezerros ao desmame é importante que as vacas estejam em condições sanitárias e nutricionais adequadas e recebendo suficiente nutrição (BARBOSA et al., 2015). Por fim, a etapa de desmame diz respeito à época em que os bezerros (as) serão apartados de suas mães. É um período de muito estresse para o animal. Existem várias técnicas para desmame destes animais. O desmame convencional consiste na apartação dos bezerros (as) de forma abrupta em torno dos 152 dias de idade do bezerro (VAZ; LOBATO; PASCOAL, 2011). Mais recentemente, com o aumento da competitividade dos sistemas, têm sido analisadas outras técnicas, como o desmame precoce em menos de 100 dias de idade do bezerro, visando ao abate de animais mais jovens.

Figura 5. Curva de crescimento de bovinos



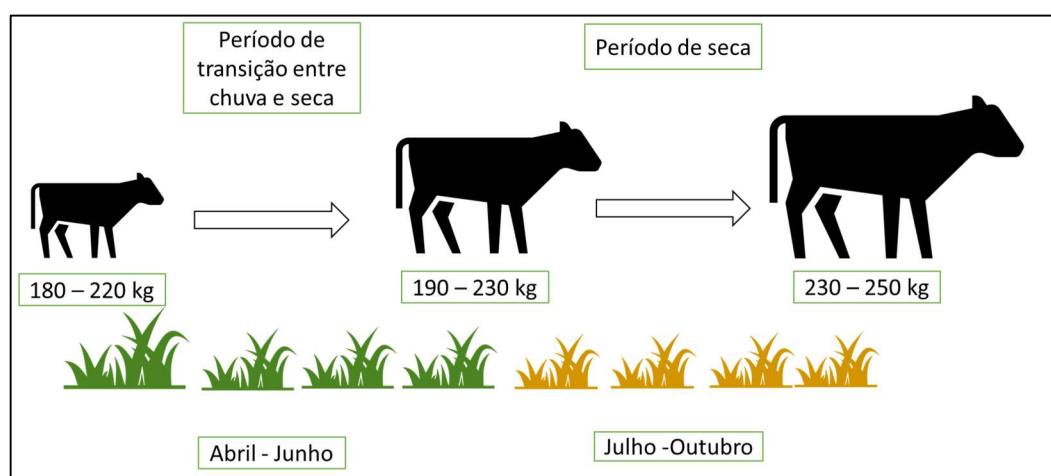
Legenda: (a) concepção; (b) nascimento; (c) puberdade; (d) maturidade.

Fonte: Adaptado de Church (1988)

A fase de recria, no Brasil, é caracterizada pelo recebimento dos animais desmamados, identificado na Figura 5 como a fase (c) puberdade até o período em que eles atingem o estado fisiológico (d) de maturidade ou mais conhecidos como

garrotes. Como é possível observar na Figura 5, esta é uma das fases que os animais estão mais propensos a ganharem peso (OWENS E GOETSCH, 1993). No Brasil, é a fase que retém animais por mais tempo, principalmente nos sistemas tradicionais, nos quais a pastagem é o único fator nutricional dos animais (BARBOSA et al., 2015). Apesar da crescente utilização de tecnologia nos sistemas, a fase de recria pode tomar muito tempo, em alguns casos, pode durar até 30 meses. Isso acontece porque tais sistemas são altamente dependentes dos fatores climatológicos, como distribuição de chuvas e intensidade de luz para crescimento das pastagens. Muitas destas pastagens ainda não recebem nenhum tipo de manejo, como a aplicação de fertilizantes, herbicidas, e acompanhamento de altura de entrada e saída dos animais nos piquetes forrageiros. Desse modo, os animais não ingerem nutrientes em quantidade suficiente para manter o peso e acabam se debilitando, vindo a recuperar o peso apenas no verão seguinte, quando a oferta de forragem aprimorada se renova (REIS et al., 2012).

Figura 6. Sistema de recria convencional realizada no Brasil, em sistemas de pastejo



Fonte: Adaptado de Reis et al., (2012)

A suplementação dos animais na fase de recria ocorre principalmente durante a época de secas, quando a disponibilidade de nutrientes diminui. É uma estratégia que tem como objetivo evitar que o animal perca peso durante esta época do ano. Na Figura 6, é possível observar como ocorre a distribuição e disponibilidade das forragens e a demanda nutricional dos animais, sublinhando-se mais uma vez que, sem manejo adequado, os animais sofrem um déficit nutricional entre os meses de abril e outubro. Esse déficit acarreta perda de peso durante o intervalo em questão, e

em consequência, para reaver o peso perdido os animais precisam engordar na época de chuva seguinte, quando a disponibilidade e qualidade das forragens aumenta, suprimindo as necessidades nutricionais.

Uma vez alcançada a fase adulta, nos sistemas convencionais de pastagem extensiva, os animais que saem da recria tanto podem ser selecionados para a reprodução, voltando assim ao rebanho de cria, quanto ser destinados para a engorda. Esta última pode ser continuamente realizada em sistemas de pastejo, na qual a fase de engorda é muito semelhante à de recria, e os animais nela permanecem até atingir o ponto para abate ou realizada em confinamentos, com o oferecimento de alimentação com elevados índices de concentrado. Porém, quando utilizadas técnicas como esta, de confinar os animais, o controle de informações como custo de produção e desempenho zootécnico estão mais difundidas entre os pecuaristas (SARTORELLO et al., 2018; PINTO; MILLEN, 2018).

Em relação aos sistemas extensivos, apesar de evidentes alguns dos obstáculos da produção de bovinos em sistema de pastejo, alguns questionamentos possuem respostas e soluções gerais, mas ainda assim enquadrar tais soluções dentro de cada propriedade é uma das maiores dificuldades técnicas. Por exemplo, por que os animais que são submetidos unicamente ao sistema de pastejo sofrem perda de peso? Por que isso prejudica economicamente o sistema? Por que os produtores não submetem esses animais à suplementação nem melhoram a qualidade das pastagens mediante manejo adequado e/ou uso de fertilizantes? O que o produtor pode fazer para evitar a perda de peso dos animais e obter mais rentabilidade no sistema? Tais práticas tornariam um sistema mais sustentável?

Não é objetivo desta pesquisa responder a tais questões, pois os sistemas diferem entre si e cada sistema apresentaria uma solução particular. Por isso propor um método e uma ferramenta que possibilite o diagnóstico da propriedade quanto aos custos e a carga ambiental, permitindo a simulação, por exemplo, da compra de insumos para pastagens e da alimentação animal, de modo a auxiliar o produtor a tomar decisões que não somente visem a lucratividade do negócio, como também o auxiliem a adotar práticas sustentáveis.

4.2. OS CUSTOS DE PRODUÇÃO

Existem vários trabalhos que abordam técnicas de produção para animais em pastejo, em suas diferentes fases de criação, mas poucos deles têm abordado análises econômicas. Gameiro (2009), em revisão de literatura sobre os artigos publicados na Revista Brasileira de Zootecnia entre 1990 e 2009, encontrou, nesse período, baixa quantidade de artigos com o termo “econômico (a)” no título, palavra-chave ou resumo. Isso, de certa forma, demonstra o baixo interesse dos pesquisadores no tema e até mesmo a complexidade de se tratar e comparar paradigmas zootécnicos e econômicos. Outro problema, particularmente com relação às análises de custos, é a dificuldade de se conduzir estudos na área devido a despreparo ou a desconhecimento dos técnicos, bem como a diversidade de métodos existentes, o que dificulta sua comparação e avaliação de eficiência. Para ilustrar alguns exemplos de dificuldades, os trabalhos divergem quanto à consideração da depreciação de máquinas e equipamentos, bem como da taxa de remuneração do capital (Gameiro, 2009).

Com relação ao método de cálculo, há diferentes modos de classificar os custos, como Sartorello (2016) e Raineri (2012) demonstraram em suas revisões bibliográficas. Os autores citaram a sugestão que Matsunaga et al. (1976) realizaram para alterar a forma como o Instituto de Economia Agrícola (IEA) procedia aos cálculos de custos.

A diferença entre o cálculo proposto por Matsunaga et al. (1976) e o anteriormente utilizado pelo IEA, estava no modo porque alguns itens eram estimados, principalmente os relacionados à terra, ao capital de giro, a empréstimos e a fatores inflacionários, acabando por superestimar os custos de tais fatores para os produtores e superar até os preços de mercado. Caso os custos calculados pelo IEA na época estivessem corretos, os produtores estariam em constante declínio até a falência, o que na realidade não ocorria. Assim, para que os custos calculados representassem a realidade do produtor, o IEA passou a utilizar o conceito de “custo operacional”, proposto por Matsunaga et al. (1976), que englobava os custos variáveis e alguns itens de custos fixos considerados a curto prazo.

Para Matsunaga et al. (1976) e Gameiro (2009), os principais problemas encontrados no antigo método de cálculo de custo de produção diziam respeito à remuneração do trabalho e dos fatores próprios, como a terra e o capital. Outro ponto abordado pelos autores, que gerava divergência entre as metodologias, dizia respeito

ao tempo considerado para o cálculo de depreciação de cercas, tratores, reprodutores, e o método de rateio dos custos fixos, também chamado de “custeio”.

De certa forma, o termo custo fixo ainda ocasiona controvérsias entre os autores e produtores nos cálculos de custo de produção, causando dificuldade de comparação entre sistemas por englobar itens diferentes. Raineri (2012) calculou o custo de produção de ovinos, e para isso, alocou no custo fixo os itens: mão de obra, energia, combustíveis, depreciações, manutenção, conservação, impostos e taxas fixas. Os custos fixos são aqueles cujas quantidades, em curto prazo, não variam conforme o volume da produção (CANZIANI, 2005). Logo, custos variáveis são aqueles que variam diretamente com o volume da produção (CANZIANI, 2005).

Scaglia et.al. (2014), realizou um extenso trabalho sobre avaliação econômica de três diferentes manejos de pastagens na costa do Golfo do México, no centro de pesquisa de Louisiana, nos Estados Unidos. Esses autores, para realizar a avaliação econômica, consideraram o conceito de custo fixo, no qual também incluíram depreciação e juros sobre cerca e equipamentos. Um dos objetivos do trabalho foi avaliar a produção de feno dos sistemas estudados. Os três tratamentos registraram diferença estatística entre si para a produção de feno, e, com isso, maior utilização de materiais para construção e manutenção dos piquetes, o que elevou significativamente o custo fixo calculado. Para o estudo, a porcentagem que representa o custo fixo em relação ao custo total foi 14,18% para o tratamento que obteve maior produção de feno, 11,72% para o tratamento que obteve segunda maior produção de feno e 10,10% para o tratamento com menor produção de feno.

Sartorello (2016), em análise de cálculo de custos para bovinos confinados, também utilizou os conceitos da Teoria Econômica, considerando o conceito de custo fixo. Para compor este item, o autor considerou a depreciação de benfeitorias e instalações, máquinas e implementos, bem como a manutenção dos equipamentos e encargos sociais. O mesmo autor, em revisão bibliográfica, caracterizou a dificuldade de determinar o tempo de vida para a depreciação dos bens produtivos. Para o modelo desenvolvido, o tempo de depreciação foi obtido a partir da Receita Federal, da experiência prévia dos pesquisadores e do empresário responsável pelo empreendimento considerado no estudo de caso. Por isso, conhecer bem o sistema de produção é o primeiro passo para definir o tempo mais apropriado para o cálculo de depreciação.

Outra questão controversa na análise de custo é a consideração do custo de oportunidade ou remuneração dos fatores próprios de produção. Para Knight (1928), esse custo está relacionado à segunda melhor oportunidade. Por exemplo, tem-se a remuneração gerada caso o capital total – imobilizado em terra, quando própria, e bens ou seu capital de giro – fosse alocado na segunda melhor opção viável (RAINERI; OJEDA; GAMEIRO, 2015).

No mesmo estudo realizado por Scaglia et.al. (2014) discutido anteriormente, os autores não consideraram, nos cálculos, os custos de oportunidade, seja do capital imobilizado ou do capital de giro. Para Peel (2006), o custo de oportunidade deve ser calculado principalmente sobre o custo de aquisição dos animais e o custo com a alimentação. O autor sugere a utilização da taxa de retorno da caderneta de poupança, se o capital fosse investido em outra atividade, a fim de exemplificar a importância do cálculo por meio do exemplo do custo das pastagens, que em relação ao custo com a alimentação, é a maior parcela. O custo de oportunidade vem a ser um custo explícito, o qual deve ser pago independentemente de o sistema obter ou não lucro (PEEL, 2006). Uma das dificuldades do sistema se verifica quando a pastagem é própria e o produtor gera um retorno menor do que o previsto. O baixo retorno com as pastagens da propriedade resulta em perda econômica, mas não as mesmas implicações financeiras que uma perda contábil, como seria o caso de uma pastagem arrendada, que necessitasse desembolso do proprietário.

A não-utilização do custo de oportunidade implícito é a opção utilizada por alguns autores e órgãos públicos, que consideram metodologias através das normas da contabilidade fiscal ou tributária. Disso resulta não o “lucro econômico”, e sim o chamado “lucro contábil”, como consta nos livros de Economia (GAMEIRO, 2009). O lucro contábil, apesar de muito utilizado pelos contadores e gestores não representa a realidade do que acontece nos sistemas agropecuárias e, sua utilização pode ser erroneamente interpretada.

Por exemplo, em uma situação hipotética, um gestor de uma propriedade de bovinos considera a taxa de poupança a segunda melhor opção para se investir o dinheiro. Desta maneira, a remuneração supostamente gerada pela taxa de poupança é então o custo de oportunidade de seu capital imobilizado em pastagens e equipamentos. Se o resultado da pecuária cobrir os custos variáveis, fixos e, os custos de oportunidade – a remuneração gerada pela taxa poupança – este seria conhecido como lucro econômico. Assim como nos modelos desenvolvidos por Raineri (2015)

para sistemas de ovinos e para Sartorello et al., (2018) que desenvolveu o modelo de custo de produção para bovinos confinados, o modelo proposto no presente trabalho irá considerar o custo de oportunidade.

Diante deste cenário repleto de particularidades, não somente do ponto de vista dos sistemas de produção, mas também dos métodos de custeio, não se encontra na literatura um modelo de cálculo que tenha base científica para calcular, interpretar e comparar os resultados econômicos na bovinocultura de corte a pasto. E isto justifica a essência deste trabalho.

4.3. O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Principalmente após a Segunda Guerra Mundial, ocorreu um aumento na produção e consumo de novas tecnologias, a sociedade cada vez buscou produtos que causavam uma nova noção de conforto e bem-estar. O uso crescente de produtos petroquímicos não só como matéria prima, mas como participantes no processamento de novas tecnologias se expandiu por todos os setores industriais.

De acordo com Lourenço (2019), esta nova cultura tendenciada ao urbanismo e mais dependente do uso de automóveis e de materiais plásticos se expandia e com isso uma nova demanda de mercado. A necessidade de desenvolvimento de novos bens e de tecnologia tomou conta do novo padrão de produção e de consumo. Um exemplo disso foi a crescente utilização de materiais plásticos para embalagem e transporte de alimentos, que anteriormente era realizada com matéria prima de celulose e latas de alumínio. Em consequente, o avanço na extração e transporte de petróleo gerou uma série de desastres ambientais que então, começaram a alarmar a população.

Com a indagação popular sobre os direitos da natureza, pedindo por respostas regulatórias, começaram a surgir numerosas publicações sobre tais direitos e então, a corrida para conscientizar que a natureza não é uma fonte inesgotável e que precisa ser protegida se tornava cada vez mais forte. Vários movimentos sobre os direitos da natureza surgiram e assim uma crescente conscientização que o meio ambiente representava um sistema vivo, interligado, e não um estoque de commodities se instalou.

Em 1972, foi realizada a Conferência de Estocolmo, com a proposta de obter um equilíbrio entre os objetivos ambientais, sociais e econômicos. Desde então, em

intervalos de tempo significativos, todos os países do mundo se reúnem em um conjunto de conferências da Organização das Nações Unidas para debater em profundidade e a longo prazo temas do desenvolvimento sustentável.

O termo desenvolvimento sustentável, publicado no Relatório Brundtland, no início da década de 1980, sugere uma incompatibilidade nos sistemas de consumo e na conservação da natureza, apontando a necessidade de um modelo de crescimento econômico que se concilie com a conservação da natureza (BRUNDTLAND, 1987). Portanto, desenvolvimento sustentável, de acordo com o relatório, é definido como sendo “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades”. Desde então, o princípio do desenvolvimento sustentável tem sido reafirmado e bastante invocado por diversos autores (BRUNDTLAND, 1987).

Dentre as diferentes definições, Sachs (2002) sugere que o desenvolvimento sustentável está estruturado em cinco pilares:

- a) Social: fundamental, por motivos tanto intrínsecos quanto instrumentais, uma vez que diferenças sociais persistem ameaçadoramente em muitas regiões problemáticas do planeta;
- b) Ambiental: sistema de sustentação da vida como provedor de recursos e como “recipiente” para a disposição de resíduos;
- c) Territorial: relacionado à distribuição espacial dos recursos, das populações e das atividades;
- d) Econômico: sendo a viabilidade econômica indispensável a um país;
- e) Político: a democracia é um valor fundamental e um instrumento necessário para executar as propostas.

Goodwin (2003), complementando afirmação de Sachs (2002), sugeriu que o desenvolvimento sustentável deve manter ou aumentar todos os estoques de capital produtivo, inclusive o capital natural, que é frequentemente esgotado por meio da atividade de produção. Sendo assim, o conjunto de atividades econômicas essenciais – produção, consumo e distribuição – deve ser complementado com uma quarta função, a de manutenção de recursos naturais.

Com uma ampla utilização, o termo sustentável vem sendo reafirmado ao redor do mundo e, com isso, gerando pressão social para adoção de novas estratégias capazes de assegurar o desenvolvimento sustentável e o crescimento econômico em harmonia, principalmente na produção de alimentos. No ano de 2015 foram definidos

os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, também conhecidos como ODS. Foram determinados 17 objetivos com âmbito internacional, a serem atingidos até o ano de 2030. Na Figura 7, é possível observar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A imagem, de caráter educativo, foi concebida pela ONU e distribuída nos 170 países que se comprometeram com a causa.

Figura 7. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, estabelecidos pela ONU em 2015



Fonte: ONU, Assembleia Geral das Nações Unidas. *Convenções das Nações Unidas sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>.

Este projeto de pesquisa vai, direta e indiretamente, ao encontro de vários dos objetivos propostos pela ONU. Diretamente, o diagnóstico econômico e ambiental das propriedades é o primeiro passo para o consumo e a produção responsável de alimentos (objetivo 12), garantindo alimentos de qualidade e procedência na mesa das pessoas (objetivo 2), sem deixar de lado a preservação e proteção ambiental dentro das propriedades rurais (objetivo 15). Com o diagnóstico, será possível criar estratégias que melhorem o desenvolvimento regional, o que irá contribuir para a geração de comunidades sustentáveis (objetivo 11) e a criação de empregos e desenvolvimento econômico (objetivo 8).

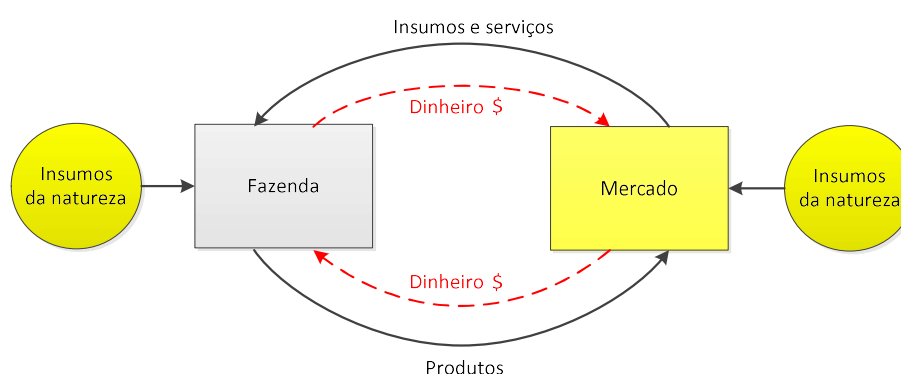
A mais recente reunião da Organização das Nações Unidas aconteceu no ano de 2019, em Nova York (EUA). Conforme o relatório publicado (ONU, 2019) muitos dos desafios permaneceram desde a primeira reunião, realizada em Estocolmo, em

1972. Os objetivos continuam sendo os de produzir alimentos de forma sustentável, preservando a biodiversidade e os ecossistemas, preservar a cultura e garantir os recursos básicos (água, alimentos e energia) para todos, a longo prazo.

Para alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável, várias metodologias estão sendo propostas para realização de diagnóstico dos sistemas rurais. A metodologia de sustentabilidade utilizando a síntese em emergência baseia-se nos princípios dos Sistemas Biológicos (LOTKA, 1922), na Teoria Geral dos Sistemas (VON BERTALANFFY, 1968) e na Ecologia de Sistemas (ODUM, 1983). Agostinho et al. (2008), em revisão de literatura, citaram várias avaliações emergéticas de diferentes sistemas conduzidas em vários países (BROWN; BURANAKARN, 2003; BROWN; ULGIATI, 2004; HIGGINS, 2003; LEFROY; RYDBERG, 2003; PANZIERI; MARCHETTINI; BASTIANONI, 2002; PANZIERI; MARCHETTINI; HALLAM, 2000; ULGIATI; BROWN, 1998). É uma metodologia que permite a avaliação em qualquer sistema. Por exemplo, é possível avaliar a produção de milho de uma determinada fazenda, ou um sistema industrial de produção de carros.

A principal característica da metodologia é considerar os fluxos de energia do sistema, principalmente aqueles da natureza, como é possível ver na Figura 8, que mostra a relação do sistema “fazenda” com o “mercado”, e como os “insumos da natureza” se relacionam entre si.

Figura 8. Relações físicas e financeiras realizadas entre a fazenda e a sociedade, incluindo recursos da natureza



Fonte: Ambrósio et al. (2019).

É possível observar na Figura 8 que os “insumos da natureza” são contabilizados em ambos os sistemas, na “fazenda” e no “mercado”. Entretanto, não é isso que ocorre no atual modelo econômico, em que a utilização desenfreada dos “insumos da natureza” provoca a pressão ambiental a que presentemente assistimos.

Os recursos oferecidos “gratuitamente” pela natureza são utilizados para gerar riquezas monetariamente valiosas, sem que haja preocupação com a velocidade de extração desses recursos ou com sua disponibilidade. Por essa razão, o diferencial da metodologia em tela é a valoração dos recursos da natureza, o que garante, então, que todo tipo de energia seja considerado, mesmo aquelas que entram no sistema “sem custo monetário”.

Ambrósio et al. (2019), ressaltam mais uma vez a importância de considerar os estoques de capital natural, mais comumente chamados de recursos da natureza, na contabilização dos custos de produção de sistemas agropecuários. Atualmente, não se paga por esses recursos, cujo uso é ilimitado, como se tratasse de fontes inesgotáveis; quando, porém, se analisam os ciclos do planeta, conclui-se que os recursos naturais estão chegando ao fim, o que torna necessário a contabilizá-los e estabelecer políticas públicas para sua preservação.

A sociedade está cada vez mais consciente disso, razão pela qual surgiram muitos produtos com selos e certificações de proteção ao meio ambiente, a título de recomendação, e a demanda por eles é crescente. Uma alternativa, conforme Ortega (2002), é agregar valor aos produtos provenientes de sistemas de produção ditos sustentáveis. Ambrósio et al., (2019) defendem que estes sejam caracterizados por menor dependência de insumos comprados, capacidade de gerar empregos, menor uso de agrotóxicos, capacidade de preservar e aproveitar a biodiversidade, capacidade de reciclar, capacidade de auto-organização e de negociação a preços “justos”.

A síntese em energia cumpre essa função, de considerar os estoques de capital natural em sistemas produtivos pois, consegue contabilizar os insumos da natureza em valores reais, o que torna possível novas certificações de produções que atendam a esse objetivo. Agostinho et al. (2010) defendem ainda que a síntese em energia aliada às políticas públicas, é a chave para alcançar o desenvolvimento sustentável. Com isto, será possível: i) certificação de produtos orgânicos; ii) difusão de conhecimento sobre a verdadeira sustentabilidade da gestão convencional; e iii) investimentos econômicos de forma intensiva em agricultura ecológica. O método já vem sendo utilizado como ferramenta na tomada de decisões, por pesquisadores que se preocupam com a gestão ambiental. A pressão social em todo o mundo pela preservação ambiental associada à produtividade, é outro fator que vem

impulsionando a popularidade da técnica (GIANNETTI et al., 2007; SARKIS, 1995; SHEN, 1999).

Considerando-se o potencial da síntese em emergia, os estudos que aplicam a metodologia à produção agrícola e pecuária ainda são incipientes (AGOSTINHO et al., 2008; CASTELLINI et al., 2006; MARTIN et al., 2006; ORTEGA; ANAMI; DINIZ, 2002), sobretudo por se tratar de sistemas de produção peculiares e diversificados. Desse modo, faz-se necessário empreender o estudo do sistema em si, um estudo imanente, para depois extrapolá-lo para uma cadeia produtiva mais ampla. A seguir, será apresentada uma contextualização da metodologia e do modo como se dará a sua aplicação aos sistemas agropecuários.

De acordo com Odum (1996), para utilização da síntese em emergia é necessário seguir as etapas: i) elaboração do modelo conceitual dos sistemas e identificação dos limites de cada sistema, inclusive os respectivos fluxos de entrada (inputs) e saída (outputs) de massa de energia, e os fluxos internos que incluem feedback e reciclagem; ii) conversão dos fluxos identificados para a mesma unidade de medida utilizada na avaliação, joules solares (sej); e iii) cálculo da síntese em emergia; iv) cálculo dos indicadores; v) discussão e vi) sugestões de melhorias do sistema avaliado.

A palavra “emergia”, proposta por Scienceman (1987), é a contração da frase “*embodied energy*”, que significa memória de energia. Emergia é a energia disponível de um tipo anteriormente utilizada direta e indiretamente para fazer um serviço ou produto. A sua unidade é a emjoule solar (ODUM, 1996). Sendo assim, emergia é a energia disponível, ou energia potencial de energia anteriormente usada para transformá-la (ODUM, 2000).

Emergia é definida pela fórmula:

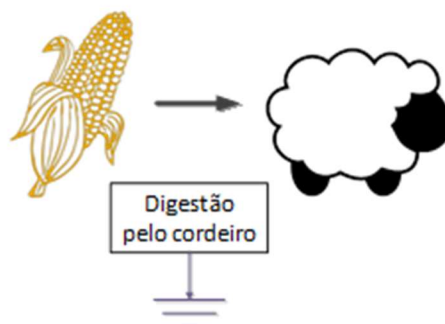
$$\text{Emergia} = \text{Transformidade} \times \text{Energia disponível} \quad (1)$$

Emergia é expressa em joules solares (sej); Transformidade é expressa em joules solares por unidade e Energia disponível é expressa em joules, sendo também chamada de exergia.

Para Brown e Herendeen (1996), quando um sistema é avaliado em termos de emergia solar, as quantidades representadas são a “memória” da energia solar usada

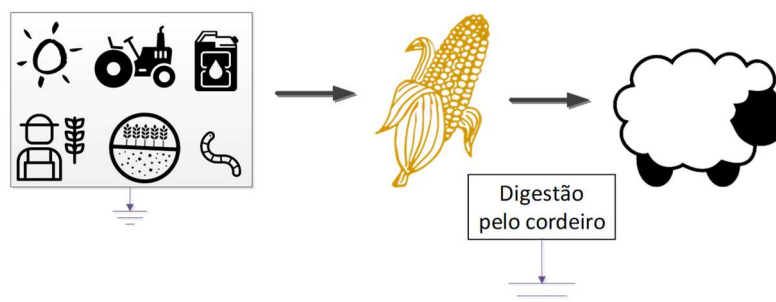
para fazer algo. Como resultado, as quantidades não são energia e nem se comportam como energia. Daí, a necessidade da diferenciação. Esta ferramenta considera todos os recursos naturais ou derivados da indústria humana utilizados no sistema de produção e consumo, segundo uma única unidade de medida: Joules Solares (sej). Lanzotti (2000) utilizaram a metodologia para determinar a energia para produção de 1 kg de milho. O estudo mostrou que a energia necessária para produzir um quilo de milho é $1,78E+12$ sej, sendo que a energia disponível do mesmo quilo de milho é $1,45E+7$ J. Nas Figuras 9 e 10, pode-se ver a diferença, na prática, entre a exergia e a energia. Na Figura 9, a exergia é a energia disponível do milho, em quilocaloria, para o cordeiro. Na Figura 10, é possível observar que a energia vai além, ela contabiliza todos os processos anteriores ao milho, por exemplo, a energia do sol utilizada pela planta de milho para realizar a fotossíntese, a mão de obra, a energia dos combustíveis usada pelos tratores etc.

Figura 9. Exemplo de energia disponível (exergia)



Fonte: Adaptado de Odum, 1996.

Figura 10. Exemplo da Síntese em Energia

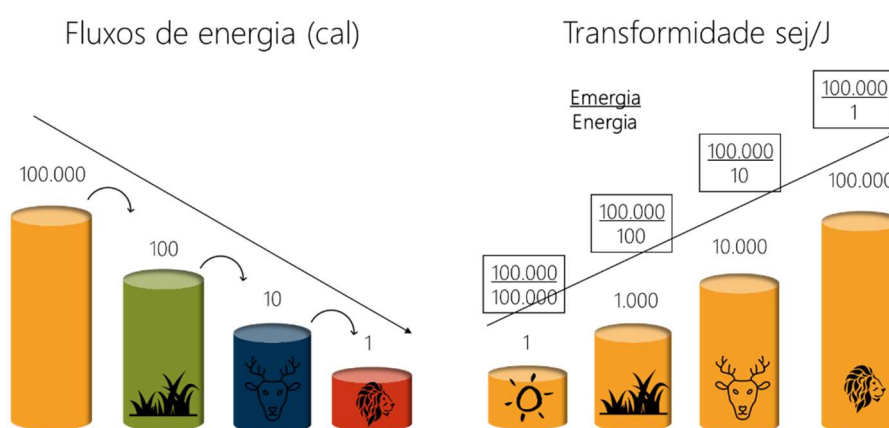


Fonte: Adaptado de Odum, 1996.

A energia disponível, ou exergia, é a energia potencial capaz de fazer trabalho e ser degradada no processo, conforme Odum (1996). A Figura 11 representa a principal diferença entre energia disponível e energia. O diagrama mostra as

transformações da energia ao longo do tempo, da esquerda para a direita, é possível ver que a energia disponível, mostrada em barras azuis, diminui a cada nível. A barra laranja representa a transformidade (sej/J). A transformidade é a unidade utilizada para representar a taxa do valor da energia solar por unidade de energia do produto ou serviço expressa em sej/J . A energia permanece em cada etapa da transformação, sendo então a soma de todas as energias. A exergia é a energia que está disponível em cada etapa da transformação (BRANDT-WILLIAMS; CAMPBELL, 2011).

Figura 11. Processos de energia transferida e transformidade na síntese em energia



Fonte: Adaptado de ODUM, 2001.

A primeira energia demonstrada é a energia solar, que é absorvida pelas plantas através do processo de fotossíntese e é então transformada em energia química que permanece armazenada na forma de carboidratos, proteínas e outros nutrientes. A energia armazenada em nutrientes pelas plantas é consumida pelos consumidores primários, representados no esquema pelos cervos. A última etapa do sistema é o consumidor secundário, representado por um leão, que irá consumir a energia disponível através da carne de cervo. Ao longo do tempo a energia é cada vez mais concentrada na cadeia hierárquica, sendo necessário ao longo dos fluxos mais energia e de melhor qualidade. Esse processo, conhecido como hierarquia ecológica, é também chamado de hierarquia energética, um conceito baseado na cadeia alimentar ou cadeia trófica da natureza, e ocorre em todos os sistemas.

Com a metodologia da síntese em energia, é possível, pois, contabilizar os estoques de capital natural envolvidos em qualquer sistema. Para a metodologia descrita por Odum (1996), o joule solar é usado como unidade para representar a transformidade. A fórmula da transformidade é a soma dos fluxos de entrada de

energia para o sistema analisado, divididos pela energia do produto deste sistema. Portanto, no mesmo esquema descrito anteriormente é possível observar na parte direita da figura como ocorre a transformação de energia. Por definição, 1 joule de energia solar é igual a 1 emjoule solar (sej). No final da cadeia, para a formação de uma unidade de energia do leão são necessárias 100.000 unidade de energia solar (ao longo de todo o processo). A Figura 11 simplificada é um exemplo da comparação de como ocorre a transformação da energia ao longo dos processos na cadeia trófica na natureza e da síntese em energia.

5. ARTIGO 1 - DESENVOLVIMENTO DE MODELO DE CÁLCULO DE CUSTO DE PRODUÇÃO NA BOVINOCULTURA DE CORTE A PASTO

Beatriz Queiróz dos Reis, Elaine Mendonça Bernardes, Augusto Hauber Gameiro.

Resumo: A pecuária a pasto no Brasil é caracterizada por ser uma atividade repleta de particularidades e diversidades. Os três principais fatores que contribuem para a diversidade encontrada são a extensão territorial do País, a ocorrência de diferentes sistemas e tecnologias, e a possibilidade de realizar uma ou mais de uma fase na criação de bovinos. Esses fatores fazem da pecuária de corte uma atividade de caráter heterogêneo e de complexa comparação, principalmente do ponto de vista econômico. Este artigo teve por finalidade desenvolver um modelo de cálculo que permitirá estimar o custo de produção de bovinos a pasto nas fases de recria e terminação. Para o desenvolvimento do modelo proposto foi realizado um estudo de caso, e o modelo foi desenvolvido através do *software* Excel®. Todos os itens foram considerados e alocados em Custo Variável (CV), Custo Fixo (CF), e Custo Total (CT). Complementarmente, foi utilizado o conceito de Custo operacional efetivo (COE) e Custo operacional total (COT) para auxiliar a interpretação dos resultados econômicos. A taxa de lotação, taxa de mortalidade, arroba produzida por hectare, custo total por hectare e lucro econômico por hectare também foram calculados. O modelo proposto foi capaz de estimar os custos no estudo de caso para toda a propriedade, e para os diferentes lotes de bovinos dentro da mesma propriedade. Além disso, foi possível alocar os custos por cabeça de bovino e por arroba produzida. O custo total por cabeça de bovino produzido foi de R\$ 2.155,18. Quando analisados os fatores que mais representam o CT, o CV representa 66% desse valor. O valor com a aquisição dos animais, incluso no custo variável, é o fator mais representativo do custo de produção, tendo sido de 59% do CT para a propriedade analisada. A taxa de lotação foi de 0,63 cab/há, o custo total por hectare foi de R\$ 1.485,86, foram produzidas 7,48 @/há e o lucro econômico por hectare foi de R\$ 29,75. A ferramenta desenvolvida constitui, portanto, uma possível facilitadora para o produtor compreender o que compõe o custo de seu produto, melhorando as chances de negociação.

Palavras-chave: Análise econômica. Gestão. Modelo econômico. Ruminantes. Pecuária de corte.

5.1. INTRODUÇÃO

O agronegócio é destaque na composição do Produto Interno Bruto (PIB) no Brasil. Em 2018, o valor das atividades agrícolas e pecuárias representou 21,1% do PIB total, de acordo com os dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA (2018). A participação da pecuária no agronegócio, tomada em separado e considerando-se os insumos, a agropecuária, a indústria e os serviços, foi de 5,5%, para o ano de 2018.

A significativa participação da pecuária no PIB brasileiro se deve, entre outros motivos, ao tamanho do rebanho de bovinos, que movimenta uma extensa cadeia de produção dentro do país. No ano de 2018, o rebanho de bovinos contabilizou cerca de 213 milhões de cabeças; nesse mesmo ano, de acordo com o IBGE, foram abatidas 31,9 milhões de cabeças (IBGE, 2018). Em 2017, 90% dos bovinos abatidos foram provenientes dos 162,8 milhões de hectares de pastagens nativas e cultivadas (IBGE, 2019). Estima-se que a produção agrícola e pecuária ocupe, no Brasil, 244,4 milhões de hectares (USDA, 2018). Em virtude da extensa área territorial e do grande rebanho brasileiro de bovinos, os sistemas de produção são realizados, em sua maioria, sobre pastagens.

O uso das pastagens no Brasil apresenta grande diversidade, sobretudo pela extensão territorial e pela variedade de biomas do país. Por essa razão, se encontram os mais diferentes tipos de sistemas de criação de bovinos, por exemplo: sistema extensivo, sistema semi-intensivo e sistemas intensivos. O uso de tecnologia nos diferentes sistemas influencia diretamente a rentabilidade e a sustentabilidade da atividade. Além dos diferentes tipos de tecnologia utilizados na produção, a pecuária de corte permite ao produtor optar por várias fases de criação de bovinos, dentre elas, a criação de bezerras (as), a recria, a engorda e ainda aqueles que realizam mais de uma fase e até mesmo o ciclo completo. Estes três principais fatores - extensão territorial, usos de diferentes sistemas e tecnologias, e a possibilidade de realizar uma ou mais de uma fase na criação de bovinos - tornam a pecuária de corte uma atividade de caráter heterogêneo e de complexa comparação econômica.

Para atender esta demanda, o objetivo desta pesquisa é desenvolver um modelo de cálculo de custo de produção, baseado na Teoria Econômica e que considere todos os custos de produção, que seja um modelo flexível para se adaptar aos diferentes cenários de produção e se adapte a heterogeneidade, mas que seja de fácil preenchimento e entendimento para que desta forma todos os produtores rurais consigam utilizá-lo. Frente à outros modelos para custo de produção é possível ainda avaliar a produtividade econômica e o desempenho zootécnico dos animais em diferentes lotes de produção mas dentro de um único sistema.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, nas dependências do Departamento de Nutrição e Produção Animal, no Laboratório de Análises Socioeconômicas e Ciência Animal (LAE), com sede na cidade de Pirassununga (SP). Para o desenvolvimento do modelo de cálculo de custo foi utilizado o software Microsoft Excel®. Com o fim de representar detalhadamente a realidade do sistema produtivo de bovinos de corte à pasto foi realizado um estudo de caso, o que tornou possível conhecer em pormenor o sistema produtivo.

O estudo de caso permitiu o detalhamento de todas as atividades que acontecem no sistema e suas respectivas particularidades servindo como base para construção do modelo de cálculo. O estudo de caso seguiu as recomendações de Yin (2010) e se dividiu nas seguintes etapas: i) formulação das questões de estudo; ii) as proposições; iii) a unidade de análise; iv) a lógica que une os dados e proposições; e v) o estabelecimento de critérios para a interpretação das constatações. Para a realização do estudo de caso da unidade de recria de bovinos de corte criados a pasto, priorizou-se uma propriedade que atendia a todas as características estabelecidas anteriormente: a) que atuasse há 10 anos na produção de recria de bovinos a pasto; b) que possuísse organização dos dados referentes aos anos de 2018 e 2019; c) que o proprietário concordasse em receber visitas para acompanhamento do manejo, uma adequada coleta de dados e da validação da planilha eletrônica para cálculo de custo de produção. Para este estudo de caso, as visitas ocorreram entre os meses de dezembro de 2018 e janeiro de 2019. Foram coletados dados referentes ao manejo dos animais, manejo sanitário e de identificação adotado na recepção dos animais,

manejo das pastagens e o manejo referente às máquinas agrícolas, equipamentos, veículos. Também foram coletados os dados das construções, benfeitorias e instalações presentes em toda a propriedade.

Todos os dados coletados foram incluídos e alocados no modelo de cálculo para custo de produção do sistema de recria e terminação, o qual seguiu basicamente as recomendações da Teoria Econômica. O método escolhido para classificar os custos foi o método de custeio variável, separando-se os custos entre variáveis e fixos. Sendo custos variáveis aqueles que se alteram conforme o volume produzido e custos fixos aqueles que permanecem estáveis, independentemente do volume produzido, em curto prazo (RUSHTON, 2009; YOUNG, 1958). Trata-se, portanto, de uma análise considerada de curto prazo pela Teoria Econômica.

Apesar de classificar os itens através do método de custeio variável, foram utilizados os indicadores propostos por Matsunaga et al. (1976), Custo Operacional Efetivo (COE) e Custo Operacional Total (COT). A escolha da utilização destes indicadores no modelo foi determinada pela comum utilização dos mesmos pelos produtores, desta forma a linguagem entre pesquisadores e técnicos da área conseguiriam assimilar os resultados e estabelecer uma comunicação. Ainda assim, reforça-se que a utilização isolada de tais indicadores não representa a realidade dos custos de produção e que COE e COT não devem nunca serem os únicos indicadores a serem analisados.

Após a classificação e distribuição dos dados coletados no campo, as informações foram reunidas no modelo proposto e discutidas com o proprietário e demais técnicos na área. Para a comparação dos resultados econômicos foram considerados os valores reais gastos na propriedade, portanto não foi realizada uma nova cotação dos preços dos insumos. Um termo de consentimento entre os pesquisadores e o produtor rural responsável pela unidade escolhida para o estudo de caso foi firmado, no qual constava que todos os dados coletados seriam utilizados apenas para fins acadêmicos, resguardando assim o sigilo das informações. O modelo do termo utilizado se encontra no apêndice A.

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, será brevemente descrita as principais características da propriedade de estudo, uma caracterização mais completa pode ser encontrada no

Apêndice B. Em sequência, será descrita a forma de alocação dos custos de produção, seguida de suas respectivas equações. Algumas particularidades em relação à venda dos animais e geração de receita do sistema serão discutidas e por fim, todos os relatórios econômicos gerados, para toda a propriedade e para os distintos lotes de produção, através do modelo serão apresentados. O relatório por lotes, é uma inovação metodológica deste modelo, frente aos modelos de custo de produção propostos por Raineri et al., (2015) e Sartorello et al., (2018) pois, permite avaliar o desempenho econômico de diferentes lotes e como estes impactam o resultado para toda a propriedade.

5.3.1. Descrição da propriedade do estudo de caso

A área total da propriedade de estudo é de 213,5 hectares, dos quais 20 hectares são destinados à área de preservação permanente (APP) e 193 hectares a pastagens, e a área média ocupada pelas instalações é de 0,5 hectares. A área destinada a pastagem é subdivida em 9 piquetes com aproximadamente 21,44 hectares, cada. A espécie forrageira utilizada nas pastagens é o e.g. *Andropogon gayanus* cv. Planaltina, os animais ficam em pastejo com rotação entre os piquetes até que a oferta de matéria orgânica nos piquetes diminui, o que ocorre dentro de aproximadamente 40 dias. A taxa de lotação foi de 0,63 cabeças/hectare, sendo 134 o número total de animais, dos quais 94 machos e 40 fêmeas com idade de 8 à 12 meses, sendo a taxa de mortalidade total do sistema de 2,24%.

Os bovinos entraram com peso média de 197,33kg \pm 13,01 kg de PV (peso vivo) e, após 12 meses, saíram do sistema com 365kg \pm 13,52kg. Todos os animais receberam os mesmos insumos, sendo eles: i) protocolo de identificação, composto pela marcação a ferro quente e um brinco de identificação de plástico; ii) protocolo sanitário – vacinas, sendo elas vacina aftosa, vacina polivalente e vacina contra raiva; iii) protocolo sanitário – outros medicamentos, sendo estes antiparasitários (3 doses) e, carrapaticida (1 dose); iv) insumos para suplementação – dieta 1 (sal mineral e sal branco), utilizada na época de maior oferta de forragem, 0,1% PV, por 150 dias ; v) insumos para suplementação – dieta 2 (sal mineral, sal branco, milho, soja, ureia e enxofre), utilizada no período de menor oferta de forragem, 0,1% PV, por 210 dias.

Apesar de receberem os mesmos insumos, os animais foram divididos em três lotes diferentes. Os fatores que determinaram a alocação de cada animal em seu

respectivo lote foram sexo e condição fisiológica e propriedade de origem. No lote 1 os animais são provenientes de mesma propriedade de compra, e são todos machos, não castrados, com idade de 8 à 12 meses de idade. O lote 2 é composto por fêmeas, provenientes da mesma propriedade de compra, mas diferente da propriedade de compra do lote 1, com idade de 8 à 12 meses de idade. O lote 3 por sua vez é composto por animais de diferentes propriedades de origem, com maior variação de idade e peso, todos não castrados e com idade de 8 à 12 meses de idade.

Os animais são vendidos após 12 meses para outra propriedade, o preço de venda é determinado pelo mercado e negociado entre o proprietário e o comprador. Não é realizado dentro da propriedade outra fase de criação ou outro centro de custo.

5.3.2. Esquemas de alocação e cálculos dos custos de produção

O modelo proposto vai de acordo com os trabalhos desenvolvidos por Raineri et al., (2015) e Sartorello et al., (2018), na qual todos os custos, implícitos e explícitos foram considerados. Assim como os autores sugerem, é importante que os modelos estejam facilmente organizados a fim de facilitar o entendimento do produtor rural e que, de fato auxiliie na tomada de decisão.

Oaigen et al., (2008) e Martins; Rocha (2010) sugerem, apesar das dificuldades de distribuir os custos, o primeiro passo para mensurar o custo de produção de bovinos seria implementar centros de custos. Por exemplo, em propriedades que realizam o ciclo completo, a primeira etapa seria compartimentar as fases de produção: cria, recria e engorda. O autor defende que ao separar as fases, os resultados podem ser melhor interpretados, favorecendo a tomada de decisão. Portanto, o modelo proposto vai de encontro com tal sugestão e realiza a análise econômica dos custos envolvidos na fase de recria e pode ser adaptado para ser também utilizado na fase de terminação à pasto de forma compartimentada. No Quadro 1, pode-se observar o esquema de alocação dos custos proposto para modelo de cálculo.

Quadro 1. Esquema de alocação dos custos para o modelo de custo de produção de bovinos de corte recriados e terminados a pasto

(continua)

A	CUSTOS VARIÁVEIS
1	Aquisição de animais

2	Protocolo de identificação
3	Protocolo sanitário – vacinas
4	Protocolo sanitário – medicamentos
5	Insumos para suplementação
6	Outros custos variáveis
7	Pastagens – manutenção
B	CUSTOS FIXOS
8	Depreciação do capital imobilizado
9	Mão de obra fixa
10	Mão de obra temporária
11	Serviços administrativos
12	Energia elétrica
13	Telefonia e serviços de internet
14	Combustíveis
15	Taxa de manutenção
16	Pastagens – implementação
17	Outros custos fixos mensais
C	Custo com a Renda dos Fatores
18	Remuneração do capital de giro
19	Remuneração do capital fixo
20	Remuneração da terra
D	CUSTO OPERACIONAL EFETIVO – COE (A + B – 8)
E	CUSTO OPERACIONAL TOTAL – COT (A + B)
F	CUSTO TOTAL – CT (A + B + C)
G	RECEITAS
H	LUCRO ECONÔMICO (G – F)
I	RENDA AO PRODUTOR

Fonte: Dados da pesquisa.

Os custos foram alocados em custos variáveis e custos fixos. A fim de facilitar a compreensão do cálculo dos custos com renda dos fatores, que faz parte dos custos fixos, foram alocados em um subitem único, conforme representação do quadro 1, item C. As equações que compõem cada item dos custos A, B e C são descritas a seguir, no quadro 2.

Quadro 2. Equações que compõem o modelo de cálculo de custo para bovinos recriados e terminados a pasto

Equação	Número
$CT_t = CV_t + CF_t$	1
$CV_t = \sum_t CI(l, \tau) + Coutv_t + Cpastref_t$	2
$CI_t = QI_t \times PI_t$	3
$CF_t = (Cdep_t + Cmaof_t + Cmaot_t + Cserv_t + Cener_t + Ctel_t + Ccomb_t + Ctax_t + Cpast_t + Coutf_t) + CO_t$	4

(continua)

$Cdep_t = \frac{Vaq_{ct} - Vres_{ct}}{vu_{ca}}$	5
$Vres_{ct} = \% Vaq_{vu}$	6
$Cmaof_t = \sum_t maof (n \times sal)$	7
$Cmaot_t = \sum_t maot (n \times hr) \times sal$	8
$Cserv_t = \sum_t serv (n \times sal)$	9
$Cener_t = \sum_t ener (cons, val)$	10
$Ctel_t = \sum_t tel (cons, val)$	11
$Ccomb_t = \sum_t comb (cons, lit, val)$	12
$Ctax_t = \sum_t tax (Vaq_{ct} \times n) \times \rho$	13
$Cpast_t = \sum_t past (Vuni_{i,t} \times Q_{i,t})$	14
$Coutf_t = \sum_t outf (lit \times Vuni_{i,t})$	15
$CO_t = COcapg_t + COcapf_t + COter_t$	16
$COcapg_t = CV_t \times ((1 + j)\delta - 1)$	17
$COcapf_t = CF_t \times ((1 + j)\delta - 1)$	18
$COter_t = CF_t \times ((1 + j)\delta - 1)$	19
$COE = (CV_t + (CF_t - CO_t)) - \sum Cdep_t$	20
$COT = CV_t + (CF_t - CO_t)$	21
$REC = \sum_t VAn + \sum_t ARpast$	22

Fonte: Dados da pesquisa.

No quadro a seguir será apresentada nomenclatura e suas respectivas definições utilizadas nas equações descritas anteriormente.

Quadro 3. Nomenclatura e definições das fórmulas utilizadas no modelo de cálculo

(continua)

Sigla	Variável
CT_t	Custo total da atividade, referente ao período informado no sistema, em reais;
CV_t	Custo variável da atividade, referente ao período total informado no sistema, em reais;
CF_t	Custo fixo da atividade, referente ao período total informado no sistema, em reais;
CO_t	Custo com renda dos fatores total da atividade, referente ao período total informado no sistema, em reais;
CI_t	Custo unitário do insumo i , utilizado pela atividade, referente ao período τ , em reais;
$Coutv_t$	Outros custos variáveis informados no sistema, referentes ao período total informado no sistema, em reais;
$Cpastref_t$	Custos com as pastagens, sendo atividades destinadas à sua e manutenção, referentes ao período total informado no sistema, em reais;
QI_t	Quantidade total do insumo i , utilizada no período t , em reais;
PI_t	Preço de aquisição do insumo i , para o período t , em reais;

$Cdep_t$	Custo de depreciação do bem de capital, no momento t , em reais;
$Cmaof_t$	Custo de mão de obra fixa, incluindo encargos trabalhistas, benefícios, salários, referente ao período t , em reais;
$Cserv_t$	Custo com serviços administrativos contratados, referentes ao período t , em reais;
$Cener_t$	Custo com energia elétrica, referente ao período t , em reais;
$Ctel_t$	Custo com telefonia e serviços de internet, referente ao período t , em reais;
$Ccomb_t$	Custo com combustíveis, referente ao período t , em reais;
$Ctax_t$	Custo com taxa de manutenção, referente ao período t , em reais;
$Cpast_t$	Custo com pastagens, sendo estes manejos referentes a implementação de pastagens, referente ao período t , em reais;
$Coutf_t$	Outros custos fixos, referentes ao período t , em reais;
Vaq_{ct}	Valor de aquisição do capital c , no período t , em reais;
$Vres_{ct}$	Valor residual do capital c , no período t , em reais;
vu_{ca}	Vida útil do capital c , em anos a ;
T_{ca}	Tempo estimado do capital c , em anos a ;
n	Representa a quantidade de funcionários necessários para cada categoria, no período total do sistema;
sal	Refere-se aos salários distribuídos nas diversas atividades dentro do sistema;
hr	Refere-se às horas totais trabalhadas pela mão de obra temporária contratada para o período estipulado;
ρ	Valor da taxa de manutenção em porcentagem, para o capital c , no período de tempo t ;
$Vuni_{i,t}$	Valor unitário do insumo i , no tempo t , em reais;
$Q_{i,t}$	Quantidade do insumo i , no tempo t , na unidade estabelecida no modelo;
VAn_t	Refere-se à venda dos animais, no período de análise do sistema, em reais;
$ARpast_t$	Refere-se ao arrendamento de pastagens a terceiros, no período t , em reais;

Fonte: Dados da pesquisa.

Os custos variáveis (CV) são calculados de acordo com os preços dos insumos utilizados no sistema produtivo. O custo variável irá variar de forma proporcional ao número de animais na propriedade e seu investimento em insumos diretamente ligado aos animais. É representado pela somatória dos preços multiplicada pela quantidade de cada insumo utilizado no sistema, como descrito na equação 2. Os insumos que mais representam este custo são os relacionados ao custo com a aquisição dos animais e alimentação. Outros insumos também alocados neste item são os custos com identificação, protocolo sanitário (medicamentos e vacinas), protocolo de identificação, custos com manutenção. Para este último, são considerados os manejos realizados dentro do ciclo produtivo, que está sendo analisado. Por fim, há outros custos variáveis, como eventuais fretes, comissões e emissões de notas.

Na propriedade estudada, os animais recebem o mesmo protocolo de identificação: todos os animais, independentemente do sexo e da condição fisiológica, ao chegarem na propriedade são marcados à ferro e recebem um brinco de identificação. Da mesma forma, os insumos veterinários utilizados no protocolo

sanitário são aplicados a todos os animais. Em relação às vacinas, os animais recebem uma dose da vacina de febre aftosa entre os meses de maio e abril, e uma dose de vacina polivalente e de vacina contra raiva. Além das vacinas, os medicamentos utilizados no protocolo sanitário são referentes às aplicações de antiparasitários e carrapaticidas, sendo 3 doses e 1 dose, nesta mesma ordem. Os insumos para suplementação dos animais são divididos em dois tipos: o primeiro, utilizado na época das chuvas, é composto pela mistura de sal mineral P160 e de sal branco, na proporção de (1:2), e oferecido em cocho coberto, na quantidade de 0,10% do peso vivo (PV) dos animais, por dia, durante 150 dias. O segundo tipo de suplementação é oferecido na época das secas, quando diminui a oferta de nutrientes pela pastagem. A formulação é feita na própria fazenda e se compõe da mistura de 40% de milho grão inteiro, 10% de farelo de soja (46% PB), 25% de sal branco, 20% de sal mineral P160 e 5% de ureia. O fornecimento desse suplemento é realizado também pela média do peso do lote, sendo na quantidade de 0,10% PV durante 210 dias. A equação para o cálculo do fornecimento das rações será descrita a seguir.

$$Dieta_y = (((((PI + PF)/2) * ConsPV\%) * dias) * Numcab) \quad (23)$$

Onde:

PI = Peso Inicial dos animais no lote x, no ciclo produtivo t, para o sistema analisado.

PF = Peso Final dos animais no lote x, no ciclo produtivo t, para o sistema analisado.

ConsPV% = Consumo do Peso Vivo do lote x, no ciclo produtivo t, para o sistema analisado.

Dias = Dias de fornecimento da dieta y, para o lote x, no ciclo produtivo t, para o sistema analisado.

Numcab = Número de cabeças iniciais do lote x, no ciclo produtivo t, para o sistema analisado.

O próximo item alocado em Custo Variável foi chamado de “Outros custos variáveis”, que são aqueles que não se encaixam nos custos descritos acima e estão diretamente ligados ao manejo dos animais, embora ocorram eventualmente dentro do ciclo produtivo. Na propriedade analisada, os custos contabilizados sob este item foram: i) frete com animais; ii) comissão de funcionário sobre a venda dos animais; iii) emissão de notas da venda dos animais e iv) medicamentos para intoxicação. Depende do julgamento do responsável pela propriedade o que incluir nesta categoria, porém é fortemente recomendado que se incluam aqui apenas os itens que ocorram eventualmente dentro do ciclo de produção e que estejam ligados diretamente aos animais.

O último item de CV são os custos com pastagens. Entretanto, foram inclusos aqui apenas os custos de manejo de manutenção das pastagens. O crescimento das

pastagens ocorre de forma diferente em cada região, e é uma reação que depende de inúmeros fatores ambientais, como luminosidade solar, temperatura e precipitação. É também dependente de fatores físicos como qualidade do solo e disponibilidade de nutrientes para plantas. Estes últimos fatores são mais suscetíveis de controle. Mediante análise de solo, é possível identificar as principais falhas do solo e corrigi-las durante a formação de pastagens, realizando-se a sua manutenção de forma periódica. Neste item, foram alocados todos os custos relacionados ao manejo de manutenção das pastagens, que ocorre no período analisado e seria consumida no respectivo ano em questão, é possível para este item distribuir os insumos utilizados por uma equação linear em relação ao número de animais. Por exemplo, para cada arroba produzida é preciso investir R\$ 1,62 no serviço de manutenção das pastagens. Na propriedade analisada, os itens de manutenção de pastagens foram adubação de cobertura e mão de obra com roçada. Para todos os subitens alocados aqui, o valor total é a somatória da quantidade utilizada dos insumos multiplicada pelo valor unitário. Um resumo das equações para cada item dos custos variáveis será descrito a seguir.

Quadro 4. Equações que compõem o Custo Variável do modelo de cálculo de custo para bovinos recriados e terminados a pasto

Item	Equação	Número
Aquisição de Animais	$C_{aa} = \sum V_{uni_{i,t}} \times Q_{i,t}$	24
Protocolo de Identificação	$C_{pi} = \sum V_{uni_{i,t}} \times Q_{i,t}$	25
Protocolo Sanitário – vacinas	$C_{ps - v} = \sum V_{uni_{i,t}} \times Q_{i,t}$	26
Protocolo Sanitário – medicamentos	$C_{ps - m} = \sum V_{uni_{i,t}} \times Q_{i,t}$	27
Insumos para suplementação	$C_{is} = \sum d1 (V_{uni_{i,t}} \times Q_{i,t}) + d2 (V_{uni_{i,t}} \times Q_{i,t})$	28
Outros Custos Variáveis	$C_{outv_t} = \sum V_{uni_{i,t}} \times Q_{i,t} \times P_{i,t}$	29
Pastagens – manutenção	$C_{pastref_t} = \sum V_{uni_{i,t}} \times Q_{i,t}$	30

Fonte: Dados da pesquisa.

Como todo item do custo variável, as equações dos subitens explícitas anteriormente são compostas pela somatória da quantidade do item utilizado multiplicada pelo preço adquirido. A legenda para as equações no quadro anterior será descrita no Quadro 5, a seguir.

Quadro 5. Nomenclatura e definições das fórmulas utilizadas no cálculo do custo variável

Sigla	Variável
C_{aa}	Valor total do dispêndio com a aquisição de animais, referente ao período informado no sistema, em reais;
C_{pi}	Valor total gasto com o protocolo de identificação dos animais, para todo o rebanho, em reais;
C_{ps-v}	Valor total gasto com o protocolo sanitário, em vacinas, para todo o rebanho, em reais;
C_{ps-m}	Valor total gasto com o protocolo sanitário, em outros medicamentos, para todo o rebanho, em reais;
C_{is}	Valor total do dispêndio com os insumos para suplementação de todo o rebanho, referente a todo o período informado no sistema, em reais;
C_{outv_t}	Valor total gasto com outros custos variáveis informados no sistema, referente ao período total informado no sistema, em reais;
$C_{pastref_t}$	Valor total gasto com as pastagens, sendo atividades destinadas a e manutenção delas, referente ao período total informado no sistema, em reais;
QI_t	Quantidade total do insumo i , utilizada no período t , em reais;
PI_t	Preço de aquisição do insumo i , para o período t , em reais;
$V_{uni_{i,t}}$	Valor unitário do insumo i , no tempo t , em reais;

Fonte: Dados da pesquisa.

A quantidade utilizada dos insumos do Custo Variável irá variar de acordo com o objetivo do gestor, necessidade fisiológica dos animais e das condições em que tais animais chegam na propriedade. Cada gestor age de acordo com o que acha necessário ou de acordo com as recomendações de um técnico especialista. Muitas vezes, por se tratar de propriedades em exaustão, ou seja, propriedades que possuem Custo Total maior que Receita, o investimento nos insumos pode ser pequeno. Aliado à utilização sem cuidados da terra, o tempo de recria e engorda pode aumentar.

O próximo item na classificação dos custos é o Custo Fixo (CF). Incluem-se neste item: i) Depreciação do capital imobilizado; ii) Mão de obra fixa; iii) Mão de obra temporária; iv) Serviços administrativos; v) Energia elétrica; vi) Telefonia e serviços de internet; vii) Combustíveis; viii) Taxa de manutenção; ix) Pastagens – implementação; x) Outros custos fixos mensais.

A depreciação do capital imobilizado foi calculada pela fórmula de depreciação linear, que é a mais comumente utilizada (CROITORU, et al., 2015). Para este cálculo foi utilizada a equação 5, que utiliza o valor residual em porcentagem do valor total informado. Por exemplo, ao final da vida útil de 15 anos, o implemento grade com controle irá ter um valor residual de 40% do valor unitário atual. Os valores para determinar vida útil, valor residual, taxa de manutenção e utilização na bovinocultura figuram no quadro 6.

Quadro 6. Valores utilizados no estudo de caso, para calcular a depreciação dos equipamentos utilizados na produção de bovinos de corte da propriedade analisada

	Vida útil (anos)	Valor residual (%)	Taxa de manutenção	Utilização na bovinocultura (%)
Pastagens	15	80%	10%	100%
<u>Instalações</u>				
Curral	25	60%	5%	100%
Barracão	20	40%	5%	100%
Sede	20	30%	5%	100%
<u>Cercas</u>				
Cerca interna	10	30%	10%	100%
Cerca de divisa	10	30%	10%	100%
<u>Piquetes</u>				
Bebedouros	15	30%	10%	100%
Comedouros	10%	20%	10%	100%
<u>Veículos</u>				
Motocicleta	5	40%	5%	100%
<u>Máquinas Agrícolas</u>				
Trator 6600	10	30%	10%	100%
Trator 4600	10	30%	10%	100%
<u>Implementos</u>				
Grade com controle	15	40%	1%	100%
Semeadeira	10	30%	1%	100%
Triturador	10	30%	5%	100%
Arado	10	30%	5%	100%
Balança	10	30%	5%	100%
Lâmina dianteira	10	30%	1%	100%
Guincho	10	30%	1%	100%
Carreta 2 rodas	10	30%	5%	100%
Carreta 4 rodas	10	30%	5%	100%
Roçadeira	15	30%	10%	100%
<u>Benfeitorias</u>				
Represa	10	0%	10%	100%
Poço Artesiano	20	0%	10%	100%
<u>Animais de trabalho</u>	6	0%	10%	100%

Fonte: Dados da pesquisa.

Foi incluído no modelo proposto a opção de cálculo de porcentagem da utilização dos itens na bovinocultura, devido a propriedades complexas que utilizam o mesmo maquinário agrícola ou benfeitoria para mais de uma atividade, por exemplo, sistema de criação de bovinos e cultura de milho ou soja. Como é objetivo do trabalho determinar o custo de produção da bovinocultura de corte, a porcentagem de utilização dos itens que compõem o inventário se torna importante, a fim de não superestimar os custos com depreciação da propriedade. Desse modo, é possível calcular a depreciação total e a depreciação referente à utilização na bovinocultura de

corte. No modelo analisado, a depreciação das instalações, cercas, piquetes, veículos, máquinas agrícolas, implementos, benfeitorias, animais de trabalho e material de escritório foi calculada assim.

Os itens do Custo Fixo: mão de obra fixa, mão de obra temporária, serviços administrativos, energia elétrica e telefonia, serviços de internet e consumo de combustíveis são calculados por meio das equações 8, 9, 10, 11 e 12 do quadro 2. Para a informação relacionada aos combustíveis utilizados, foram incluídos de forma independente de acordo com a finalidade de uso, sendo assim os combustíveis utilizados foram diesel para trator, diesel para transporte da camionete que realiza eventuais fretes para compra de insumos, diesel para movimentação do proprietário até a sede da propriedade e gasolina para a motosserra. Mais uma vez, a complexidade e a heterogeneidade da bovinocultura de corte a pasto pedem modelos mais abertos e flexíveis para o cálculo de custo de produção. A Taxa de Manutenção, alocada no item 15 do Quadro 1, representa os custos com a taxa de manutenção dos itens descritos no inventário. Esse valor é expresso em porcentagem totais do valor total de cada item informado, conforme a equação 13 do Quadro 2.

Como já explicado anteriormente, no item Pastagens – manutenção, os custos com pastagens foram divididos em dois subitens. O primeiro foi alocado em custo variável, que engloba os custos com manejo de manutenção das pastagens. O outro subitem das pastagens, agora alocado em custo fixo, são os gastos com implementação das pastagens. O custo aqui alocado não pode ser recuperado em apenas um ciclo de produção, pois a pastagem implementada permanecerá por anos e não apenas por um ciclo produtivo. A equação para o cálculo da implementação das pastagens será apresentada a seguir.

$$CPASTimpl = \sum(V_{i,t} \times Q_{i,t}) - (V_{i,t} \times Q_{i,t} \times 20\%) / 120 \times Per \quad (31)$$

Na qual:

$V_{i,t}$ = Valor unitário do insumo i , utilizado pelo tempo t , do período do ciclo produtivo analisado;

$Q_{i,t}$ = Quantidade do insumo i , utilizado pelo tempo t , do período do ciclo produtivo analisado;

20% = Valor residual da pastagem ao final da vida útil;

120 = Período em meses de vida útil da pastagem;

Per = Período de tempo em meses, do ciclo produtivo informado no início do preenchimento do modelo de cálculo.

No item Outros Custos Fixos mensais, recomenda-se a inclusão de itens como taxas de banco ou outros custos que sejam dispêndio durante todo o ciclo do sistema

produtivo. Não houve nenhuma inclusão de custos para esse item na propriedade analisada.

Por fim, os Custos com a Renda dos Fatores, ou Custo de Oportunidade (CO), que contempla o Custo Fixo, foram subdivididos em outros 3 itens, a saber: i) Remuneração do capital de giro; ii) Remuneração do capital fixo e iii) Remuneração da terra. A taxa de juros a ser considerada para cálculo do CO dos itens descritos acima é determinada na aba “Caracterização do Sistema”. Optou-se por taxas iguais para a propriedade estudada, porém, pode-se incluir a taxa de juros que se julgar adequada, de acordo com a gestão da propriedade. Para calcular o custo com remuneração da terra, foi utilizado o valor em reais de total da área utilizada pela bovinocultura, multiplicada pela taxa de juros sobre o capital imobilizado.

O item do D do Quadro 1, Custo Operacional Efetivo (COE), expresso pela somatória do Custo Variável e do Custo Fixo, sem considerar o CO e o item 8 (Depreciação do capital imobilizado), é um indicador muito utilizado pela agropecuária, mas não retrata a realidade, pois deixa de considerar os custos implícitos. O COE, apesar de muito utilizado em análises econômicas, pode indicar uma situação de lucro operacional e dar margem a interpretações equivocadas. Por isso, o indicador não deve ser considerado isoladamente para fins de análise. O Custo Operacional Total (COT) é calculado pela somatória dos Custos Variáveis e dos Custos Fixos, toma em consideração a depreciação e expressa melhor a situação gerencial da propriedade. Por fim, o somatório de Custo Variável, Custo Fixo resulta no Custo Total da atividade.

Os indicadores de COE e COT foram utilizados no modelo proposto pois, são mais comumente utilizados nos trabalhos da literatura e, no dia a dia do produtor rural. Isto acontece pois há uma dificuldade de estimar o custo total de produção, que contempla os custos com a renda dos fatores e com depreciação, fazendo com a maioria dos estudos não os considere nas análises econômicas. Moreira et al., (2015) se baseou no método de Matsunaga et al., (1976) para avaliar o desempenho econômico de animais na recria, também em sistemas de pastejo. Para este trabalho foi então considerado com aquisição de animais, alimentação, sanidade, manutenções (pastagens, instalações e equipamentos), despesas gerais e administrativas e energia elétrica. Fatores como depreciações e custo com a renda dos fatores não foram considerados. Nos resultados econômicos do presente estudo de caso, a não consideração destes itens – depreciação e custo com a renda dos

fatores – representa 18% do Custo Total de produção. A não utilização dos itens discutidos anteriormente, remete a prática de utilizar uma alocação de custos de caráter mais contábil e não gerencial. Para Lopes e Carvalho (2006), o custo unitário de bovinos sem a consideração dos custos com remuneração do empresário, da terra, do capital investido e do capital de giro, imediatamente, os custos menores e uma errônea interpretação destes resultados pode gerar decisões equivocadas.

À vista disso, o modelo proposto contempla todos os custos, como já dito anteriormente, mas também faz uso dos indicadores, propostos por Matsunaga et al., (1976), que ainda hoje são comuns para a literatura e pecuaristas. Com finalidade de mostrar os resultados em escalas conhecidas (COE e COT), mas que, não deixe de apontar que tais indicadores não representam o Custo Total de produção e é preciso analisar todas as informações para então interpretar os resultados.

5.3.3. Receitas de um sistema de bovinos em sistemas de pastejo

Após estabelecer os critérios para alocação e rateio dos custos de produção, algumas particularidades do sistema de produção de bovinos foram consideradas para o cálculo das receitas do sistema. As propriedades que realizam a recria e/ou a engorda de bovinos a pasto têm duas opções de venda dos animais para geração de receita.

No caso da recria, os animais são comercializados em arrobas de boi magro; no caso dos animais terminados, a comercialização é feita pela arroba de boi gordo. Ainda assim, os valores pagos aos produtores não se baseiam em um único indicador e sim, como para todo produto, na oferta e procura dos animais no mercado, o que acaba gerando uma disputa de preços no mercado. Após definido o valor da arroba mediante negociação, o preço da arroba é multiplicado pelo peso médio do lote em arrobas. A arroba do boi vivo é o peso de 30 kg. Logo, o peso final de cada animal é dividido por 30, em seguida, multiplicado pelo número total de cabeças de cada lote. O valor final é multiplicado pelo valor negociado da arroba, e, por fim, multiplicado pelo valor de um. O valor um para esta equação significa rendimento de carcaça, em valores de porcentagem. Como na propriedade estudada os animais são comercializados vivos, considera-se toda a carcaça do animal e, portanto, o valor de 100%, o qual é multiplicado por um e permanece o mesmo. Caso se trate de uma propriedade que realiza a venda dos animais terminados diretamente para o

abatedouro, o rendimento de carcaça irá interferir no valor final da receita de cada lote e da propriedade.

Outro produto que pode ser “vendido” em propriedades que possuem pastagem é o arrendamento da terra a terceiros. No estudo de caso, esta prática não foi observada, mas como se trata de uma prática comum, foi acrescentada a possibilidade de preenchimento no modelo de cálculo. Portanto, o total de receita é a soma da venda dos animais ao final do ciclo produtivo mais eventuais arrendamentos a terceiros.

5.3.4. Relatórios Econômicos

Os resultados econômicos do modelo de cálculo proposto alinharam-se com o submodelo econômico desenvolvido por Lopes et. al. (2018), no qual o custo total é obtido pela somatória dos custos fixos e variáveis. Naquele trabalho também foi utilizado o método linear de depreciação de máquinas e construções, porém os autores se basearam no trabalho de Ashfield et al. (2013), e utilizaram valores fixos para vida útil, sendo 20 anos para construções e 10 anos para tratores, considerando que todos os itens em questão se encontravam na meia vida útil. A suposição de que todos os equipamentos se encontram no mesmo estado de preservação pode ocasionar super ou subestimação do cálculo do custo de produção. Por isso, optou-se, no estudo de caso, por determinar o tempo de depreciação levando-se em conta a experiência prévia dos pesquisadores e do responsável técnico pela propriedade, recorrendo a consulta a especialista nos equipamentos e atendo-se a recomendação da Receita Federal (CROITORU, et al., 2015; SARTORELLO, 2016).

Na Tabela a seguir encontram-se os resultados econômicos após a inserção de todos os dados coletados no modelo de cálculo proposto.

Tabela 2. Custos obtidos na propriedade do estudo de caso. Resultados para toda a propriedade, para o ciclo produtivo apresentado, por animal, por @ produzida e por % do custo total

(continua)

	Itens dos custos	CUSTO POR			
		Ciclo Produtivo	Animal	@	% do CT
A	CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				
1	Aquisição de animais	R\$ 166.200,00	R\$ 1.268,70	R\$ 104,08	58,74
2	Protocolo de identificação	R\$ 187,60	R\$ 1,43	R\$ 0,12	0,07
3	Protocolo sanitário – vacinas	R\$ 434,16	R\$ 3,31	R\$ 0,27	0,15
4	Protocolo sanitário – medicamentos	R\$ 495,80	R\$ 3,78	R\$ 0,31	0,18
5	Insumos para suplementação	R\$ 20.007,86	R\$ 152,73	R\$ 12,53	7,07
6	Outros custos variáveis	R\$ 555,60	R\$ 4,24	R\$ 0,35	0,20
7	Pastagens - manutenção	R\$ 2.600,00	R\$ 19,85	R\$ 1,63	0,92
	Subtotal Custos variáveis	R\$ 187.325,42	R\$ 1.429,97	R\$ 117,31	66,21
B	CUSTOS FIXOS (CF)				
8	Depreciação do capital imobilizado	R\$ 20.052,08	R\$ 153,07	R\$ 12,56	7,09
9	Mão de obra fixa	R\$ 16.800,00	R\$ 128,24	R\$ 10,52	5,94
10	Mão de obra temporária	R\$ 1.401,00	R\$ 10,69	R\$ 0,88	0,50
11	Serviços administrativos	R\$ 2.000,00	R\$ 15,27	R\$ 1,25	0,71
12	Energia elétrica	R\$ 1.749,60	R\$ 13,36	R\$ 1,10	0,62
13	Telefonia e serviço de internet	R\$ 718,80	R\$ 5,49	R\$ 0,45	0,25
14	Combustíveis	R\$ 2.819,00	R\$ 21,52	R\$ 1,77	1,00
15	Taxa de manutenção	R\$ 18.881,00	R\$ 144,13	R\$ 11,82	6,67

(conclusão)

		CUSTO POR			
	Itens dos custos	Ciclo Produtivo	Animal	@	% do CT
16	Pastagens – Implementação	R\$ 592,88	R\$ 4,53	R\$ 0,37	0,21
17	Outros custos fixos mensais	R\$ -	R\$ -	R\$ -	0,00
	Subtotal Custos fixos	R\$ 65.014,36	R\$ 491,77	R\$ 40,34	22,98
C	Custo com a renda dos fatores (co)				
18	Remuneração do capital de giro	R\$ 7.493,02	R\$ 57,20	R\$ 4,69	2,65
19	Remuneração do capital fixo	R\$ 2.600,57	R\$ 19,85	R\$ 1,63	0,92
20	Remuneração da terra	R\$ 20.488,11	R\$ 156,40	R\$ 12,83	7,24
	Subtotal Custos com a renda dos fatores	R\$ 30.581,70	R\$ 233,45	R\$ 19,15	10,81
D	CUSTO OPERACIONAL EFETIVO - COE	R\$ 232.287,70	R\$ 1.768,66	R\$ 145,09	
E	CUSTO OPERACIONAL TOTAL - COT	R\$ 252.339,78	R\$ 1.921,73	R\$ 157,65	
F	CUSTO TOTAL	R\$ 282.921,48	R\$ 2.155,18	R\$ 176,80	100
G	RECEITAS	R\$ 288.556,33	R\$ 2.202,72	R\$ 180,70	
H	LUCRO ECONÔMICO	R\$ 5.634,85	R\$ 47,54	R\$ 3,90	

Fonte: Dados da pesquisa.

O relatório econômico mostrado na Tabela 2 representa o relatório econômico de toda a propriedade, para o período indicado pelo proprietário para análise, este relatório é portanto a primeira opção de análise dos resultados econômicos do sistema. Após a alocação dos custos e a apresentação do lucro econômico do sistema, foi apresentado o item I) RENDA AO PRODUTOR; J) RESERVA FINANCEIRA PARA COBRIR DEPRECIÇÃO e, K) INDICADORES ZOOTÉCNICOS DA PROPRIEDADE. Esses itens foram adicionados para permitir o fácil entendimento do gestor no momento de interpretar os resultados econômicos do sistema e são descritos no Quadro 7.

Quadro 7. Resultados para o item Renda ao produtor, da propriedade estudada

I	RENDA AO PRODUTOR		
	Lucro econômico da pecuária	R\$	5.634,85
	Renda do capital de giro	R\$	7.493,02
	Renda do capital fixo	R\$	2.600,57
	Renda da terra	R\$	20.488,11
	Remuneração pelo trabalho do proprietário	R\$	12.000,00
	Remuneração do proprietário	R\$	48.216,55
J	RESERVA FINANCEIRA PARA COBRIR DEPRECIÇÕES	R\$	20.052,08

Fonte: Dados da pesquisa.

Os itens lucro econômico da pecuária, renda do capital de giro, renda do capital fixo e renda da terra já foram explicados anteriormente, no quadro 2, nas equações 16, 17 e 18, nessa mesma ordem. A Remuneração pelo trabalho do proprietário é o valor indicado na planilha de caracterização do sistema como remuneração pelo trabalho do proprietário por mês multiplicado pela quantidade de meses considerada para o ciclo produtivo. A Renda do proprietário é, então, a somatória dos itens: i) lucro econômico da pecuária, ii) renda do capital de giro, iii) renda do capital fixo, iv) renda da terra e v) renda do proprietário. Por fim, a necessidade de reserva financeira é o valor total de depreciação anual do capital imobilizado. É indicado que este valor foi destinado à compra de bens quando a vida útil dos mesmos chegar ao fim. No próximo quadro, é possível observar os indicadores zootécnicos da propriedade.

Quadro 8. Resultados obtidos para o item indicadores zootécnicos da propriedade

K	Indicadores Zootécnicos da Propriedade		
	Taxa de lotação (cab/ha)		0,63
	Taxa de mortalidade de todo o sistema (%)		2,24
	Custo Total por hectare	R\$	1.486,41
	Quantidade de @ produzidas por hectare		7,48
	Lucro econômico por hectare	R\$	29,20

Fonte: Dados da pesquisa.

A taxa de lotação foi calculada pela somatória de todos os bovinos na propriedade, dividida pela área total da propriedade em hectares. Nota-se que a taxa de lotação encontrada no estudo de caso é inferior à reportada pelo IBGE (2017), que foi de 0,92 cab/ha. Apesar de estar abaixo da média brasileira, o sistema não deixa de ser produtivo e apresentar lucro econômico. A taxa de mortalidade é o resultado da subtração do total de bovinos iniciais do número de animais mortos durante o ciclo produtivo. O custo total por hectare é o custo total dividido pela somatória da área ocupada pela reserva legal, área de pastagem e área média com as instalações. O indicador @ produzidas por hectare é, então, o total de arrobas produzidas, dividido pela somatória da área ocupada pela reserva legal, área de pastagem e área média com as instalações.

Pode-se observar que na Tabela 2 o relatório econômico do sistema apresenta um lucro econômico de R\$ 5.634,85, o que indica que a propriedade obteve receita maior que o custo total e com tendência de crescimento, na qual o cenário econômico precisa apresentar uma receita igual ao custo total (BARBOSA et al., 2015; MOREIRA et al., 2015; SARTORELLO et al., 2016). Contudo, ainda não se sabe qual seja o resultado econômico de cada lote de bovinos. Para isso, com o intuito de auxiliar o produtor a analisar os resultados econômicos pelos lotes de animais da propriedade, elaborou-se outro relatório econômico, em que os resultados são apresentados por lote, e a alocação dos custos para este relatório foi feita através da quantidade final de arrobas produzidas. Esta é segunda forma na qual os resultados econômicos foram apresentados. A propriedade dividiu os animais em 3 lotes diferentes, e os critérios que determinaram a composição dos lotes foram sexo, idade de desmame, peso de entrada e principalmente propriedades de origem.

Tabela 3. Descrição do estado fisiológico de cada lote

Descrição	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Sexo	Macho	Fêmea	Macho
Idade	0 – 12 meses	0 -12 meses	0 – 12 meses
Peso inicial médio	210	184	198
Peso final médio	379	352	364
Ganho médio diário (kg/dia)	0,469	0,466	0,461
Mortalidade %	0%	2,56%	4,34%
Preço de aquisição (R\$/animal)	R\$ 1.300,00	R\$ 1.100,00	R\$ 1.300,00
Preço de venda (R\$/@)	R\$ 185,00	R\$ 170,00	R\$ 185,00
Propriedade de origem	Fazenda A	Fazenda B	Diversas

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao analisar e comparar os resultados econômicos de cada lote da propriedade, é possível observar quais lotes apresentaram melhores resultados econômicos. O lote 1 registrou o maior lucro econômico do sistema. O lucro econômico total do lote foi de R\$ 5.384,23; por animal, de R\$ 117,15; e por arroba, R\$ 9,27. O lote 2 obteve lucro econômico de R\$ 522,78 e o lote 3 apresentou prejuízo econômico de R\$ 290,86.

Como já dito anteriormente, a inclusão dos relatórios por lotes avança metodologicamente quando comparados aos modelos de custo de produção desenvolvidos por Raineri et al., (2015) e Sartorello et al., (2018). Esta inovação no modelo proposto se mostrou funcional e estratégica, permite a melhor análise econômica e zootécnica dos animais da propriedade. Os resultados para os diferentes lotes serão apresentados a seguir em relatórios individuais.

Tabela 4. Custos obtidos na propriedade do estudo de caso. Resultados para o lote 1, para o ciclo produtivo apresentado, por animal, por @ produzida e, por % do custo total

Relatório Econômico		(continua)			
		CUSTO POR			
Itens dos custos		LOTE	Animal	@	% do CT
A	CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				
1	Aquisição de Animais	R\$ 59.800,00	R\$ 1.300,00	R\$ 102,90	71,42
2	Protocolo de Identificação	R\$ 64,40	R\$ 1,40	R\$ 0,11	0,08
3	Protocolo Sanitário - Vacinas	R\$ 149,04	R\$ 3,24	R\$ 0,26	0,18
4	Protocolo Sanitário - Medicamentos	R\$ 170,20	R\$ 3,70	R\$ 0,29	0,20
5	Insumos para Suplementação	R\$ 7.179,09	R\$ 156,07	R\$ 12,35	8,57
6	Outros custos variáveis	R\$ 0,96	R\$ 0,02	R\$ 0,00	0,00
7	Pastagens - Manutenção	R\$ 4,47	R\$ 0,10	R\$ 0,01	0,01
	Subtotal Custos variáveis	R\$ 67.368,16	R\$ 1.464,53	R\$ 115,93	80,45
B	CUSTOS FIXOS (CF)				
8	Depreciação do capital imobilizado	R\$ 7.297,37	R\$ 158,64	R\$ 12,56	8,72
9	Mão de obra fixa	R\$ 6.113,87	R\$ 132,91	R\$ 10,52	7,30
10	Mão de obra temporária	R\$ 509,85	R\$ 11,08	R\$ 0,88	0,61
11	Serviços Administrativos	R\$ 727,84	R\$ 15,82	R\$ 1,25	0,87
12	Energia Elétrica	R\$ 636,72	R\$ 13,84	R\$ 1,10	0,76
13	Telefonia e serviço de internet	R\$ 261,59	R\$ 5,69	R\$ 0,45	0,31
14	Combustíveis	R\$ 1.025,89	R\$ 22,30	R\$ 1,77	1,23
15	Taxa de Manutenção	R\$ 6.871,19	R\$ 149,37	R\$ 11,82	8,21
16	Pastagens - Implementação e	R\$ 215,76	R\$ 4,69	R\$ 0,37	0,26

(conclusão)

Relatório Econômico		CUSTO POR			
Itens dos custos	LOTE	Animal	@	% do CT	
17	Outros custos fixos mensais	R\$ -	R\$ -	R\$ -	0,00
	Subtotal Custos fixos	R\$ 23.660,09	R\$ 514,35	R\$ 40,71	28,26
C	CUSTO COM A RENDA DOS FATORES (CO)				
18	Remuneração do capital de giro	R\$ 2.694,73	R\$ 58,58	R\$ 4,64	3,22
19	Remuneração do capital fixo	R\$ 946,40	R\$ 20,57	R\$ 1,63	1,13
20	Remuneração da terra	R\$ 7.456,05	R\$ 162,09	R\$ 12,83	8,90
	Subtotal Custos com a renda dos fatores	R\$ 11.097,18	R\$ 241,24	R\$ 19,10	13,25
D	CUSTO OPERACIONAL EFETIVO - COE	R\$ 83.730,88	R\$ 1.820,24	R\$ 144,08	
E	CUSTO OPERACIONAL TOTAL - COT	R\$ 91.028,25	R\$ 1.978,88	R\$ 156,64	
F	CUSTO TOTAL	R\$ 102.125,43	R\$ 2.220,12	R\$ 175,73	
G	RECEITAS	R\$ 107.509,67	R\$ 2.337,17	R\$ 185,00	
H	LUCRO ECONÔMICO	R\$ 5.384,23	R\$ 117,05	R\$ 9,27	

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 5. Custos obtidos na propriedade do estudo de caso. Resultados para o lote 2, para o ciclo produtivo apresentado, por animal, por @ produzida e, por % do custo total

Relatório Econômico		(continua)			
		CUSTO POR			
Itens dos custos	LOTE	Animal	@	% do CT	
A	CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				
1	Animais	R\$ 44.000,00	R\$ 1.128,21	R\$ 96,15	69,95
2	Protocolo de Identificação	R\$ 56,00	R\$ 1,44	R\$ 0,12	0,09
3	Protocolo Sanitário - Vacinas	R\$ 129,60	R\$ 3,32	R\$ 0,28	0,21
4	Protocolo Sanitário - Medicamentos	R\$ 148,00	R\$ 3,79	R\$ 0,32	0,24
5	Insumos para Suplementação	R\$ 5.680,95	R\$ 145,67	R\$ 12,41	9,03
6	Outros custos variáveis	R\$ 1,21	R\$ 0,03	R\$ 0,00	0,00
7	Pastagens - Manutenção	R\$ 5,68	R\$ 0,15	R\$ 0,01	0,01
	Subtotal Custos variáveis	R\$ 50.021,45	R\$ 1.282,60	R\$ 109,31	79,51
B	CUSTOS FIXOS (CF)				
8	Depreciação do capital imobilizado	R\$ 5.746,15	R\$ 147,34	R\$ 12,56	9,13
9	Mão de obra fixa	R\$ 4.814,23	R\$ 123,44	R\$ 10,52	7,65
10	Mão de obra temporária	R\$ 401,47	R\$ 10,29	R\$ 0,88	0,64
11	Serviços Administrativos	R\$ 573,12	R\$ 14,70	R\$ 1,25	0,91
12	Energia Elétrica	R\$ 501,37	R\$ 12,86	R\$ 1,10	0,80
13	Telefonia e serviço de internet	R\$ 205,98	R\$ 5,28	R\$ 0,45	0,33
14	Combustíveis	R\$ 807,82	R\$ 20,71	R\$ 1,77	1,28
15	Taxa de Manutenção	R\$ 5.410,56	R\$ 138,73	R\$ 11,82	8,60
16	Pastagens - Implementação e	R\$ 169,90	R\$ 4,36	R\$ 0,37	0,27

Relatório Econômico		(conclusão)			
		CUSTO POR			
Itens dos custos		LOTE	Animal	@	% do CT
Subtotal Custos fixos		R\$ 18.630,59	R\$ 477,71	R\$ 40,71	29,62
C	CUSTO COM A RENDA DOS FATORES (CO)				
18	Remuneração do capital de giro	R\$ 2.000,86	R\$ 51,30	R\$ 4,37	3,18
19	Remuneração do capital fixo	R\$ 745,22	R\$ 19,11	R\$ 1,63	1,18
20	Remuneração da terra	R\$ 5.871,10	R\$ 150,54	R\$ 12,83	9,33
Subtotal Custos com a renda dos fatores		R\$ 8.617,18	R\$ 220,95	R\$ 18,83	13,70
D	CUSTO OPERACIONAL EFETIVO - COE	R\$ 62.905,89	R\$ 1.612,97	R\$ 137,47	
E	CUSTO OPERACIONAL TOTAL - COT	R\$ 68.652,04	R\$ 1.760,31	R\$ 150,03	
F	CUSTO TOTAL	R\$ 77.269,22	R\$ 1.981,26	R\$ 168,86	
G	RECEITAS	R\$ 77.792,00	R\$ 1.994,67	R\$ 170,00	
H	LUCRO ECONÔMICO	R\$ 522,78	R\$ 13,40	R\$ 1,14	

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 6. Custos obtidos na propriedade do estudo de caso. Resultados para o lote 3, para o ciclo produtivo apresentado, por animal, por @ produzida e, por % do custo total

(continua)

Relatório Econômico		CUSTO POR			
Itens dos custos	LOTE	Animal	@	% do CT	
A CUSTOS VARIÁVEIS (CV)					
1	Aquisição de Animais	R\$ 62.400,00	R\$ 1.356,52	R\$ 111,80	72,84
2	Protocolo de Identificação	R\$ 67,20	R\$ 1,46	R\$ 0,12	0,08
3	Protocolo Sanitário - Vacinas	R\$ 155,52	R\$ 3,38	R\$ 0,28	0,18
4	Protocolo Sanitário - Medicamentos	R\$ 177,60	R\$ 3,86	R\$ 0,32	0,21
5	Insumos para Suplementação	R\$ 7.147,82	R\$ 155,39	R\$ 12,81	8,34
6	Outros custos variáveis	R\$ 1,00	R\$ 0,02	R\$ 0,00	0,00
7	Pastagens - Manutenção	R\$ 4,66	R\$ 0,10	R\$ 0,01	0,01
	Subtotal Custos variáveis	R\$ 69.953,80	R\$ 1.520,73	R\$ 125,34	81,65
B CUSTOS FIXOS (CF)					
8	Depreciação do capital imobilizado	R\$ 7.008,56	R\$ 152,36	R\$ 12,56	8,18
9	Mão de obra fixa	R\$ 5.871,90	R\$ 127,65	R\$ 10,52	6,85
10	Mão de obra temporária	R\$ 489,67	R\$ 10,65	R\$ 0,88	0,57
11	Serviços Administrativos	R\$ 699,04	R\$ 15,20	R\$ 1,25	0,82
12	Energia Elétrica	R\$ 611,52	R\$ 13,29	R\$ 1,10	0,71
13	Telefonia e serviço de internet	R\$ 251,23	R\$ 5,46	R\$ 0,45	0,29
14	Combustíveis	R\$ 985,29	R\$ 21,42	R\$ 1,77	1,15
15	Taxa de Manutenção	R\$ 6.599,25	R\$ 143,46	R\$ 11,82	7,70
16	Pastagens - Implementação e	R\$ 207,22	R\$ 4,50	R\$ 0,37	0,24

Relatório Econômico		(conclusão)			
		CUSTO POR			
Itens dos custos		LOTE	Animal	@	% do CT
Subtotal Custos fixos		R\$ 22.723,68	R\$ 493,99	R\$ 40,71	26,52
C	CUSTO COM A RENDA DOS FATORES (CO)				
18	Remuneração do capital de giro	R\$ 2.798,15	R\$ 60,83	R\$ 5,01	3,27
19	Remuneração do capital fixo	R\$ 908,95	R\$ 19,76	R\$ 1,63	1,06
20	Remuneração da terra	R\$ 7.160,96	R\$ 155,67	R\$ 12,83	8,36
Subtotal Custos com a renda dos fatores		R\$ 10.868,06	R\$ 236,26	R\$ 19,47	12,69
D	CUSTO OPERACIONAL EFETIVO - COE	R\$ 85.668,91	R\$ 1.862,37	R\$ 153,49	
E	CUSTO OPERACIONAL TOTAL - COT	R\$ 92.677,47	R\$ 2.014,73	R\$ 166,05	
F	CUSTO TOTAL	R\$ 103.545,53	R\$ 2.250,99	R\$ 185,52	
G	RECEITAS	R\$ 103.254,67	R\$ 2.244,67	R\$ 185,00	
H	LUCRO ECONÔMICO	-R\$ 290,86	-R\$ 6,32	-R\$ 0,52	

Fonte: Dados da pesquisa.

Como já discutido anteriormente, no lote 1 os bovinos apresentam o maior lucro econômico do sistema. Quando comparado aos outros lotes, o lote 1 apresenta o maior ganho de peso diário (0,469kg/dia/cabeça) e ao final de um ano, 581,1 arrobas. O valor negociado para a venda dos animais a R\$185,00/@ favoreceu o pecuarista. Na Tabela 5, é possível observar os resultados econômicos obtidos no lote 2, o único lote de fêmeas do sistema.

Para o pecuarista, a compra de fêmeas apresentou-se favorável devido ao preço de compra dos animais. O poder de negociação é decisivo para a atividade. No estudo de caso, as fêmeas foram adquiridas no valor de R\$ 1.100,00 por cabeça e vendidas a R\$ 170,00 a arroba. Assim como Ashfiel et. al. (2014), Sartorello (2016) e Lopes et. al. (2018) sugerem, o preço de venda é o principal fator que influencia os resultados econômicos do sistema de produção. Como no estudo de caso, o preço de venda bem como o preço de compra dos animais é determinado pelo mercado, o qual é influenciado por uma série de fatores que em geral escapam ao controle dos pecuaristas. Contudo, conhecer os outros custos de produção, principalmente custos subestimados ou muitas vezes ignorados, é algo que pode favorecer o produtor na hora de negociar a venda do seu animal.

Segundo Santos; Marion (1993) e Moreira et al., (2015), determinar os custos unitários de produção é uma prática fundamental para análise econômica de sistemas pecuários. Podemos confirmar tal afirmação através da simulação que foi realizada no presente estudo de caso. Para exemplificar a importância do poder da negociação e do conhecimento dos custos de produção, fez-se uma simulação em que o valor de venda dos animais do lote 3 foi modificado, de R\$185,00/@ para R\$ 186,00/@. Os resultados econômicos podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7. Resultados econômicos para simulação do preço de venda dos animais do lote 3, para o ciclo produtivo apresentado, por animal, por @ produzida e, por % do custo total

(continua)

Relatório Econômico		CUSTO POR			
		LOTE	Animal	@	% do CT
A	CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				
1	Animais	R\$ 62.400,00	R\$ 1.356,52	R\$ 111,80	72,84
2	Protocolo de Identificação	R\$ 67,20	R\$ 1,46	R\$ 0,12	0,08
3	Protocolo Sanitário - Vacinas	R\$ 155,52	R\$ 3,38	R\$ 0,28	0,18
4	Protocolo Sanitário - Medicamentos	R\$ 177,60	R\$ 3,86	R\$ 0,32	0,21
5	Insumos para Suplementação	R\$ 7.147,82	R\$ 155,39	R\$ 12,81	8,34
6	Outros custos variáveis	R\$ 1,00	R\$ 0,02	R\$ 0,00	0,00
7	Pastagens - Manutenção	R\$ 4,66	R\$ 0,10	R\$ 0,01	0,01
	Subtotal Custos variáveis	R\$ 69.953,80	R\$ 1.520,73	R\$ 125,34	81,65
B	CUSTOS FIXOS (CF)				
8	Depreciação do capital imobilizado	R\$ 7.008,56	R\$ 152,36	R\$ 12,56	8,18
9	Mão de obra fixa	R\$ 5.871,90	R\$ 127,65	R\$ 10,52	6,85
10	Mão de obra temporária	R\$ 489,67	R\$ 10,65	R\$ 0,88	0,57
11	Serviços Administrativos	R\$ 699,04	R\$ 15,20	R\$ 1,25	0,82
12	Energia Elétrica	R\$ 611,52	R\$ 13,29	R\$ 1,10	0,71
13	Telefonia e serviço de internet	R\$ 251,23	R\$ 5,46	R\$ 0,45	0,29
14	Combustíveis	R\$ 985,29	R\$ 21,42	R\$ 1,77	1,15

(conclusão)

Relatório Econômico		CUSTO POR			
Itens dos custos		LOTE	Animal	@	% do CT
16	Pastagens - Implementação e	R\$ 207,22	R\$ 4,50	R\$ 0,37	0,24
17	Outros custos fixos mensais	R\$ -	R\$ -	R\$ -	0,00
	Subtotal Custos fixos	R\$ 22.723,68	R\$ 493,99	R\$ 40,71	26,52
C	CUSTO COM A RENDA DOS FATORES (CO)				
18	Remuneração do capital de giro	R\$ 2.798,15	R\$ 60,83	R\$ 5,01	3,27
19	Remuneração do capital fixo	R\$ 908,95	R\$ 19,76	R\$ 1,63	1,06
20	Remuneração da terra	R\$ 7.160,96	R\$ 155,67	R\$ 12,83	8,36
	Subtotal Custos com a renda dos fatores	R\$ 10.868,06	R\$ 236,26	R\$ 19,47	12,69
D	CUSTO OPERACIONAL EFETIVO - COE	R\$ 85.668,91	R\$ 1.862,37	R\$ 153,49	
E	CUSTO OPERACIONAL TOTAL - COT	R\$ 92.677,47	R\$ 2.014,73	R\$ 166,05	
F	CUSTO TOTAL	R\$ 103.545,53	R\$ 2.250,99	R\$ 185,52	
G	RECEITAS	R\$ 103.812,80	R\$ 2.256,80	R\$ 186,00	
H	LUCRO ECONÔMICO	R\$ 267,27	R\$ 5,81	R\$ 0,48	

Fonte: Dados da pesquisa.

O sistema ao todo teria um lucro econômico de R\$ 6.192,99, uma diferença de R\$ 558,14 quando comparado ao sistema real. A venda dos animais do lote 3 ao preço de R\$185,00/@, pareceu bom negócio ao pecuarista, conforme suas análises pessoais, o custo de produção foi similar ao valor de COE do modelo proposto (R\$ 153,49) e, ele teria então um lucro de R\$31,40/@. Essa é uma mentalidade comum entre os pecuaristas e outros técnicos da área; entretanto, em uma análise de longo prazo, a fazenda estaria a caminho da exaustão (Moreira et. al., 2015; Sartorello, 2016). Por isso, conhecer os custos do sistema e dos animais é hoje um diferencial, o que, aliado a outras práticas zootécnicas, pode contribuir para assegurar a permanência e o crescimento do sistema.

Em seguida, realizou-se uma análise de sensibilidade a fim de identificar quais os insumos que mais influenciam no custo total. Optou-se pela análise de elasticidade, que Raineri et al., (2015b) empregou em um sistema de ovinos. A equação expressa a relação entre duas variáveis correlacionadas, no caso, escolheu-se os insumos de produção que mais se destacam no custo total. Esta análise mede, portanto, em pontos percentuais, a resposta proporcional de determinada variável sobre outra. A equação para utilização desta metodologia é descrita a seguir através da fórmula 32.

$$EPFC_f = \frac{\frac{CT_{t+1} - CT_t}{CT_{rt}}}{\frac{PF_{ft+1} - PF_{ft}}{PF_{ft}}} \quad (32)$$

Na qual:

EPFC_f: elasticidade do preço do custo total para o fator de produção *f*;

CT_t: custo total de produção durante o período *t*;

CT_{t+1}: custo total de produção durante o período *t+1* (período após a variação ocorrida) (em Reais);

PF_{ft}: preço do fator de produção *f* durante período *t* (em Reais); e

PF_{ft+1}: preço do fator de produção *f* durante o período *t+1* (período após a variação ocorrida) (em Reais).

Os insumos que mais participam do custo total, a saber: i) Custo com aquisição de animais; ii) Custo com a suplementação; iii) Custo com a depreciação do capital imobilizado; iv) Custo com a mão de obra fixa e, v) Custo com taxa de manutenção. Os resultados são encontrados na Tabela 8.

Tabela 8. Elasticidade-preço dos itens sobre o custo total de produção: variação percentual que incidiria sobre o custo total de produção, caso se incrementasse em 1% o custo dispendio total dos respectivos itens

Item	Elasticidade	
	Este estudo	Lopes et. al. (2018).
1 Aquisição de Animais	+0,5489	+0,4150 (2°) ¹
2 Taxa de manutenção	+0,1154	-
3 Total Suplementação	+0,0750	-
4 Depreciação do capital imobilizado	+0,0709	-
5 Mão de obra fixa	+0,0513	-
6 Sal mineral P160	+ 0,0102	-
7 Milho	+0,0101	+0,0475 (4°) ¹
8 Vacinas	+0,0100	-
9 Antiparasitário e Carrapaticida	+ 0,0100	-
10 Soja	+0,0100	+0,0250 (5°) ¹
11 Sal branco	+0,0100	-

¹média ponderada para 4 tratamentos analisado; (2°), (4°) e (5°), representam as posições ocupadas pelo respectivo insumo em um total de 11 insumos analisados por Lopes et al. (2018).

Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados da análise de elasticidade evidenciaram que a aquisição de animais é o item que mais influencia o custo total. O aumento em um ponto percentual no custo com aquisição de animais, aumenta em 0,54 pontos percentuais o custo total, seguido do item taxa de manutenção, suplementação, depreciação e mão de obra fixa. Os itens compreendidos na suplementação que mais influenciam o custo total são o sal mineral P160 e o milho, seguidos da soja e do sal branco. Para Lopes et. al. (2018), o valor de aquisição dos animais é o item que mais influencia o custo total, após o valor de venda dos animais vivos. A suplementação com milho e com soja ocupa em seu estudo as posições 4 e 5 de um total de 11 insumos analisados. Os valores encontrados nesse trabalho são maiores quando comparados ao sistema do estudo de caso, visto que o trabalho analisou o desempenho de animais em pastejo com maior suplementação nutricional.

Este resultado, sugere mais uma vez que, o poder de negociação no momento da compra e na venda de animais é o fator que mais irá influenciar os custos totais analisado.

CONCLUSÕES

O modelo para cálculo de custo de produção de bovinos de corte em sistemas de pastejo proposto inspirou-se na Teoria Econômica e foi capaz de analisar o sistema e de gerar resultados econômicos. Com o também objetivo de ser uma ferramenta para uso dos produtores rurais, o modelo consegue ainda gerar resultados econômicos para dez lotes diferentes de bovinos, aumentando as chances de identificação dos principais entraves e gargalos do sistema produtivo. Permitiu, portanto, além de analisar economicamente o sistema de produção, comparar o desempenho econômico dos diferentes lotes de produção para o sistema em análise.

Além dos custos de produção, a utilização deste modelo de cálculo, torna possível obter outros indicadores econômicos, como custo por hectare e lucro econômico por hectare, e outros indicadores produtivos e zootécnicos, como taxa de lotação, arroba produzida por hectares e taxa de mortalidade. A interpretação dos indicadores econômicos, produtivos e zootécnicos através desta única ferramenta permite a padronização dos resultados e assim, torna-se possível a comparação com outros trabalhos.

REFERÊNCIAS

ABREU, U. G. P.; LOPES, P. S. **Análise de Sistemas de Produção Animal – Bases Conceituais**. Corumbá: Embrapa Pantanal, p. 29, 2005.

ASHFIELD, A. et al. Bioeconomic modelling of male Holstein-Friesian dairy calf-to-beef production systems on Irish farms. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**. Irland, v. 53, n. 2, p. 133–147, 2014.

ASHFIELD, A.; CROSSON, P.; WALLACE, M. Simulation modelling of temperate grassland based dairy calf to beef production systems. **Agricultural Systems**, v. 115, p. 41–50, fev. 2013.

BARBOSA, F. et al. **Cenários para a Pecuária de Corte Amazônica**. 1. ed. Belo Horizonte: IGC/UFMG, 2015.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados de Economia Aplicada - ESALQ, USP. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). Pesquisa pecuária municipal, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). SIDRA - Censo Agropecuário. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6930>>. Acesso em: 4 nov. 2019.

LOPES, R. B. et al. Bioeconomic simulation of compensatory growth in beef cattle production systems. **Livestock Science**, v. 216, p. 165–173, out. 2018.

MARTINS, E.; ROCHA, W. **Métodos de custeio comparados: custos e margens analisados sob diferentes perspectivas**. São Paulo: Atlas, 2010.

MATSUNAGA, M. et al. **Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA**. Agricultura em São Paulo (Brasil), v. 23, n. 1, p. 123–139, 1976.

MOREIRA, F. S. et al. Desempenho produtivo e econômico de três grupos genéticos de bovinos recriados a pasto com suplementação e terminados em confinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 1, p. 140–148, 2015.

OIAGEN, R. P. et al. Melhoria organizacional na produção de bezerros de corte a partir dos centros de custos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.580-587, 2008.

RUSHTON, J. **The economics of animal health and production**. In: London: CABI Head Office, p. 384, 2009.

SARTORELLO, G. L. **Desenvolvimento de modelo de cálculo e de indicador de custos de produção para bovinos de corte em confinamento**. Pirassununga: Universidade de São Paulo, 14 set. 2016.

SARTORELLO, G.L.; BASTOS, J.S.T.; GAMEIRO, A.H. **Development of a calculation model and production cost index for feedlot beef cattle**. R. Bras. Zootec., Viçosa v. 47, 2018.

SANTOS, G.J.; MARION, J.C. **Administração de custos na agropecuária**. São Paulo: Atlas, p. 141, 1993.

RAINERI, C., SARA, T., STIVARI, S., GAMEIRO, A.H., Development of a cost calculation model and cost index for sheep production. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 44, p. 443–455, 2015.

RAINERI, C., STIVARI, T.S.S., GAMEIRO, A.H., Lamb production costs: Analyses of composition and elasticities analysis of lamb production costs. **Asian-Australasian J. Anim. Sci.** v. 28, p. 1209–1215, 2015b.

USDA. United States Department of Agriculture - Foreign Agricultural Service.
Disponível em:

<<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home/statsByCountry%3C>
>. Acesso em: 8 jun. 2020.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos**. In: 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. p. 248.

YOUNG, H. B. **Certain Cost Concepts**. Ohio State University Press, v. 29, n. 2, p. 89–94, 1958.

APÊNDICES

Apêndice A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO FORNECIDO AO PROPRIETÁRIO DO ESTUDO DE CASO.

Pirassununga SP, _____ de _____ de 201_____

À Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

Universidade de São Paulo

AUTORIZAÇÃO

As informações fornecidas neste documento têm por finalidade esclarecer o presente estudo para a participação voluntária da propriedade _____

_____, representada por _____.

O título do estudo é "**Desenvolvimento de modelo de cálculo de custo de produção e de análise da sustentabilidade na bovinocultura a pasto**". Este projeto de pesquisa tem por finalidade desenvolver um modelo de cálculo que permitirá estimar: a) o custo de produção de bovinos a pasto; e b) avaliar a sustentabilidade desses sistemas de produção, utilizando a síntese em emergia.

Este estudo refere-se à dissertação de mestrado de Beatriz Queiróz dos Reis, matriculada no programa de pós-graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (VNP/FMVZ/USP).

A condução do estudo proporcionará a elaboração de uma planilha eletrônica, onde será possível calcular todos os custos de produção e de sustentabilidade de bovinos de corte criados a pasto. A planilha será disponibilizada para a propriedade do estudo, e poderá servir como ferramenta estratégica para a tomada de decisão e adoção de técnicas mais sustentáveis. Desse modo, o Índice de sustentabilidade em emergia poderá auxiliar os produtores rurais e responsáveis pela extensa cadeia da carne na tomada de decisão, com objetivo de melhorar as práticas de gestão ambiental nas

propriedades. E então, futuramente seria possível identificar os produtos provenientes de fazendas sustentáveis.

Para a condução do estudo, fica autorizado o Prof.º Dr.º Augusto Hauber Gameiro a fazer uso, para fins acadêmicos e científicos, dos indicadores econômicos, zootécnicos e sustentáveis por ele e sua equipe junto a _____ durante o ano de 2019.

O _____ Sr.º _____ (a) _____ está ciente

de que em qualquer etapa do estudo terá acesso aos profissionais responsáveis para esclarecimentos das eventuais dúvidas. Fica a garantia de retirar o consentimento a qualquer momento e deixar de participar da pesquisa sem prejuízo à propriedade.

A decisão de incluir a propriedade no estudo foi discutida com o Prof.º Dr.º Augusto Hauber Gameiro e a aluna responsável, Beatriz Queiróz dos Reis.

Ficaram claros quais são os propósitos do projeto, os procedimentos a serem realizados, os riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes.

Nome _____ do _____ representante:

Augusto Hauber Gameiro
Docente Responsável

Beatriz Queiróz dos Reis
Discente Responsável

Apêndice B – DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA PROPRIEDADE DO ESTUDO DE CASO

Tabela 9. Característica da propriedade estudada para realização do modelo de cálculo

Características	Informações
Área total da propriedade	213,5 ha
Área de preservação permanente	20 ha
Área utilizada para bovinocultura	193 ha
Área construída	0,5 ha
Preço da terra	R\$ 2653,9,00/ha
Fertilidade do solo	Baixa/Média
A recria é a única atividade?	Sim
Outras atividades desenvolvidas	-
Tempo na bovinocultura	Oito anos
Administrador da bovinocultura	Proprietário
Tempo destinado à bovinocultura	5 dias/mês
Assistência técnica	Não possui
Número de funcionários fixos	1
Número de matrizes	0
Número de reprodutores	0
Garrotes comercializados/ano	134 animais
Genótipo dos animais	Nelore
Etapas realizadas do ciclo	Recria
Sistema de criação	Pastagem extensiva
Tem suplementação?	Sim
Tipos de cocho de água	Construídos de cimento
Tipos de cochos de suplemente	Reaproveitamento de outros materiais
Disponibilidade de trator	Sim, 60 cv e 90 cv
Tipo de pastagem	<i>Andropogon gayanus cv. Planaltina</i>
Taxa de lotação	0,63 cabeças/ha
Realiza rotação	Sim
Realiza adubação	Sim, adubação de cobertura
Suplemento mineral	Sal comum, sal P160,
Origem	Todos adquiridos
Suplemento das secas	Sal comum, sal P160, enxofre, ureia, milho e soja
Origem	Todos adquiridos

6. ARTIGO 2 – SÍNTESE EM EMERGIA PARA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA BOVINOCULTURA A PASTO

Beatriz Queiróz dos Reis, Elaine Mendonça Bernardes, Augusto Hauber Gameiro.

Resumo: Caracterizado por ser um país de diferentes biomas espalhados por uma grande extensão territorial, o Brasil possui uma atividade pecuária considerada heterogênea. Esta heterogeneidade da pecuária dificulta a compreensão, a análise e a comparação dos sistemas de produção. Quando se avalia a produção inserida em um contexto de demanda por sustentabilidade, em seu pleno sentido, o desafio é ainda mais significativo. Nesse contexto, há a necessidade de desenvolver estudos que busquem compreender os sistemas e que possibilitem alcançar maior eficiência produtiva, econômica e ambiental. Este estudo tem por finalidade avaliar a carga ambiental de um sistema de produção de bovinos de corte criados a pasto, utilizando a síntese em emergia. Para analisar tal sistema, foi utilizado um modelo de cálculo de custo de produção em que se considerou, detalhadamente, todos os fatores de produção utilizados. Para analisar a carga ambiental do sistema de produção foi utilizada a síntese em emergia. Esta metodologia escolhida tem fundamentos baseados nas leis da termodinâmica, na teoria geral de sistemas e nos princípios da ecologia, permite considerar os recursos materiais e serviços da economia (aqueles considerados no modelo de custo de produção) e os recursos renováveis naturais não onerados no cálculo de custo de produção. Para realizar a avaliação do sistema, o trabalho foi dividido em quatro etapas: i) Análise econômica do sistema de produção, considerando a teoria econômica; ii) construção de um modelo conceitual do sistema; iii) transformação de todos os recursos e estoques para a unidade de Sej e iv) análise dos índices emergéticos para avaliar a carga ambiental e comparação com outros sistemas de produção ou com o ideal sustentável. A transformidade (Tr) foi de $2,63E+03$ sej/J. O índice de Renovabilidade, que mede a proporção do uso da emergia de todos os recursos naturais renováveis em relação à emergia contida no produto, foi de 47,61%. A razão de rendimento emergético (EYR), que mede quanto de emergia da natureza foi incorporada na produção de um bem ou serviço, foi de 1,91. A razão de investimento emergético (EIR), que calcula o investimento da sociedade para produzir um determinado bem ou serviço, foi de 1,10. A razão de carga ambiental

(ELR), que indica a pressão ambiental provocada pelo sistema, teve o valor calculado de 1,10. O Índice de sustentabilidade em energia emergético (ESI) é um indicador que mede a carga ambiental para obter-se determinado rendimento. O resultado para este índice foi de 1,74. Por fim, a razão de intercâmbio emergético (EER) indica quão equilibradas são as relações de troca entre a energia do produto e a energia da receita bruta, e o valor encontrado pela pesquisa foi de 12,45, indicando que o sistema entrega muito mais energia do que recebe em forma monetária. O recurso não renovável que mais impacta o sistema é o combustível utilizado para os serviços de manejo de pastagem. Se melhorado o manejo das pastagens, o sistema seria menos dependente da economia. Através dos índices emergéticos foi possível analisar o sistema de bovinos com uma perspectiva ambiental, permitindo ao pesquisador auxiliar o produtor rural na adoção de técnicas que melhorem os indicadores de sustentabilidade, que estão hoje sendo altamente cobrados pelo consumidor final.

Palavras-chave: Sustentabilidade ambiental. Gestão ambiental. Desenvolvimento sustentável. Pecuária de corte. Ruminantes.

6.1. INTRODUÇÃO

No ano de 2017, 90% dos bovinos abatidos foram provenientes dos 162,8 milhões de hectares de pastagens nativas e cultivadas (IBGE, 2019). Estima-se que a produção agrícola e pecuária ocupe, no Brasil, 244,4 milhões de hectares (USDA, 2018). Em virtude da extensa área territorial e do grande rebanho de bovinos, os sistemas de produção no Brasil são na maior parte realizados sobre pastagens extensivas. O uso das pastagens apresenta grande diversidade, sobretudo por causa da extensão territorial e da variedade de biomas do país. Por essa razão, depara-se com os mais diferentes tipos de sistemas de criação de bovinos, por exemplo: sistema extensivo, sistema semi-intensivo e sistemas intensivos. A tecnologia utilizada nos diferentes sistemas influencia diretamente a rentabilidade e a sustentabilidade da atividade.

Desde 1987, quando o Relatório Brundtland estabeleceu que o desenvolvimento sustentável deveria atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender as suas próprias necessidades (BRUNDTLAND, 1987), esforços vêm sendo conduzidos para alinhar os sistemas de produção agropecuários a esse modelo de desenvolvimento

(PRETTY, 2008; PRETTY; BHARUCHA, 2014, AMBROSIO et. al. 2019). Em 2015, durante a Cúpula das Nações Unidas, foi implementada uma agenda para a consecução do Desenvolvimento Sustentável. A agenda compreende 17 objetivos e 169 metas, a serem atingidas até o ano de 2030. Dentre os objetivos, quatro dimensões principais se destacam na abordagem, quais sejam, social, ambiental, econômica e institucional. Para alinhar os objetivos de desenvolvimento sustentável com a produção de alimentos, especificamente a produção de carne bovina, é necessário avaliar os sistemas de produção de uma maneira mais holística.

Entre as metodologias para avaliar a sustentabilidade dos sistemas, uma que vem se destacando é a síntese em emergia. Emergia é a contração da expressão “*Embodied energy*”, e significa “Memória Energética”, ou “Energia Incorporada”. Essa metodologia descreve toda a energia externa e interna, renovável ou não, utilizada para produzir um recurso, seja natural ou antrópico. De acordo com Agostinho (2010), a avaliação de emergia, proposta por Odum (1988), é a ferramenta mais indicada como método de avaliação e diagnóstico de sustentabilidade. Isso porque ela permite a contabilização de toda a energia no sistema, e assim, o cálculo de indicadores emergéticos que podem servir de alternativas para possibilitar a discussão e simulação de como alcançar o equilíbrio da sustentabilidade. Desse modo, a utilização da síntese em emergia vem ganhando força ao longo dos anos e se destacando como uma das principais metodologias para exploração de indicadores de sustentabilidade. Este artigo teve por objetivo analisar um sistema de produção de bovinos de corte a pasto na fase de recria, baseado no modelo de cálculo de custo de produção desenvolvido previamente.

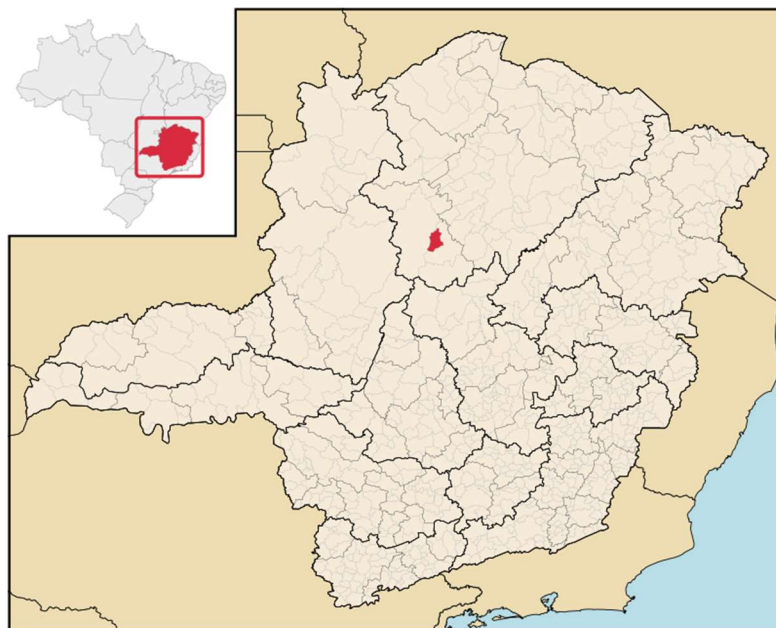
6.2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, nas dependências do Departamento de Nutrição e Produção Animal, no Laboratório de Análises Socioeconômicas e Ciência Animal (LAE), com sede na cidade de Pirassununga (SP). Para a análise do sistema de bovinos de corte criados em sistema de pastejo foi utilizado o modelo de cálculo de custo de produção desenvolvido previamente. A fim de incluir todos os dados da atividade de produção de bovinos a pasto nos sistemas de recria e terminação, foi

realizado um estudo de caso, o que permitiu conhecer detalhadamente o sistema produtivo.

A propriedade do estudo de caso e avaliação emergética está localizada na região Nordeste do estado de Minas Gerais, conforme mostra a Figura 12. De acordo com Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a região é caracterizada por um clima predominantemente tropical, localizado à uma altitude de 472 m à nível do mar, com uma precipitação anual de 1118,1 mm e temperatura máxima média de 31,2 ° e mínima média de 18, 5°. Todos os dados coletados no sistema foram considerados no modelo proposto. As demais características zootécnicas e econômicas serão descritas a seguir.

Figura 12 - Região na qual está localizada a propriedade do estudo de caso



Fonte: IBGE, 2019.

A área total da propriedade é de 213,5 hectares, dos quais 20 hectares são destinados à área de preservação permanente e 193 hectares a pastagens, sendo que a área média ocupada pelas instalações é de 0,5 hectares. A área destinada a pastagem é subdividida em 9 piquetes com aproximadamente 21,44 hectares, cada. A espécie forrageira utilizada nas pastagens é o *Andropogon gayanus cv. Planaltina*, e os animais ficam em pastejo com rotação entre os piquetes até que a oferta de matéria orgânica nos piquetes diminuir, o que ocorre dentro de aproximadamente 40 dias. A taxa de lotação foi de 0,63 cabeças/hectare, sendo 134 o número total de animais, dos quais 94 machos e 40 fêmeas com idade de 8 à 12 meses, sendo a taxa de

mortalidade total do sistema de 2,24%. Os bovinos entraram com peso média de 197,33kg \pm 13,01 kg de PV (peso vivo) e após 12 meses, saíram do sistema com 365kg \pm 13,52kg. Todos os animais receberam os mesmos insumos, sendo eles: i) protocolo de identificação, composto pela marcação a ferro quente e um brinco de identificação de plástico; ii) protocolo sanitário – vacinas, sendo elas vacina aftosa, vacina polivalente e vacina contra raiva; iii) protocolo sanitário – outros medicamentos, sendo estes antiparasitários (3 doses) e carrapaticida (1 dose); iv) insumos para suplementação – dieta 1 (sal mineral e sal branco), 0,1% PV, por 180 dias ; v) insumos para suplementação – dieta 2 (sal mineral, sal branco, milho, soja, ureia e enxofre), 0,1% PV, por 180 dias. O inventário da propriedade, bem como a análise econômica do sistema estudado serão apresentados nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 10. Inventário dos capitais na propriedade de estudo de caso

(continua)

Descrição	Unit.	Qtde.	Valor Unitário	Valor Total	Vida Útil (anos)	Valor Residual (%)	Depreciação
Terra e capital fixo imobilizado							
<u>Pastagem</u>	ha	193	R\$ 2.653,90	R\$ 512.202,70	15	80%	R\$ 39.837,93
<u>Instalações</u>							
Curral completo	m ²	200	R\$ 200,00	R\$ 40.000,00	25	60%	R\$ 1.599,98
Barracão	m ²	50	R\$ 150,00	R\$ 7.500,00	20	40%	R\$ 374,98
Sede	m ²	80	R\$ 150,00	R\$ 12.000,00	20	30%	R\$ 599,99
Instalações - Subtotal				R\$ 59.500,00			R\$ 2.574,94
<u>Cercas</u>							
Cerca interna	m/linear	1000	R\$ 6,01	R\$ 6.010,00	10	30%	R\$ 600,97
Cerca de divisa	m/linear	10000	R\$ 6,01	R\$ 60.100,00	10	30%	R\$ 6.009,97
Cercas - Subtotal				R\$ 66.110,00			R\$ 6.610,94
<u>Piquetes</u>							
Bebedouro	uni	10	R\$ 500,00	R\$ 5.000,00	15	30%	R\$ 333,31
Comedouro	uni	10	R\$ 150,00	R\$ 1.500,00	10	20%	R\$ 149,98
Piquetes - Subtotal				R\$ 6.500,00			R\$ 483,29
<u>Veículos</u>							
Motocicleta	uni	1	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00	5	40%	R\$ 399,92
Veículos - Subtotal				R\$ 2.000,00			R\$ 399,92
<u>Máquinas Agrícolas</u>							
Trator 6600	uni	1	R\$ 25.000,00	R\$ 25.000,00	10	30%	R\$ 2.499,97
Trator 4600	uni	1	R\$ 20.000,00	R\$ 20.000,00	10	30%	R\$ 1.999,97
Máquinas - Subtotal				R\$ 45.000,00			R\$ 4.499,94
<u>Implementos</u>							
Grade c/controle	uni	1	R\$ 12.000,00	R\$ 12.000,00	15	40%	R\$ 799,97
Semeadeira	uni	1	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00	10	30%	R\$ 249,97
Triturador	uni	1	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00	10	30%	R\$ 149,97
Arado	uni	1	R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00	10	30%	R\$ 99,97

Descrição	Unit.	Qtde.	Valor Unitário	Valor Total	Vida Útil (anos)	Valor Residual (%)	Depreciação
Balança	uni	1	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00	10	30%	R\$ 499,97
Lâmina dianteira	uni	1	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00	10	30%	R\$ 149,97
Guincho	uni	1	R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00	10	30%	R\$ 99,97
Carreta (2 rodas)	uni	1	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00	10	30%	R\$ 149,97
Carreta (4 rodas)	uni	1	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00	10	30%	R\$ 249,97
Roçadeira	uni	1	R\$ 12.000,00	R\$ 12.000,00	15	30%	R\$ 799,98
Implementos - Subtotal				R\$ 40.500,00			R\$ 3.249,71
<u>Benfeitorias</u>							
Represa	uni	5	R\$ 1.000,00	R\$ 5.000,00	10	0%	R\$ 500,00
Poço artesiano	uni	1	R\$ 8.000,00	R\$ 8.000,00	20	0%	R\$ 400,00
Benfeitorias - Subtotal				R\$ 13.000,00			R\$ 900,00
<u>Animais de trabalho</u>							
Cavalos	uni	4	R\$ 2.000,00	R\$ 8.000,00	6	0%	R\$ 1.333,33
Animais de trabalho - Subtotal				R\$ 8.000,00			R\$ 1.333,33
Capital Fixo Imobilizado				R\$ 240.610,00			R\$ 20.052,08

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 11. Custos obtidos na propriedade do estudo de caso. Resultados para toda a propriedade, para o ciclo produtivo apresentado ao longo dos 12 meses, por animal, por @ produzida e, por % do custo total

		(continua)			
		CUSTO POR			
	Itens dos custos	Ciclo produtivo	Animal	@	% do CT
A	CUSTOS VARIÁVEIS (CV)				
1	Aquisição de Animais	R\$ 166.200,00	R\$ 1.268,70	R\$ 104,08	58,74
2	Protocolo de Identificação	R\$ 187,60	R\$ 1,43	R\$ 0,12	0,07
3	Protocolo Sanitário - Vacinas	R\$ 434,16	R\$ 3,31	R\$ 0,27	0,15
4	Protocolo Sanitário - Medicamentos	R\$ 495,80	R\$ 3,78	R\$ 0,31	0,18
5	Insumos para Suplementação	R\$ 20.007,86	R\$ 152,73	R\$ 12,53	7,07
6	Outros custos variáveis	R\$ 555,60	R\$ 4,24	R\$ 0,35	0,20

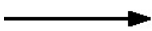
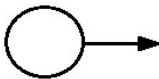
						(conclusão)
Itens dos custos		Ciclo produtivo	CUSTO POR			% do CT
			Animal	@		
7	Pastagens - e Manutenção	R\$ 2.600,00	R\$ 19,85	R\$ 1,63		0,92
	Subtotal Custos variáveis	R\$ 187.325,42	R\$ 1.429,97	R\$ 117,31		66,21
B	CUSTOS FIXOS (CF)					
8	Depreciação do capital imobilizado	R\$ 20.052,08	R\$ 153,07	R\$ 12,56		7,09
9	Mão de obra fixa	R\$ 16.800,00	R\$ 128,24	R\$ 10,52		5,94
10	Mão de obra temporária	R\$ 1.401,00	R\$ 10,69	R\$ 0,88		0,50
11	Serviços Administrativos	R\$ 2.000,00	R\$ 15,27	R\$ 1,25		0,71
12	Energia Elétrica	R\$ 1.749,60	R\$ 13,36	R\$ 1,10		0,62
13	Telefonia e serviço de internet	R\$ 718,80	R\$ 5,49	R\$ 0,45		0,25
14	Combustíveis	R\$ 2.819,00	R\$ 21,52	R\$ 1,77		1,00
15	Taxa de Manutenção	R\$ 18.881,00	R\$ 144,13	R\$ 11,82		6,67
16	Pastagens - Implementação	R\$ 592,88	R\$ 4,53	R\$ 0,37		0,21
17	Outros custos fixos mensais	R\$ -	R\$ -	R\$ -		0,00
	Subtotal Custos fixos	R\$ 65.014,36	R\$ 491,77	R\$ 40,34		22,98
C	CUSTO COM A RENDA DOS FATORES (CO)					
18	Remuneração do capital de giro	R\$ 7.493,02	R\$ 57,20	R\$ 4,69		2,65
19	Remuneração do capital fixo	R\$ 2.600,57	R\$ 19,85	R\$ 1,63		0,92
20	Remuneração da terra	R\$ 20.488,11	R\$ 156,40	R\$ 12,83		7,24
	Subtotal Custos com a renda dos fatores	R\$ 30.581,70	R\$ 233,45	R\$ 19,15		10,81
D	CUSTO OPERACIONAL EFETIVO - COE	R\$ 232.287,70	R\$ 1.768,66	R\$ 145,09		
E	CUSTO OPERACIONAL TOTAL - COT	R\$ 252.339,78	R\$ 1.921,73	R\$ 157,65		
F	CUSTO TOTAL	R\$ 282.921,48	R\$ 2.155,18	R\$ 176,80		100
G	RECEITAS	R\$ 288.556,33	R\$ 2.202,72	R\$ 180,70		
H	LUCRO ECONÔMICO	R\$ 5.634,85	R\$ 47,54	R\$ 3,90		

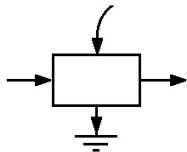
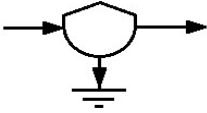
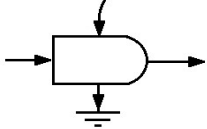
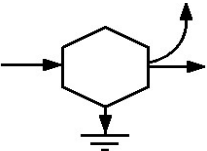
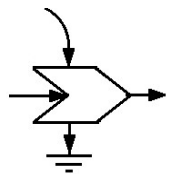
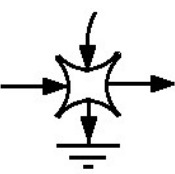
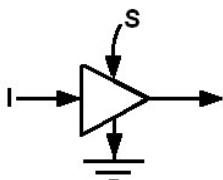
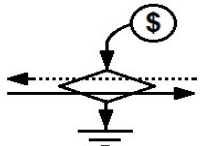
Fonte: Dados da pesquisa.

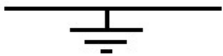
Odum (1996), descreve as principais etapas para o desenvolvimento da síntese em emergia. A primeira etapa para o estudo da emergia é o modelo mental. Este é definido pelo pensamento sistêmico do que será avaliado, sendo, pois, importante nessa fase o conhecimento detalhado do sistema por especialistas. Esse conhecimento servirá de base para identificar as fontes e as interações dentro e fora do sistema. Por meio de reuniões entre os pecuaristas e os pesquisadores, foi possível conhecer o sistema detalhadamente e então construir o modelo mental. A segunda etapa da síntese em emergia é a construção do modelo conceitual. Para a construção do modelo, é necessário primeiro definir a janela de observação. Esta é determinada pelo tempo de reposição e do território de suporte de influência, sendo mais comumente chamada de janela de tempo e espaço. Do ponto de vista ambiental, a janela de observação ambiental é definida pelos recursos do ecossistema e o uso econômico dos recursos da natureza. Essa janela de observação segue padrões de organização e transformação, segundo os princípios da termodinâmica.

No estudo de caso, foi considerado o mesmo período utilizado para realizar as análises econômicas, o que para esse estudo se considerou o tempo e o espaço de um ciclo produtivo, que para a atividade pecuária do estudo foi de um ano. Definida a janela de observação do sistema, é construído um diagrama de sistema, no qual, por meio de símbolos, se conectam todas as energias do sistema e suas interações. A construção do diagrama do sistema permite o cálculo de equações que possibilitam simular seu comportamento (ODUM, 1983, 1996, 2000). Os símbolos utilizados para a construção do diagrama proposto são encontrados no quadro 9, exposto a seguir.

Quadro 9. Símbolos propostos por Odum (1996) usados no diagrama do modelo conceitual do sistema

	<p>Fluxo de Energia: Um fluxo de energia entre as fontes de energia externas (naturais ou antrópicas), os estoques, produtores, consumidores e sumidouros (drenos) do sistema proporcional ao volume do estoque ou à necessidade da fonte que o produz.</p>
	<p>Fonte: Um recurso externo, natural ou antrópico, que fornece energia ao sistema de acordo com um programa controlado externamente (função força).</p>

	<p>Caixa: Símbolo usado para definir os limites do sistema e de seus subsistemas.</p>
	<p>Estoque: Uma reserva energética do sistema, que armazena uma quantidade de energia de acordo com o balanço dos fluxos de entrada e saída de energia. É uma variável do tipo estado.</p>
	<p>Produtor: Unidade que coleta e transforma energia de baixa qualidade (baixa intensidade) em energia de alta qualidade, usando interações de energia de forma controlada.</p>
	<p>Consumidor: Unidade que transforma a qualidade da energia produzida pelo produtor, armazena e retroalimenta energia à etapa anterior (sistema auto catalítico) influenciando o fluxo de energia que recebe.</p>
	<p>Interação: Intersecção interativa de dois fluxos de energia que produzem um fluxo de saída de energia proporcional a uma relação funcional entre ambos ou a um controle de ação de um fluxo sobre outro; representa um fator limitante ou estação de trabalho. Na UPA representa a operação agrícola.</p>
	<p>Chave: Símbolo que indica uma ação de conexão-desconexão, como o início e o fim de um incêndio, alta e baixa maré.</p>
	<p>Amplificador: Uma unidade que fornece um fluxo de saída na proporção do fluxo de entrada (I) transformado por um fator constante à fonte de energia (s).</p>
	<p>Transação: Símbolo que indica o fluxo de energia da comercialização, compra e venda, de bens ou serviços (linha contínua) associado ao fluxo de energia correspondente ao recebimento ou pagamento monetário (linha tracejada).</p>

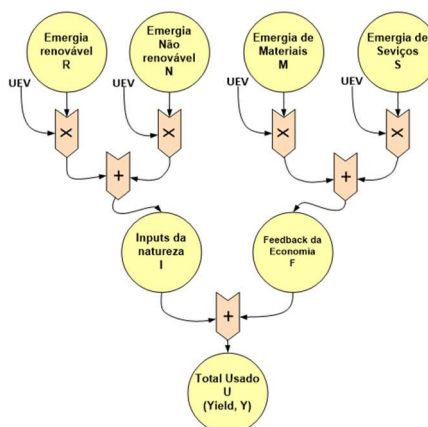
	<p>Sumidouro de energia: Dispersão de parte dos fluxos de energia potencial que ocorre devido à entropia do sistema ao realizar trabalho. Energia que é dispersa e não pode mais ser usada para produzir trabalho.</p>
---	---

Fonte: Adaptado de Odum (1996).

Os símbolos do quadro anterior são utilizados de maneira padrão entre os pesquisadores que fazem uso da metodologia emergética, sendo então a linguagem oficial para comunicação dos sistemas. É possível, por meio dos diagramas, estudar e analisar qualquer sistema. Para auxiliar na construção do diagrama, é importante: i) definir a janela de observação; ii) listar as fontes do sistema (de onde vêm os recursos para que o sistema funcione perfeitamente?), realizar um inventário é uma prática que pode auxiliar nessa etapa da diagramação; iii) listar os processos (quais os fluxos, relações, interações, produção e consumo, do sistema?); iv) desenhar o diagrama (utilizando as Figuras do quadro 9).

Após a construção do diagrama, o sistema é subdividido em grupos de fluxos de energia. Odum (1996) os agrupou em quatro: (a) Recursos naturais renováveis (R), são os recursos provenientes da natureza, como a luz solar, o vento e a chuva; (b) Recursos naturais não renováveis (N), são os recursos de energia não renováveis da natureza, como solo, madeira de florestas e minerais. Eles são classificados como não renováveis quando a sua utilização é mais rápida do que a sua produção; (c) Recursos de materiais importados da economia (M), são os recursos materiais comprados de fora do sistema; (d) Recursos de serviços e mão-de-obra (S), são os recursos de serviços prestados de pessoas de dentro ou fora do sistema e suas relativas taxas. A soma total da energia total incorporada dos sistemas ou processos em análise é expressa em Energia Solar Utilizada (U), como na fórmula $U = I + F$. Ambrósio (2019), apresentou um esquema de como os fluxos se agregam, tal como mostra a Figura 13.

Figura 13. Esquema de agrupamento dos fluxos agregados de energia



Fonte: Ambrósio et. al., (2019).

Como mostrado na Figura anterior (14), os recursos renováveis e os não renováveis, podem ser agregados e então chamados de locais da natureza (I), como na fórmula:

$$I = \sum R + \sum N \quad (1)$$

Os recursos provindos de materiais e os serviços também são passíveis de ser agregados e recebem a denominação de feedback da economia (F), como na fórmula:

$$F = \sum M + \sum S \quad (2)$$

A partir dos cálculos dos fluxos de energia, é possível calcular índices energéticos. Cada índice proposto por Odum (1996) e Ortega et al. (2002), demonstra uma relação entre os fluxos. Os índices da energia apresentados por Odum (1996) fornecem informações sobre as relações entre os tipos de recursos utilizados no sistema produtivo. Uma vez calculados, é possível a comparação com outros sistemas de produção, inclusive com sistemas mais complexos ou mais simples (BROWN; ULGIATI, 2001). Os principais índices, conforme Odum (1996) e Ortega et al. (2002), são apresentados a seguir:

Quadro 10. Índices emergéticos e suas respectivas equações, propostas por Odum (1996) e Ortega (2002)

Índice	Equação	Número
Tr	Y/Ep	3
EYR	Y/F	4
ELR	$((N + F) / R)$	5
ELR parcial	$(MN+SN+N) / (R+MR+SR)$	6
ESI	EYR/ELR	7
%R	$(R / Y) * 100$	8
%R parcial	$((R+MR+SR) / Y) * 100$	9
EIR	F / I	10
EER	$Y / [(\$) x (sej/\$)]$	11

Fonte: Adaptado de Odum (1996) e Ortega et al. (2002).

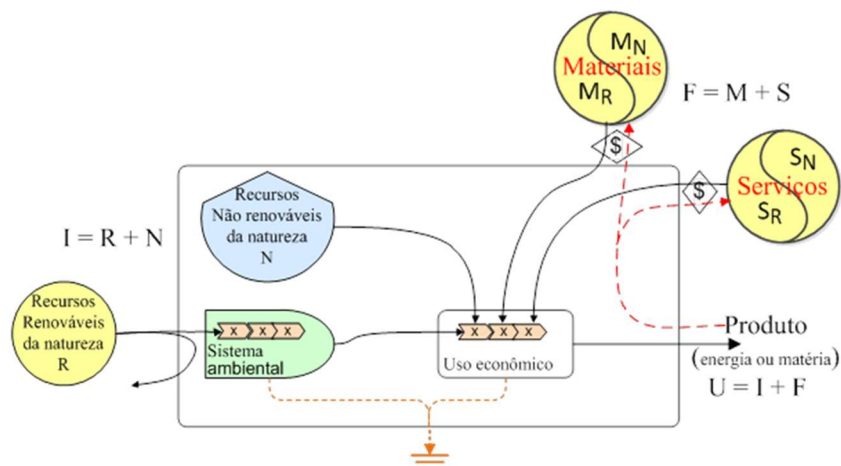
Quadro 11. Nomenclatura e definições das equações utilizadas para cálculo dos índices emergéticos

Sigla	Legenda
Y	Energia total
I	Locais da natureza
EP	Produto equivalente
F	<i>Feedback</i> da economia
N	Recursos naturais não renováveis
R	Recursos naturais renováveis
M	Recursos de materiais importados da economia
S	Recursos de serviços e mão-de-obra
MN	Recursos de materiais importados da economia, não renováveis
MR	Recursos de materiais importados da economia, renováveis
SN	Recursos de serviços e mão-de-obra, não renováveis
SR	Recursos de serviços e mão-de-obra, renováveis
sej/kg	Joules solares por kg
sej/U\$	Joules solares por dólares
Tr	Transformidade
% R	Renovabilidade
EYR	Razão de rendimento em energia
EIR	Razão de investimento de energia
ELR	Razão de carga ambiental
ESI	Índice de sustentabilidade em energia
EER	Razão de intercâmbio emergético
%R parcial	Renovabilidade parcial
ELR parcial	Razão de carga ambiental parcial

Fonte: Adaptado de Odum (1996) e Ortega et al. (2002).

Na Figura 14, é possível observar a interação entre o modelo conceitual e os fluxos de energia.

Figura 14. Fluxos agregados em um modelo conceitual simples

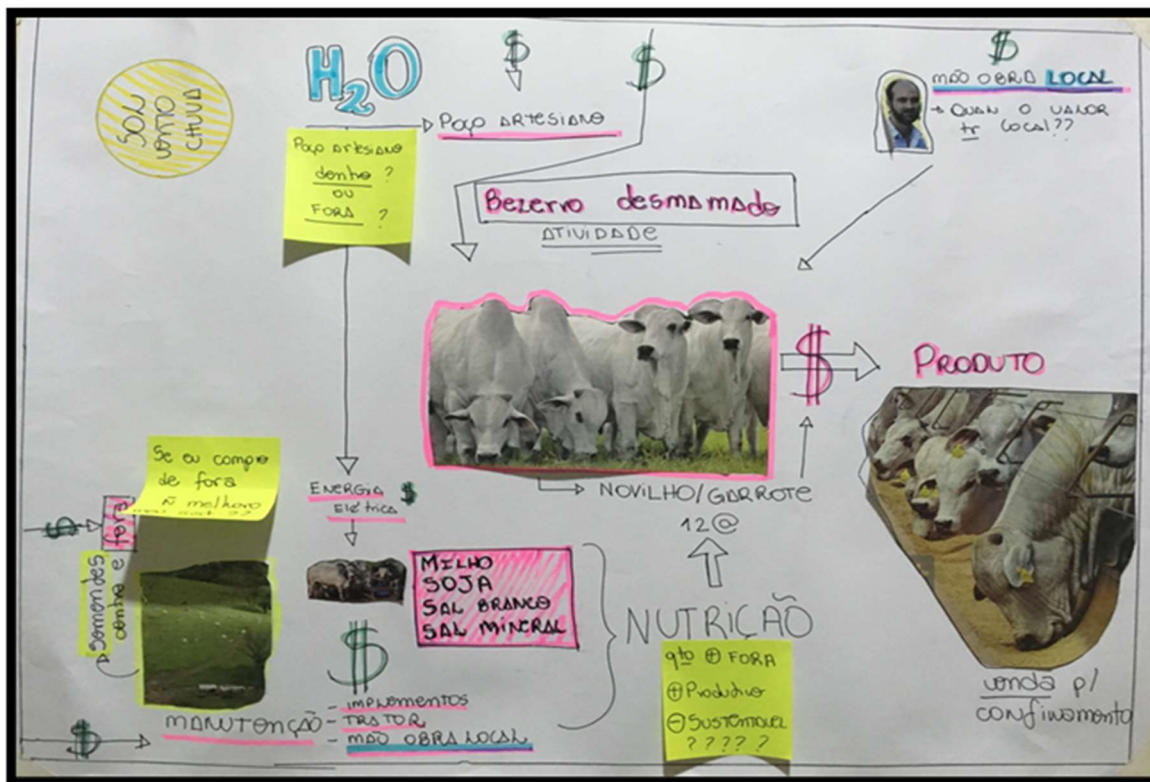


Fonte: Ambrósio et. al., (2019).

6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

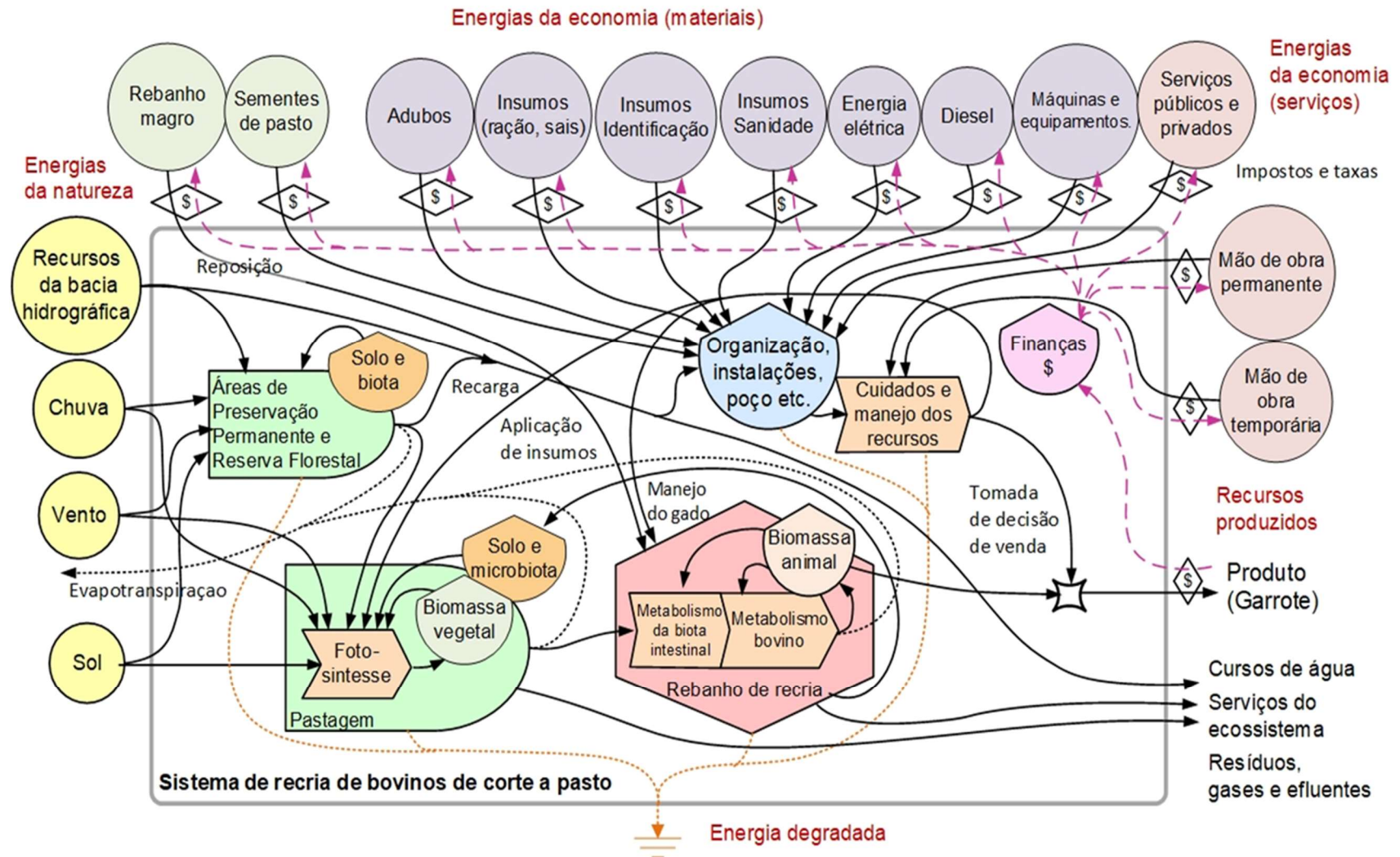
O modelo mental construído, Figura 15, foi apresentado ao pecuarista e aos pesquisadores envolvidos, e após alguns ajustes, foi elaborado o diagrama conceitual, Figura 16. Após a construção do diagrama conceitual, foram organizados os fluxos de energia do sistema e em seguida, iniciados os cálculos de conversão de energia para energia. Os detalhes dos cálculos são apresentados na Tabela 12 a seguir.

Figura 15. Modelo mental para o sistema de Recria/Engorda de bovinos de corte



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 16. Modelo conceitual de um sistema de recria/engorda de bovinos de corte criados a pasto



Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 12. Tabela de energia para o sistema estudado.

		(continua)				
	Entradas	Unidade ano	Transformidade sej/unidade	Energia sej	Emdólares Em\$	% Total energia
R	RECURSOS RENOVAVEIS			2,72E+20		47,63
R1	Radiação	5,63E+00	1,00E+00	6,22E+09	-	0,00
R2	Velocidade do vento	3,40E+00	1,86E+03	1,26E+10	-	0,00
R3	Precipitação anual	1,10E+03	5,84E+12	2,72E+20	9,52E+07	47,63
R4	Água de poço artesiano	2,00E+01	3,27E+05	3,15E+11	1,10E-01	0,00
N	RECURSOS NÃO RENOVAVEIS			1,34E+15		0,00
N1	Erosão do solo agrícola	2,00E+04	7,40E+04	1,34E+15	4,68E+02	0,00
M	RECURSOS DA ECONOMIA - MATERIAIS			2,99E+20		52,37
M1	Energia elétrica	3,24E+03	2,56E+05	2,99E+15	1,04E+03	0,00
M2	Combustíveis	7,60E+02	8,45E+04	2,93E+20	1,02E+08	51,19
M3	(P+K)	8,00E-01	3,03E+06	5,67E+18	1,98E+06	0,99
M4	Sementes de Capim	1,00E+00	1,91E+04	2,19E+14	7,65E+01	0,00
M5	Adubação de cobertura	2,50E+00	4,60E+06	1,15E+10	4,02E-03	0,00
M6	Adubação de cobertura	1,00E+00	3,55E+06	3,55E+09	1,24E-03	0,00
M7	Instalações ¹	2,26E+16	-	2,26E+16	7,90E+03	0,00
M8	Cercas ²	1,81E+16	-	1,81E+16	6,34E+03	0,00
M9	Comedouros e Bebedouros ³	6,28E+14	-	6,28E+14	2,19E+02	0,00
M10	Veículos	1,45E+01	8,63E+12	1,25E+14	4,37E+01	0,00
M11	Máquinas	4,78E+02	8,63E+12	4,12E+15	1,44E+03	0,00
M12	Implementos	2,00E+02	8,63E+12	1,73E+15	6,03E+02	0,00
M13	Animais de trabalho ⁵	4,29E+04	-	4,78E+02	1,67E-10	0,00
M14	Animais-1	9,66E+03	4,43E+05	4,39E+16	1,54E+04	0,01
M15	Animais-2	7,36E+03	4,43E+05	3,35E+16	1,17E+04	0,01
M16	Animais-3	9,50E+03	4,43E+05	4,32E+16	1,51E+04	0,01

M17	Brinco de identificação + Marcação a ferro	1,14E-02	4,47E+12	5,07E+10	1,77E-02	0,00
M18	Brinco de identificação + Marcação a ferro	1,14E-02	4,47E+12	5,07E+10	1,77E-02	0,00
M19	Brinco de identificação + Marcação a ferro	1,14E-02	4,47E+12	5,07E+10	1,77E-02	0,00
M20	Vacina Aftosa + Polivalente + Raiva	9,00E-03	1,07E+10	9,65E+07	3,38E-05	0,00
M21	Vacina Aftosa + Polivalente + Raiva	9,00E-03	1,07E+10	9,65E+07	3,38E-05	0,00
M22	Vacina Aftosa + Polivalente + Raiva	9,00E-03	1,07E+10	9,65E+07	3,38E-05	0,00
M23	Antiparasitários (3 doses)	2,25E-02	3,58E+09	8,04E+07	2,81E-05	0,00
M24	Antiparasitários (3 doses)	2,25E-02	3,58E+09	8,04E+07	2,81E-05	0,00
M25	Antiparasitários (3 doses)	2,25E-02	3,58E+09	8,04E+07	2,81E-05	0,00
M26	Carrapaticida (1 dose)	4,00E-03	3,58E+09	1,43E+07	5,00E-06	0,00
M27	Carrapaticida (1 dose)	4,00E-03	3,58E+09	1,43E+07	5,00E-06	0,00
M28	Carrapaticida (1 dose)	4,00E-03	3,58E+09	1,43E+07	5,00E-06	0,00
M29	Sal Mineral P160 + Sal Branco (1:2)	2,03E+03	4,56E+12	9,27E+15	3,24E+03	0,00
M30	Sal Mineral P160 + Sal Branco (1:2)	1,61E+03	4,56E+12	7,33E+15	2,56E+03	0,00
M31	Sal Mineral P160 + Sal Branco (1:2)	2,02E+03	4,56E+12	9,23E+15	3,23E+03	0,00
M32	Formulação Própria	2,84E+03	1,10E+14	3,14E+17	1,10E+05	0,05
M33	Formulação Própria	2,25E+03	1,10E+14	2,49E+17	8,69E+04	0,04
M34	Formulação Própria	2,83E+03	1,10E+14	3,13E+17	1,09E+05	0,05
S	RECURSOS DA ECONOMIA - SERVIÇOS			1,51E+16		0,00
S1	Mão de obra fixa	1,20E+01	1,00E+05	1,20E+06	4,20E-07	0,00
S2	Mão de obra temporária	1,50E+02	2,14E+06	3,21E+08	1,12E-04	0,00
S3	Serviços administrativos	2,00E+00	2,14E+06	4,28E+06	1,50E-06	0,00
S4	Pastagens - implementação Serviços	2,63E+01	2,86E+12	7,51E+13	2,63E+01	0,00
S5	Pastagens – manutenção Serviços	1,64E+02	2,86E+12	4,69E+14	1,64E+02	0,00
S6	Telefonia e serviço de internet	1,87E+02	2,86E+12	5,35E+14	1,87E+02	0,00
S7	Outros custos variáveis	1,45E+02	2,86E+12	4,14E+14	1,45E+02	0,00
S8	Análise de Solo	7,29E+00	2,86E+12	2,09E+13	7,29E+00	0,00
S9	Valor da taxa de manutenção	4,76E+03	2,86E+12	1,36E+16	4,76E+03	0,00
Y	EMERGIA TOTAL			5,71E+20		100,00

¹ As referências das transformidades estão descritas no Apêndice A deste artigo.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 13. Valores de conversão para *baseline* UEV de 2016, utilizado nos cálculos da síntese em energia

Linha de base seJ.ano ⁻¹	Ano	Fator de conversão de UEVs *			
		Odum, 1996	Campbell- Odum	Odum, 2000	Brown-Ulgiati 2016
9,44E+24	1996	1,00			
10,57E+24	1998	1,12	1,00		
10,57E+24	1999	1,12	1,00		
9,26E+24	1999	0,98	0,88		
15,83E+24	2000	1,68	1,50	1,00	
15,2E+24	2010	1,61	1,44	0,96	1,00
12,0E+24	2016	1,27	1,14	0,76	0,79

* Converter UEVs com GEB das colunas para a UEVs com GEB das linhas.

Fonte: Adaptado de Ambrósio et. al., 2019.

Para realização dos cálculos emergéticos, foi utilizado o valor de UEV do ano de 2016, de acordo com Brown e Ulgiati (2016). Para equilíbrio dos demais cálculos, com *baseline* de outros valores, foi utilizada a Tabela 13, com os seguintes valores de conversão.

A partir dos dados da Tabela 12, é possível organizar os fluxos de energia. Os resultados para essa etapa podem ser encontrados na Tabela 14.

Tabela 14. Fluxos agregados de energia, valores por joules solares/hectare

Fluxos agregados de energia	Sigla	sej. ha ⁻¹
Renovável da natureza	R	1,27E+18
Não renovável da natureza	N	5,01E+10
Materiais da economia	M	1,40E+18
Materiais da economia renováveis	MR	1,44E+16
Materiais da economia não renováveis	MN	1,39E+18
Serviços da economia	S	3,76E+13
Serviços renováveis	SR	1,97E+13
Serviços não renováveis	SN	1,79E+13
Energia total	Y	2,68E+18
Inputs da natureza	I	1,27E+18
Feedback da economia	F	1,40E+18
Fluxos agregados de energia	Sigla	sej/J
Energia produzida	EP	1,04E+15

Fonte: Dados da pesquisa.

Com os fluxos de energia organizados, é possível o cálculo dos índices emergéticos. Os resultados de tais índices são mostrados na Tabela 15.

Tabela 15. Resultados dos índices emergéticos para a propriedade analisada

Índices Emergéticos	Equação	
UEV - Transformidade sej. J ⁻¹	Y/Ep	2,58E+03
Renovabilidade (%R)	100x(R/Y)	47,62
Razão de rendimento emergético (EYR)	Y/F	1,91
Razão de investimento emergético (EIR)	F/(R+N)	1,10
Razão de carga ambiental (ELR)	(F+N)/R	1,10
Índice de sustentabilidade em energia emergético (ESI)	EYR/ELR	1,74
Razão de intercâmbio emergético (EER)	Y/[(R)x(sej/\$)]	12,45
Renovabilidade Parcial (%R)	100x(R+MR+SR)/Y	48,16
Razão de carga ambiental parcial (ELR)	(N+MN+SN)/(R+MR+SR)	1,08

Fonte: Dados da pesquisa.

A transformidade (Tr) é uma medida da eficiência do sistema de produção; quanto menor seu valor, mais eficiente é o uso da energia. É a energia total requerida do sol para obter uma unidade de produto. Os índices emergéticos calculados no sistema estudado indicam que o sistema utiliza $2,58E+03$ sej/J para produzir um 1J de carne bovina.

A Razão de rendimento em energia (EYR) indica quanto de energia da natureza foi incorporada na unidade de produto. Ela expressa a relação da dependência do sistema em relação aos recursos da economia. Quanto maior este índice, maior é a incorporação dos recursos da natureza e menor a dependência dos recursos da economia. A razão de rendimento emergético (EYR) apresentou para o sistema avaliado, resultado inferior a dois. Segundo Brown & Ulgiati (2004), valores inferiores a dois podem indicar a não contribuição do sistema para a natureza e a atuação do sistema como etapa na transformação das fontes de energia. Este índice pode ser elevado quando se diminui o feedback da economia, o que requer menor entrada de energia dos: i) materiais da economia e, ii) serviços da economia, ou seja, o sistema precisa caminhar para uma produção mais “autossustentável” e consumir menos energia externa.

A razão de carga ambiental (ELR) irá indicar a carga ambiental local provocada pelo sistema. Quanto maior este índice, maior a pressão ambiental. Valores menores que 2 indicam sistemas que diluem o impacto negativo pela utilização de uma grande área (BROWN; ULGIATI, 2004). Valores de ELR entre 2 e 10 sugerem sistemas de impacto moderado ou preservação de um local para diminuir os impactos negativos.

A relação entre EYR, que mede o rendimento econômico, e ELR, a carga ambiental, é chamada de Índice de sustentabilidade em energia (ESI). Para este índice, ocorre maior sustentabilidade quando existe maior rendimento econômico (EYR) e baixa carga ambiental (ELR). Quanto maior este índice, maior é a sustentabilidade, pois proporciona maior rendimento econômico e baixa pressão ambiental; quando inferior a 1, indica que o sistema não é sustentável a longo tempo, pois o rendimento econômico é baixo e a carga ambiental é muito alta.

O índice de renovabilidade (%R ou %Ren) mede a proporção de recursos renováveis do sistema, representando a proporção do uso da energia de todos os recursos naturais renováveis em relação à energia total no sistema, ou produto. Quanto maior este índice, mais sustentável é o sistema, pois indica alta dependência dos recursos da natureza e baixa dependência dos recursos da economia. A

renovabilidade foi calculada em 47,62%, ou seja, aproximadamente 47% da energia utilizada no sistema provêm de fontes renováveis; logo, 53% da energia utilizada vem de fontes não renováveis. Já a renovabilidade parcial proposta por Ortega et al. (2002), considera no âmbito dos recursos econômicos (soma de recursos materiais e serviços) a fração renovável de cada input. Quando considerada a parcela renovável dos insumos de mercado e serviços, a renovabilidade aumenta para 0,54% pontos percentuais.

A razão de investimento de energia (EIR) mede o investimento da sociedade para produzir um determinado bem ou serviço em relação ao investimento da natureza. Este índice mede a intensidade da economia e a carga sobre o ambiente (ODUM, 1996). Valores baixos para este índice (inferiores a zero) indicam alta contribuição da natureza em relação à contribuição dos recursos da economia, o que torna o sistema mais competitivo em matéria de custo econômico.

A razão de intercâmbio emergético (EER) é a razão entre a energia total utilizada e a moeda do país de origem onde está localizado o sistema. Para a contabilização da moeda, todas as fontes de energia do país onde o sistema está localizado são determinadas em termos de energia, cálculo que é denominado emdollar e que será explicado nos próximos índices. Este índice revela se a troca entre energia, no produto, e o dinheiro é balanceada, o que se verifica quando ela se equipara a 1. Resultados maiores que 1 indicam benefício para o comprador; menores que 1, benefício para o produtor. Usualmente, para os sistemas agropecuários, o preço final de um produto no mercado é determinado para o produtor, de acordo com a demanda deste na sociedade. Cuadra e Rydberg (2006) sugerem que o EER poderia ser utilizado para estimar o “preço de equilíbrio” do produto agrícola. Assim, o preço de mercado atual do produto deveria ser multiplicado pelo seu respectivo EER do sistema, obtendo-se assim o preço final de venda. Por fim, o valor em emdólares de um fluxo ou de um estoque é obtido ao dividir sua energia total (sej) pela razão (sej/USD) da economia num determinado ano.

Na Tabela 16 pode-se observar um compilados dos trabalhos que foram utilizados para comparar os sistemas.

Tabela 16. Comparação entre os resultados de índices emergéticos encontrados nesta pesquisa e outros proporcionados pela literatura

Sistemas	UEV ^a	EYR ^a	ELR ^a	ESI ^a	%Ren ^a	EIR ^a	EER ^a	Referências
Este estudo	2,58E+03	1,91	1,10	1,74	47,62	1,10	12,45	Dados da pesquisa.
Pecuária familiar leiteira no Brasil	-	1,33	3,15	0,42	-	3,05	1,71	Eurich et. al. (2013)
Produção não orgânica de soja no Brasil	-	1,74	3,40	0,50	0,23	1,35	-	Ortega (2003)
Produção orgânica de soja no Brasil	-	1,78	1,40	1,27	0,42	1,27	-	Ortega (2003)
Pecuária de corte extensiva no Pantanal	2,31E+04	-	0,012	-	98,81	0,012	12,77	Takahashi et. al. (2010)
Pecuária leiteira na Flórida	2,49E+05	1,05	25,30	-	0,04	18,92	-	Lapuma, (1996)
Ovinocultura intensiva na Espanha	4.79E+05	1,69	3,22	0,53	19,30	1,44	5,65	Rodríguez-Ortega et. al. (2017)
Ovinocultura de corte no Brasil	5.25E+05	1,27	3,79	0,33	20,87	3,77	1,20	Ambrósio et. al. (2019)
Pecuária leiteira no Brasil	21,01E+05	1,33	3,27	-	0,23	3,00	-	Comar e Ortega (2003)
Pecuária leiteira no Rio Grande do Sul	1,92E+06	8,10	0,17	-	85,40	0,14	2,28	Ortega (2003)
Ovinocultura semi-intensiva na Espanha	8.54E+06	2,16	0,95	2,27	45,20	0,86	10,68	Rodríguez-Ortega et. al. (2017)
Ovinocultura extensiva na Espanha	1.70E+07	2,60	0,53	4,92	58,40	0,62	11,78	Rodríguez-Ortega et. al. (2017)
Sistema de pastejo na Argentina – Garrotes	4,43E+05	3,73	0,55	6,80	65,00	0,37	-	Rótolo et al. (2007)
Sistema de pastejo na Argentina - Vacas de corte	1,73E+06	3,73	0,55	6,80	65,00	0,37	-	Rótolo et al. (2007)
Sistema integrado de bovinos e ovinos no Brasil	4.39E+15	4,80	0,30	13,9	75,00	0,40	-	Salas et al. (2017)
Sistema integrado intensivo de bovinos e ovinos na Argentina	1.45E+15	5,80	0,30	21,5	79,00	0,20	-	Salas et al. (2017)
Sistema integrado de bovinos e ovinos na Argentina	1.62E+15	4,30	0,40	10,1	70,00	0,30	-	Salas et al. (2017)

^a UEV: Transformidade; EYR: Razão de rendimento emergético; ELR: Razão de carga ambiental; ESI: Índice de sustentabilidade em energia emergética; %Ren: porcentagem de renovabilidade; EIR: Razão de investimento emergético; EER: Razão de intercâmbio ambiental.

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 17 pode-se observar a representatividade em termos de % do Custo Total obtidos no relatório econômico e a % de Emergia Total que cada insumo representa na análise.

Tabela 17. Representatividade das % totais de custo e emergia para a propriedade analisada.

	Entradas	% Total custo	% Total emergia
R	RECURSOS RENOVAVEIS	-	47,63
R1	Radiação	-	0,00
R2	Velocidade do vento	-	0,00
R3	Precipitação anual	-	47,63
R4	Água de poço artesiano	-	0,00
N	RECURSOS NÃO RENOVAVEIS		0,00
N1	Erosão do solo agrícola	-	0,00
M	RECURSOS DA ECONOMIA - MATERIAIS		52,37
M1	Energia elétrica	0,62%	0,00
M2	Combustíveis	1,00%	51,19
M3	(P+K)	0,04%	0,99
M4	Sementes de Capim	0,06%	0,00
M5	Adubação de cobertura	0,06%	0,00
M6	Adubação de cobertura	0,70%	0,00
M7	Instalações	0,91%	0,00
M8	Cercas	2,34%	0,00
M9	Comedouros e Bebedouros	0,17%	0,00
M10	Veículos	0,14%	0,00
M11	Máquinas	1,59%	0,00
M12	Implementos	1,27%	0,00
M13	Animais de trabalho	0,32%	0,00
M14	Aquisição de Animais	58,77%	0,03
M17	Brinco de identificação	0,07%	0,00
M20	Protocolo sanitário - vacinas	0,21%	0,00
M23	Protocolo sanitário - medicamentos	0,18%	0,00
M29	Insumos para suplementação	7,07%	0,00
S	RECURSOS DA ECONOMIA - SERVIÇOS		0,00
S1	Mão de obra fixa	5,94%	0,00
S2	Mão de obra temporária	0,50%	0,00
S3	Serviços administrativos	0,71%	0,00
S4	Pastagens - implementação Serviços	0,21%	0,00
S5	Pastagens – manutenção Serviços	0,02%	0,00
S6	Telefonia e serviço de internet	0,25%	0,00
S7	Outros custos variáveis	0,20%	0,00
S8	Análise de Solo	0,01%	0,00
S9	Valor da taxa de manutenção	6,46%	0,00
Y	EMERGIA TOTAL	89,82%¹	100,00

¹o valor total de emergia não soma os custos com remuneração dos fatores.

O principal insumo, dos recursos da economia, que contribui para diminuir o índice de %Renovabilidade são os combustíveis. Para a propriedade analisada, foram utilizados 760 litros de combustível em um período de 12 meses, o que representa 51,17% da energia utilizada no sistema total. O combustível é usado principalmente pelos tratores empregados nas atividades relacionadas ao manejo das pastagens, com destaque para a operação de roçagem. Aqui, podemos indicar algumas recomendações de manejo de pastagens e indicar como um técnico pode auxiliar a melhorar o sistema. Algumas opções que podem ser realizadas para evitar que as forragens necessitem do manejo de roçagem (GARDNER e ALVIM, 1985; RODRIGUES e REIS, 1997) e conseqüentemente melhorem o índice EYR e também a %Renovabilidade são: i) adequar o número de cabeças de bovinos para a quantidade de forragem ofertada, em média 1UA/ha; ii) respeitar altura de entrada e saída dos animais nos piquetes de acordo com recomendação técnica da espécie forrageira implantada; iii) respeitar período de descanso da rotação de piquetes e iv) realizar mais divisões nos piquetes para garantir que toda a forragem seja consumida da mesma forma pelos animais. Desse modo, a forragem não necessitaria do manejo de roçagem e poderia se manter na altura ideal para todo o período produtivo.

Para avaliar como este insumo influencia a carga ambiental, reduzimos hipoteticamente a quantidade de combustível para metade e os resultados encontrados demonstram que a renovabilidade do sistema vai para 64,02%, um aumento de 16,39 pontos percentuais. De certa, todos os índices emergéticos melhoram com esta mudança, os novos índices podem ser vistos na Tabela 18 a seguir.

Tabela 18. Comparação dos índices emergéticos quando modificada, hipoteticamente, a quantidade de combustível utilizada de 760 litros para 380 litros

Índices Emergéticos	760 litros	380 litros
UEV - Transformidade sej. J-1	2,62E+03	1,95 E+03
Renovabilidade (%R)	47,63	64,02
Razão de rendimento emergético (EYR)	1,91	2,78
Razão de investimento emergético (EIR)	1,10	0,56
Razão de carga ambiental (ELR)	1,10	0,56
Índice de sustentabilidade em energia emergético (ESI)	1,74	4,94
Razão de intercâmbio emergético (EER)	12,45	9,27
Renovabilidade Parcial (%R)	48,16	64,39
Razão de carga ambiental parcial (ELR)	1,08	0,55

Fonte: Dados da pesquisa.

Vargas e Vicente (2015) avaliam a transformação de um sistema de bovinos criados em pastagens naturais para pastagens cultivadas e apresentam os dados de emissão de carbono para esta transformação. O estudo utiliza a análise de ciclo de vida (ACV) e demonstra que ao implementam uma pastagem cultivada, a emissão de carbono referente ao uso da terra, principalmente o uso de combustíveis fósseis, representou 62,68% do total de emissões de carbono para o ano em que ocorreu a mudança e para o ano conseqüente tais valores diminuíram e se tornaram estáveis em uma média de 21,74% e a fermentação entérica voltou a representar a maior porcentagem de emissão de carbono, em torno de 76,92%. Tais resultados sugerem que as mudanças permitiram um melhor aproveitamento das pastagens propiciando melhores ganhos pelos animais para o sistema. Ocasionalmente, avaliar o sistema do estudo de caso através de uma janela de tempo mais ampla poderia diluir o impacto dos combustíveis para o manejo das pastagens, se o novo manejo com os animais fosse implementado anualmente. Desta forma, não seria necessária a utilização dos tratores anualmente.

Zen et al. (2008) destaca que apesar da pecuária ser conhecida como grande emissora de gases de efeito estufa (GEE), os sistemas possuem uma habilidade para retenção de carbono. O autor destaca ainda que, um sistema de pastagem bem manejado seria capaz de garantir melhores condições nutricionais para os animais e conseqüentemente diminuiria a fração de GEE emitida através da fermentação entérica.

Portanto, para o estudo de caso, investir na melhoria das pastagens representou um aumento no uso de combustíveis fósseis de uma única vez, mas seria necessária uma avaliação a longo prazo destas pastagens para verificar como tal manejo irá afetar nutricionalmente os animais, o que pode resultar em um melhor equilíbrio. Outra questão a ser levantada é que ao realizar o sistema de corte na pastagem com o trator, as folhas estariam disponíveis como matéria orgânica e esta, por sua vez, seria incorporada pelo solo, melhorando seu ecossistema. Para ambas as considerações anteriores, fica claro que é preciso avaliar o sistema por um período mais longo de tempo para avaliar como este manejo irá influenciar a carga ambiental do sistema.

Para o índice de razão de investimento emergético (EIR), o valor encontrado foi de 1,10. Quanto menor o valor desse índice, menor a dependência da economia e melhores as chances de o sistema prosperar dentro da visão de desenvolvimento

sustentável. Para Comar e Ortega (2003), valores entre dois e cinco são considerados elevados para propriedades de leite. Para propriedades de bovinos de corte, os dados variam entre 0,012 (TAKAHASHI et al., 2010), para o sistema extensivo no Pantanal, e 0,37 para o sistema extensivo da Argentina (RÓTOLO et al., 2007), ou 0,40 para um estudo que analisou um sistema integrado de bovinos e ovinos no Brasil (SALAS et al., 2017). Os sistemas de bovinos de corte em sistemas de pastagens comparados acima dependem menos da economia, sobretudo no tocante ao manejo das pastagens. Como já discutido no índice EYR, o fato de a propriedade analisada não possuir adequado manejo das pastagens com os bovinos torna necessário o controle com trator, o que acaba elevando todos os índices que avaliam a dependência do sistema aos recursos materiais da economia. Ainda assim, verificando-se o manejo inadequado das pastagens, os dados encontrados, quando comparados com os dados da literatura, são elevados, mas não se classificam como de risco, o que define um sistema completamente dependente, conforme descrito por Comar e Ortega (2003).

O índice que avalia a pressão causada pelo sistema na natureza é o ELR, e valores elevados desse índice indicam maior impacto do sistema econômico no ecossistema. Resultados no intervalo de 3 a 10 sugerem moderado impacto ambiental, enquanto resultados acima de 10 são considerados de alto impacto ambiental (BROWN; ULGIATI, 2004). O resultado para a pesquisa foi de 1,10 o que indica que a propriedade está abaixo dos valores correspondentes a impacto ambiental moderado. Na literatura, os valores para esse índice em propriedades de bovinos com sistemas de pastejo são inferiores a 1, pois são mais dependentes da energia da natureza. Foram encontrados em Ortega (2003) valores maiores que um em sistemas como a produção de soja orgânica (1,74) e não orgânica (1,78), e em propriedades leiteiras 1,05 (LAPUMA, 1996) e 1,33 (COMAR e ORTEGA 2003). Em propriedades de ovinos, seja o sistema extensivo ou intensivo, os valores encontrados variam entre 1,27 (AMBROSIO et al., 2019) e 2,60 (RODRÍGUEZ-ORTEGA et. al. 2017). O maior valor encontrado foi para uma propriedade de leite de búfala analisada por Ortega (2003), com um resultado de 8,10, um valor que expressa alta pressão sobre o ecossistema. Para este índice, Ortega et. al. (2002) propôs a consideração da fração renovável dos insumos, caso em que o ELR parcial da propriedade estudada cai para 1,08. Isso sugere que, ao considerar as frações renováveis dos insumos consumidos, a pressão exercida sobre o ecossistema diminui.

Por fim, a razão de intercâmbio emergética (EER) foi de 12,45. Isso indica que o produto entregue ao mercado oferece 12 vezes mais energia do que o sistema recebe em energia no formato monetário. Cavalett et al. (2006), sugere que produtos considerados como matérias-primas, ou seja, os produtos de agricultura tendem a ter um valor elevado de EER, entre 5 e 10. O valor elevado desse índice é comumente encontrado, pois a energia proveniente da natureza não é remunerada, mas sim os insumos, materiais e serviços envolvidos na produção. Nenhum produtor rural paga ao sol a energia fornecida para a fotossíntese das plantas, ou à chuva pela água que irriga o solo. Para os estudos comparados, nenhum sistema apresentou equilíbrio, isto é, EER igual a um. A pecuária no Pantanal apresentou EER no valor de 12,77 (TAKAHASHI et al., 2010), enquanto Rodríguez-Ortega et. al. (2017), observaram nos sistemas de ovinos valores de EER de 5,65, 10,78 e 11,68. A produção de leite em um sistema familiar, analisado por Eurich et. al. (2013), encontrou um valor de 1,71 e Ambrósio et. al. (2019), foram os autores que apresentaram sistemas que mais se aproximaram do equilíbrio do intercâmbio emergético, com um resultado de 1,20. Todos esses autores enfatizam que os produtos entregues ao mercado possuem mais energia do que a energia recebida em troca sob a forma de dinheiro.

6.4. CONCLUSÕES

A carga ambiental do sistema de bovinos criados em sistema de pastejo foi de 1,10, um valor considerado de baixo impacto. Após realização de simulação no consumo de combustíveis, a carga ambiental baixou para 0,56. Este resultado sugere que ações práticas em relação ao consumo e utilização de combustíveis podem diminuir a carga ambiental do sistema de bovinos na natureza.

O sistema de bovinos de corte analisado representa um sistema transformador, sendo que praticamente todos os insumos são comprados, inclusive o bezerro desmamado, que é o principal insumo produtivo. Ainda assim, a compra desses animais não representa mais que 0,02% de toda a energia do sistema. O trabalho desenvolvido mostra claramente como o sistema em análise era altamente dependente dos combustíveis, que para o trabalho representou 51% de toda a energia. Apesar de ser insignificante seu custo, do ponto de vista monetário, ao reduzir o uso de combustíveis, hipoteticamente, a propriedade se tornaria muito mais

sustentável. Esta relação permite evidenciar a importância da comparação dos resultados econômicos e os emergéticos e o quão os dois estão correlacionados.

Com o modelo proposto, é possível agora compreender quais os insumos que mais impactam nos sistemas e realizar simulações para encontrar um ponto de equilíbrio entre o aspecto econômico e ambiental.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, F.; AMBRÓSIO, L. A.; ORTEGA, E. Assessment of a large watershed in Brazil using Emergy Evaluation and Geographical Information System. **Ecological Modelling**, v. 221, n. 8, p. 1209–1220, 2010.

AMBRÓSIO, L. A. et al. **Síntese emergética para avaliação da sustentabilidade da produção animal integrando fluxos de custos financeiros e de recursos naturais**. 1. ed. Pirassununga: 5D editora, 2019.

BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emergy measures of carrying capacity to evaluate economic investments. **Population and Environment**, v. 22, n. 5, p. 471–501, 2001.

BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emergy Analysis and Environmental Accounting. In: **Encyclopedia of Energy**. Cleveland ed. Oxford, UK: Academic Press, Elsevier, v. 2p. 329–354, 2004.

BROWN, M.T., ULGIATI, S., Emergy assessment of global renewable sources. **Ecological Modelling** 339, 148- 156, 2016.

BRUNDTLAND, G. H. Our Common Future – **The World Commission on Environment and Development Oxford University** - Oxford University Press, 1987. Disponível em: <https://ambiente.wordpress.com/2011/03/22/relatrio-brundtland-a-verso-original/>

CAVALETT, O.; QUEIROZ, J. F. DE; ORTEGA, E. Emergy assessment of integrated production systems of grains, pig and fish in small farms in the South Brazil. **Ecological Modelling**, v. 193, n. 3–4, p. 205–224, mar. 2006.

CEDERBERG, C.; et al. Including Carbon Emissions from Deforestation in the Carbon Footprint of Brazilian Beef. **Environmental Science & Technology**, p. 45, 2011.

COMAR, V.; ORTEGA, E. **Resultados preliminares da comparação dos índices emergéticos de onze Fazendas do Município de Pardinho/SP, Brasil** Campinas FEA/Unicamp, 2003. Disponível em: <<https://www.unicamp.br/fea/ortega/livro/c07-11sitios-co.pdf>>

CUADRA, M.; RYDBERG, T. Emergy evaluation on the production, processing and export of coffee in Nicaragua. **Ecological Modelling**, v. 196, n. 3–4, p. 421–433, jul. 2006.

EURICH, J.; NETO, P. H.; ROCHA, C. H. Índices emergéticos de sustentabilidade da produção leiteira em uma propriedade de base familiar em Palmeira, Paraná, Brasil. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p. 332–338, jun. 2013.

GARDNER, A.L.; ALVIM, M.J. **Manejo de pastagem**. EMBRAPA-CNPGL. Coronel Pacheco, MG. 1985.

LAPUMA, P.T. **Transformity Analysis for Dairy Milk**, Flórida, 1996.

ODUM, H. T. **Systems Ecology: an introduction**. New York, USA., 1983.

ODUM, H. T. **Self-Organization, Transformity, and Information**. Nature, v. 242, n. 4882, 1988.

ODUM, H. T. **Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making**. New York, USA. Jhon Wiley & Sons, INC, 1996.

ODUM, H. T. **Handbook of Emergy Evaluation. A Compendium of Data for Emergy Computation. Emergy global processes**. In: POLICY, C. OF E. (Ed.). Gainesville: University of Florida, 2000. p. 17.

ORTEGA, E. **A soja no Brasil: modelos de produção, custos, lucros, externalidades, sustentabilidade e políticas públicas**. Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática Aplicada - LEIA, p. 1–5, 2003.

ORTEGA, E.; ANAMI, M.; DINIZ, G. **Certification of food products using emergy analysis**. III International Workshop Advances in Energy Studies, n. 1, p. 227–237, 2002.

PRETTY, J. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1491, p. 447–465, 12 fev. 2008.

PRETTY, J.; BHARUCHA, Z. P. Sustainable intensification in agricultural systems. **Annals of Botany**, v. 114, n. 8, p. 1571–1596, dez. 2014.

RODRÍGUEZ-ORTEGA, T. et al. Does intensification result in higher efficiency and sustainability? An emergy analysis of Mediterranean sheep-crop farming systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 144, n. August 2019, p. 171–179, fev. 2017.

RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. **Conceituação e modalidades de sistemas intensivos de pastejo rotacionado**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 1997, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.1-24, 1997.

RÓTOLO, G. C. et al. Emergy evaluation of grazing cattle in Argentina's Pampas. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 119, n. 3–4, p. 383–395, mar. 2007.

SALAS, S. et al. **Characterizing of the Agroecosystem as a Component of a Traditional Product Quality by Using Emergy Synthesis**. A Bi-national Geographic Indication for Argentine Central Mesopotamia Region and Brazilian Alto Camaquã Region Sheep Meat Production. Emergy Synthesis 9Wakefield, 2017. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Characterizing-of-the-Agroecosystem-as-a-Component-Salas-Borba/47e756da21ccb5231e26112c907ec28e608f76c5>>

TAKAHASHI, F. et al. **Sustentabilidade do Sistema Extensivo de Produção Pecuária no Pantanal** Corumba, Embrapa Pantanal, 2010. Disponível em: <<https://www.cpap.embrapa.br/agencia/simpan5/PDF/expandidos/086RE.pdf>>

USDA. United States Department of Agriculture - Foreign Agricultural Service. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home/statsByCountry%3C>>. Acesso em: 8 jun. 2020.

VARGAS, L.; SILVEIRA, V. Beef cattle production and quantification of carbon emissions: an analysis in Rio Grande do Sul State, Brazil. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**. v. 23, p. 5-8, 2015.

ZEN, S. et al., **Pecuária de corte brasileira: impactos ambientais e emissões de gases efeito estufa (GEE)**, 2008.

APÊNDICE

Apêndice A. Tabela da síntese em emergia é organizada em 6 colunas, com os seguintes tópicos conforme modelo proposto por Odum (1996).

Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6
Nota	Item	Dados, Unidade	Emergia/ Unidade	Emergia Solar	Em\$ <i>Emdólares</i>
...
<i>(Usa-se uma linha para cada fonte, processo ou estoque de interesse, conforme exemplo abaixo).</i>					
12	<i>Petróleo</i>	$7,63 \times 10^{18}$ J	53.000 sej/J	40,43 sej	$20,2 \times 10^9$ US\$, 1983
...

Fonte: Baseado em Odum (1996, pp 79). A nota utilizada como exemplo 12 foi extraído da Tabela de fluxo de emergia dos Estados Unidos, 1983, apresentado por Odum (1996, pp.186).

A descrição a seguir da organização de tabelas foi baseada em Odum (1996, pp79).

A coluna 1 indica a notação do número do item que será descrito na respectiva linha, a notação também representa o número da nota-de-rodapé onde são citadas as fontes de dados e são mostrados os cálculos dos demais coeficientes.

A coluna 2 indica a descrição do item de entrada na tabela que também é mostrado no diagrama do sistema de emergia.

A coluna 3 contém as quantidades do respectivo item, em unidades: joules, gramas ou monetários (dólares ou reais), que foi utilizado para o sistema em questão analisado.

A coluna 4 contém o coeficiente de transformidade em emjoules solar por unidade (sej/J; sej/g; ou sej/\$). Os valores das transformidades para os diversos recursos naturais, materiais e serviços são obtidos de vários estudos publicados e divulgados em forma de tabelas de transformidades.

A coluna 5 indica a contribuição do item em termos de emergia solar para o sistema em análise. A coluna 5 é calculada pelo produto das colunas três e quatro.

A coluna 6 indica o valor em emdólares que estima a riqueza real, tendo como base a relação emergia/moeda agregando-se os principais recursos usados na economia de um país para formar o PIB em um determinado ano. O valor da coluna 6 é obtido dividindo a emergia na coluna 5 pela relação de emergia/moeda do país

durante o ano selecionado. O valor do emdólar do PIB do Brasil foi calculado por Brown et al. (2016) em: 1,2E+25 sej/U\$

1. ODUM, H.T.; HARDING J. E. **Emergy Analisis of Shimp Mariculture in Ecuador**. Working Paper, Center for Evorimental Policy, Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida, p. 114, 1991.
2. BROWN, M.T.; BURANAKARN, V.; **Emergy indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options**. University of Florida, Gainesville, Florida, USA. 2000.
3. ODUM, H.T. **Environmental Accounting. Emergy and Environmental Desicion Making**. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. p. 368, 1996.
4. ODUM, H.T. **Environmental Accounting. Emergy and Environmental Desicion Making**. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. p. 367, 1996.
5. ORTEGA, E.; ANAMI, M.; DINIZ, G.; **Certification of food products using emergy analysis**. In: Proceedings of III International Workshop Advances in Energy Studies: reconsidering the importance of energy. Porto Venere, Italy, p. 227-237, 2002.
6. ODUM, H.T. **Environmental Accounting. Emergy and Environmental Desicion Making**. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. p.369, 1996.
7. BROWN, M.T. e ULGIATI, S. Emergy analysis and environmental accounting. **Encyclopedia of Energy**, v. 2, p. 329-354. 2004.
8. BROWN, M.T., BURANAKARN, V. Emergy indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options. **Resources Conservation and Recycling** v. 38: p. 1-22, 2003.
9. CAMPBELL, D. E.; OHRT, A. **Environmental accounting using emergy: evaluation of Minnesota**. US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Atlantic Ecology Division, 2009.
10. ORTEGA, E. **Comparação dos Balanços de Emergia de 2 Sistemas de Produção de Leite**. In: Enrique Ortega; Vitor Comar; Paul Safonov. (Org.). Engenharia Ecológica e Agricultura Sustentável. 1ed.São Paulo: Annalume, v. 2 p. 122, 2001.
11. BROWN, M.T. e ULGIATI, S. Emergy analysis and environmental accounting. **Encyclopedia of Energy**, 2, 329-354. 2004

12. BRANDT-WILLIAMS, S.L. **Handbook of emergy evaluation. A compendium of data for emergy computation issued in a series of folios. Folio #4. Emery of Florida agriculture.** Center for Environmental Policy. Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida, 2002.
13. BROWN, M.T., ULGIATI, S., Emery assessment of global renewable sources. **Ecol. Model.** 339, 148- 156, 2016.
14. BASTIANONI S.; MARCHETTINI N. The problem of co-production in environmental accounting by emergy analysis. **Ecological Modelling**, v. 129, p. 187-193, 2000.
15. RÓTOLO, G. C. et al. Emery evaluation of grazing cattle in Argentina's Pampas. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 119, n. 3–4, p. 383–395, mar. 2007.
16. BROWN, M.T., et al., The geobiosphere emery baseline: A synthesis. **Ecological Modelling**, 2016.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

O modelo proposto, alcançou seu objetivo proposto e permitiu o cálculo de custo de produção dos bovinos recriados, de forma geral e específica, em várias unidades como custo por animal ou por arroba e ainda permite uma análise mais detalhada do sistema em formato de lotes de animais. O que será um facilitador para a compreensão dos resultados pelos técnicos e proprietários que virão a utilizar o modelo de cálculo no futuro. Para a academia, este modelo permite sua utilização em experimentos de campo, nos quais pequenas mudanças, principalmente no ponto de vista nutricional, são realizadas. Desta forma, os resultados se padronizariam e isso permitiria sua comparação na literatura.

A síntese em emergia foi incluída no modelo, e o cálculo dos indicadores emergéticos, conhecidos na literatura, também são calculados. Os valores das transformidades, assim como de valores de fração renovável dos insumos podem ser modificados. Todo o modelo permanece aberto para quaisquer modificações e todas as fórmulas se encontram disponíveis para atualizações, correções e sugestões. Apesar de ainda não ser difundida na área de produção e nutrição animal, a síntese em emergia pode ser apresentada de forma clara no modelo proposto, o que pode inspirar sua utilização na academia.

Alocar todas as informações, econômicas e ambientais, em um único modelo, de forma que sua utilização seja possível para qualquer usuário foi a principal dificuldade encontrada. Tal dificuldade pode ser relacionada a dois níveis. O primeiro em relação ao aprendizado acadêmico cada vez mais segregado, no qual se tornou natural analisar as áreas de conhecimento de forma isolada e específica. E em segundo nível com a comunicação entre pesquisa, ensino e extensão. Utilizar uma linguagem simples para tornar possível a comunicação e a difusão de conhecimento entre universidade e a sociedade.

A conexão entre as duas áreas, econômico e ambiental, possibilitou enxergar melhor a propriedade, em um nível de detalhes que as análises tradicionais, realizadas separadamente não permitem. O modelo permite que as análises “conversem” entre si, ou pelo menos que se inicie uma ponte necessária para tal.

REFERÊNCIAS

ABIEC. Relatório 2018 - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE.

AGOSTINHO, F. et al. The use of emergy assessment and the Geographical Information System in the diagnosis of small family farms in Brazil. **Ecological Modelling**, v. 210, n. 1–2, p. 37–57, 2008.

AGOSTINHO, F.; AMBRÓSIO, L. A.; ORTEGA, E. Assessment of a large watershed in Brazil using Emergy Evaluation and Geographical Information System. **Ecological Modelling**, v. 221, n. 8, p. 1209–1220, 2010.

AGOSTINHO, F.; SEVEGNANI, F.; ALMEIDA, C.M.V.B.; GIANNETTI, B. F. Exploring the potentialities of emergy accounting in studying the limits to growth of urban systems, **Ecological Indicators**, v. 94, n. 3, p. 4-12, 2018.

AMBRÓSIO, L. A. et al. **Síntese emergética para avaliação da sustentabilidade da produção animal integrando fluxos de custos financeiros e de recursos naturais**. Novos desafios da nutrição e produção animal, 1. ed. Pirassununga: 5d editora, 2019.

ANDRADE, M.; DA SILVA, H. A aplicação do código florestal: avanços ou retrocessos? **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 10, n. Caxias do Sul, p. 211–240, 2020.

BARBOSA, F. et al. **Cenários para a Pecuária de Corte Amazônica**. 1. ed. Belo Horizonte: IGC/UFMG, 2015.

BRANDT-WILLIAMS, S.; CAMPBELL, D. **Emergy in 60 Minutes**. Disponível em: <https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?Lab=NHEERL&count=10000&dirEntryId=235746&searchall=&showcriteria=2&simplesearch=0&timstype=>>. Acesso em: 19 fev. 2019.

BROWN, M.; HERENDEEN, R. Embodied energy analysis and EMERGY analysis: a comparative view. **Ecological Economics**, v. 19, n. 3, p. 219–235, 1996.

BROWN, M. T.; BURANAKARN, V. Emergy indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 38, n. 1, p. 1–22, abr. 2003.

BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emery Analysis and Environmental Accounting. In: **Encyclopedia of Energy**. Cleveland ed. Oxford, UK: Academic Press, Elsevier, 2004. v. 2, p. 329–354.

BRUNDTLAND, G. H. Our Common Future – The World Commission on Environment and Development Oxford University - **Oxford University Press**, 1987. Disponível em: <https://ambiente.wordpress.com/2011/03/22/relatrio-brundtland-averso-original/>, 1992.

CANZIANI, J. R. F. **O cálculo e a análise do custo de produção para fins de gerenciamento e tomada de decisão nas propriedades rurais**. Curitiba: DERE/SCA/UFPR, 2005.

CASTELLINI, C. et al. Sustainability of poultry production using the emery approach: Comparison of conventional and organic rearing systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 114, n. 2–4, p. 343–350, jun. 2006.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados de Economia Aplicada - ESALQ, USP. Disponível em: <http://cepea.esalq.usp.br/>. Acesso em: 15 jun. 2019.

CEZAR, I. M. et al. **Sistemas de Produção de Gado de Corte no Brasil: Uma Descrição com Ênfase no Regime Alimentar e no Abate**. 1. ed. Campo Grande/MS: Embrapa, Gado de corte, 2005.

CHURCH, D. El Rumiante: **Fisiología Digestiva y Nutrición**. In: Zaragoza: Acribia, S.A., 1988. p. 159–190.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. Belém: Reimp, 2011.

DIAS-FILHO, M. B. **Uso de Pastagens para a Produção de Bovinos de Corte no Brasil: Passado, Presente e Futuro**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/publicacoes>. Acesso em: 10 jun. 2020.

GAMEIRO, A. H. **Análise econômica aplicada à zootecnia: avanços e desafios**. In: Novos desafios da pesquisa em nutrição e produção Animal. 5. ed. Pirassununga: 5D editora, 2009. p. 1–31.

GIANNETTI, B. et al. Aplicações do diagrama emergético triangular na tomada de decisão ecoeficiente. **Produção**, v. 17, n. 2, p. 246–262, 2007.

GOODWIN, N. R. Five Kinds of Capital: Useful Concepts for Sustainable Development. **Global development and environment institute**. Medford/MA, 2003.

HIGGINS, J. B. Emergy analysis of the Oak Openings region. **Ecological Engineering**, v. 21, n. 1, p. 75–109, nov. 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). SIDRA - Censo Agropecuário. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2006/segunda-apuracao> Acesso em: 7 abr. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). Pesquisa pecuária municipal, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). SIDRA - Censo Agropecuário. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6930>>. Acesso em: 4 nov. 2019.

KNIGHT, F. H. A Suggestion for Simplifying the Statement of the General Theory of Price. **Journal of Political Economy**, v. 36, n. 3, p. 353–370, 1928.

LANZOTTI, C. R. **Uma análise emergética de tendências do setor sucroalcooleiro**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, 2000.

LEFROY, E.; RYDBERG, T. Emergy evaluation of three cropping systems in southwestern Australia. **Ecological Modelling**, v. 161, n. 3, p. 195–211, 2003.

LOTKA, A. J. Contribution to the energetics of evolution. **National Academy of Sciences**, v. 8, p. 147–155, 1922.

LOURENÇO, D. B. **Qual o valor da natureza? Uma introdução à ética ambiental**. Editora Elefante, Brasil, ed. 1, p. 448, 2019.

MARTIN, J. F. et al. Emergy evaluation of the performance and sustainability of three agricultural systems with different scales and management. Agriculture, **Ecosystems & Environment**, v. 115, n. 1–4, p. 128–140, jul. 2006.

MATSUNAGA, M. et al. **Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA.** Agricultura em São Paulo (Brasil), v. 23, n. 1, p. 123–139, 1976.

ODUM, H. T. **Systems Ecology: an introduction.** New York, USA., 1983.

ODUM, H. T. **Self-Organization, Transformity, and Information.** Nature, v. 242, n. 4882, 1988.

ODUM, H. T. **Environmental Accounting: Energy and Environmental Decision Making.** New York, USA. Jhon Wiley & Sons, INC, 1996.

ODUM, H. T. Handbook of Emergy Evaluation. A Compendium of Data for Emergy Computation. Emergy global processes. In: **POLICY, C. OF E.** (Ed.). Gainesville: University of Florida, 2000. p. 17.

ORTEGA, E.; ANAMI, M.; DINIZ, G. **Certification of food products using emergy analysis.** III International Workshop Advances in Energy Studies, n. 1, p. 227–237, 2002.

PANZIERI, M.; MARCHETTINI, N.; BASTIANONI, S. A thermodynamic methodology to assess how different cultivation methods affect sustainability of agricultural systems. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 9, n. 1, p. 1–8, 2 mar. 2002.

PANZIERI, M.; MARCHETTINI, N.; HALLAM, T. G. Importance of the *Bradyrhizobium japonicum* symbiosis for the sustainability of a soybean cultivation. **Ecological Modelling**, v. 135, n. 2–3, p. 301–310, dez. 2000.

PEEL, D. S. Economics of Stocker Production. Veterinary Clinics of North America: **Food Animal Practice**, v. 22, n. 2, p. 271–296, jul. 2006.

PINTO, A. C. J.; MILLEN, D. D. Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: the 2016 Brazilian survey. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 99, n. 2, p. 392–407, 1 jun. 2018.

PRETTY, J. Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1491, p. 447–465, 2008.

PRETTY, J.; BHARUCHA, Z. P. Sustainable intensification in agricultural systems. **Annals of Botany**, v. 114, n. 8, p. 1571–1596, 2014.

RAINERI, C. **Desenvolvimento de modelo de cálculo e de indicador de custos de produção para a ovinocultura paulista**. Pirassununga: Universidade de São Paulo, 18 dez. 2012.

RAINERI, C.; OJEDA, O.; GAMEIRO, A. Custo de produção na agropecuária: da teoria econômica á aplicação no campo. **Empreendedorismo, Gestão e Negócios**, v. 4, n. 4, p. 194–211, 2015.

REIS, R. A. et al. Supplementation as a strategy for the production of the beef quality in tropical pastures. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 3, p. 642–655, 2012.

RIVERO, S. et al. **Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia**. Nova econ., Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 41-66, apr. 2009.

S'THIAIGO; LOPES, L. **Suplementação de bovinos em pastejo**. Palestra apresentada no durante 11º Encontro de Tecnologias Para a Pecuária de Corte, Campo Grande MS, 06 de outubro de 1999, Embrapa Gado de Corte. Disponível em <https://old.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/naoseriadas/suplementhiago/>. Acessado em 15 de outubro de 2020.

SAATH, K. C. O.; FACHINELLO, A.L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 56, n. 2, p. 195-212, june 2018.

SACHS, I. **Rumo a uma moderna civilização baseada em biomassa**. 2. ed. Rio de Janeiro: Garamong, 2002.

SARKIS, J. **Manufacturing strategy and environmental consciousness**. Technovation, v. 15, n. 2, p. 79–97, mar. 1995.

SARTORELLO, G. L. **Desenvolvimento de modelo de cálculo e de indicador de custos de produção para bovinos de corte em confinamento**. Pirassununga: Universidade de São Paulo, 14 set. 2016.

SARTORELLO, G. L. et al. Development of a calculation model and production cost index for feedlot beef cattle. **R. Bras. Zootec.**, **Viçosa**, v. 47, 2018.

SCAGLIA, G. et al. Performance and economic analyses of year-round forage systems for forage-fed beef production in the gulf coast. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 12, p. 5704–5715, 2014.

SCIENCEMAN, D. M. Energy and emergy. **Environmental Economics**, v. 3, p. 62–68, 1987.

SHEN, T. T. **Industrial Pollution Prevention**. Berlin. Springer, p.165, 1999.

STRASSBURG, B. B. N. et al. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil? **Global Environmental Change**, v. 28, n. 1, p. 84–97, 2014.

ULGIATI, S.; BROWN, M. T. Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems. **Ecological Modelling**, v. 108, n. 1–3, p. 23–36, 1998.

USDA. United States Department of Agriculture - Foreign Agricultural Service. Disponível em:

<<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home/statsByCountry%3C>>. Acesso em: 8 jun. 2020.

VAZ, R. Z.; LOBATO, J. F. P.; PASCOAL, L. L. Desenvolvimento de bezerros de corte desmamados aos 80 ou 152 dias até os 15-16 meses de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 1, p. 221–229, jan. 2011.

VIU, M. A. O. et. al. Panorama da pecuária de corte no bioma do cerrado. **Pubvet**, v. 1, n. 11, ed. 11, art. 252, ISSN 1982-1263, 2007.

VON BERTALANFFY, L. **General Systems Theory**. New York, USA., 1968.