

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

LUIZ ANTONIO VIEIRA QUEIROZ FILHO

**Avaliação de parâmetros de sustentabilidade em sistemas de produção
de bovinos de corte no bioma Pampa brasileiro**

Porto Alegre (RS) Brasil

Maio de 2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**Avaliação de parâmetros de sustentabilidade em sistemas de produção
de bovinos de corte no bioma Pampa brasileiro**

LUIZ ANTONIO VIEIRA QUEIROZ FILHO

Engenheiro Agrônomo/UFRGS

Mestre em zootecnia/UFRGS

Tese apresentada como um dos requisitos à
obtenção do Grau de Doutor em Zootecnia na
Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, área de concentração
Produção Animal.

Porto Alegre (RS) Brasil

Março de 2022

CIP - Catalogação na Publicação

Queiros Filho, Luis Antonio Vieira
Avaliação de parâmetros de sustentabilidade em
sistemas de produção de bovinos de corte no bioma
Pampa brasileiro / Luis Antonio Vieira Queiros Filho.
-- 2022.
108 f.

Orientador: Júlio Otávio Jardim Barcellos.

Coorientador: Claus Köbrich.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. sustentabilidade. 2. pecuária de corte. 3. bioma
Pampa. 4. Campo nativo. 5. Agricultura. I. Jardim
Barcellos, Júlio Otávio, orient. II. Köbrich, Claus,
coorient. III. Título.

Luiz Antonio Vieira Queiroz Filho
Mestre em Zootecnia

TESE

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

DOCTOR EM ZOOTECCIA

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovada em: 24.05.2022
Pela Banca Examinadora



JÚLIO OTÁVIO JARDIM BARCELLOS
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador

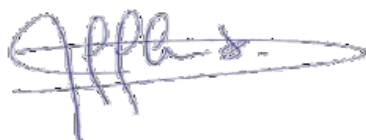
Homologado em: 05/07/2022
Por



SERGIO LUIZ VIEIRA
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia



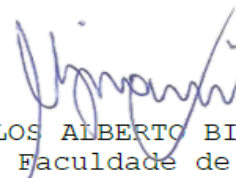
Clandio Favarini Ruviaro
UFDG



Diego Avilio Ocampos Olmedo
UNA



Fernanda Gomes Moojen
IDAHO UNIVERSITY - EUA



CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de Agronomia

AGRADECIMENTOS

Nos caminhos que trilhamos na vida, nunca fazemos sozinho. Este espaço é destinado ao reconhecimento as pessoas e instituições que me acompanharam nesta trilha.

Agradeço ao meu núcleo familiar, minha esposa Renata e todo suporte emocional e de afeto que me dispensou durante o período de construção deste trabalho. À minha filha Maria Beatriz e ao meu filho Luiz Augusto, pela inspiração e motivação para ser um ser humano melhor. Ao anjo que criou asas, mas que está sempre em nossos corações, João Antonio.

Aos meu pais, Luiz Antonio e Maria Tereza, e irmãos, Duda, Daniel, Arhur, Valentina e João Manoel pela compreensão, pelas conversas e discussões que sempre foram a base da construção do meu caráter e caracterizam minhas idiossincrasias. Deixo uma lembrança em especial ao meu irmão poeta, Daniel, também, pelo apoio na revisão da escrita e nas sugestões de aprimoramento da redação e ao meu irmão Arthur pelas conversas e debates. As cunhadas Bruna e Laura, pela convivência amigável e afetuosa. Aos meus sogros , Renato e Elsa, pelo apoio nos momentos de aperto e pela atenção que sempre deram a mim e minha família.

Ao meu orientador, Professor Júlio Barcellos, que nos momentos de dificuldades, deu significado pleno a palavra orientador, pelos conselhos forjados na sua experiência de vida, pelas análises críticas e pelo aprimoramento deste trabalho. Conviver com o professor Júlio, além da tutoria, me permitiu ganhar um amigo.

Ao meu co-orientador Dr. Claus Köbrich, que embora as circunstâncias da vida, não tenham permitido uma convivência mais aproximada, sempre que consultado, respondeu com seus questionamentos e sugestões justos e certos.

Aos colegas NESPrianos, que não só contribuíram para o desenvolvimento deste estudo, mas que enriqueceram a experiência de participar de um grupo de pesquisa e percorrer o caminho acadêmico. Muitos colegas passaram pelo NESPro durante o período de estudo. Deixo meus agradecimentos especiais, em nome de todos os NESPrianos, à Tamara Esteves, à Daniele Zago, à Marcela Rocha, ao Yago Machado, ao Alexandre Selistre, ao Rodrigo Wagner, à Helena Fagundes e à Anna Gatelli, com quem neste período de doutorado tive maior convivência. Deixo uma menção especial a memória do Eduardo Lisbinski, que nos deixou tão precocemente.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, os agradecimentos, não somente pela oportunidade de realizar o doutoramento, mas pela formação intelectual e acadêmica desde a graduação. Orgulho de fazer parte desta instituição e de sua história. À Faculdade de Agronomia, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e seu quadro de funcionários e docentes. Agradeço em especial a secretária Andriza Silveira e aos professores, Danilo Streit Jr., Paulo Carvalho e José Bracinni Neto, pelo apoio e ensinamentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio a esta pesquisa assim como por tantas outras que são desenvolvidas nas instituições públicas e privadas do Brasil.

AValiação de Parâmetros de Sustentabilidade em Sistemas de Produção de Bovinos de Corte no Bioma Pampa Brasileiro¹

Autor: Luiz Antonio Vieira Queiroz Filho
Orientador: Júlio Otávio Jardim Barcellos
Co-Orientador: Claus Köbrich

RESUMO:

Este estudo buscou avaliar parâmetros de sustentabilidade de sistemas de produção de bovinos de corte no bioma Pampa brasileiro, a partir do desenvolvimento e utilização de índice de sustentabilidade, a partir da utilização de conjuntos de indicadores e suas métricas obtidos na base SAFA-ONU (Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems/ Organização Mundial das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) aliado a percepção de especialistas e a priorização destes indicadores pela análise hierárquica de processos. Dentro desta análise, distinguiram-se três grupos de indicadores: alta, média e baixa prioridade. Foram avaliados 96 sistemas de produção de bovinos de corte da região. A análise de cluster permitiu segregar dois grupos de sistemas de produção: alta e baixa sustentabilidade. Os sistemas de produção do grupo de baixa sustentabilidade se caracterizam pela pouca participação de agricultura, com extensão de área de até 750 hectares, e que utilizam o campo nativo como principal recurso forrageiro. Entre os indicadores se destacaram pela baixa performance do desenvolvimento de capacidades, da produção certificada e do percentual de matéria orgânica no solo. Estes resultados permitem estabelecer prioridades de ações para o manejo do solo e sua fertilidade, a certificação da produção como oportunidade de ampliar a renda de produtores com até 750 hectares e a necessidade de ampliar treinamentos com os recursos humanos ligados a produção de bovinos de corte.

Palavras-chave:

Bioma Pampa; bovinos de corte; sustentabilidade; ambiente; renda; recursos humanos.

¹ Tese de Doutorado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (108 p.) maio de 2022.

BRAZILIAN'S PAMPA BIOME BEEF CATTLE PRODUCTION SYSTEMS' SUSTAINABILITY PARAMETERS ASSESSMENT²

Author: Luiz Antonio Vieira Queiroz Filho

Advisor: Júlio Otávio Jardim Barcellos

Co-Advisor: Claus Köbrich

ABSTRACT:

This study aimed to evaluate sustainability parameters of beef cattle production systems in the Brazilian Pampa biome, from the development and use of sustainability index, from the use of sets of indicators and their metrics obtained in the SAFA-ONU (Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems) basis, combined with the perception of experts and the prioritization of these indicators by hierarchical process analysis. Within this analysis, three groups of indicators were distinguished: high, medium, and low priority. Ninety-six beef cattle production systems were evaluated in the region. Cluster analysis allowed the segregation of two groups of production systems: high and low sustainability. The production systems of the low sustainability group are characterized by the low participation of agriculture, with an area extension of up to 750 hectares, and which use the native grassland as the main forage resource. Among the indicators stood out for the low performance capacity development, certified production, and soil organic matter. These results allow establishing priorities of actions for soil management and its fertility, the certification of production as an opportunity to increase the income of producers with an area up to 750 hectares and the need to expand training with human resources related to the production of beef cattle.

Keywords:

Pampa Biome; beef cattle; sustainability; environment; income; human resources.

² Doctoral thesis in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (108 p.), May, 2022.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II.....29

Table 1. Characterization of rural establishments for 2017 and stratified participation of establishments according to area, for the Rio Grande do Sul state, Pampa biome municipalities, selected municipalities and analyzed regions total.

Table 2. Cattle herd characterization for 2017, and cattle herd evolution in the 2006-2017 period for the Rio Grande do Sul state, Pampa Biome municipalities, selected municipalities and analyzed regions total.

Table 3. Land use in temporary crop, natural grassland, and cultivated pastures in 2017 and the evolution of these areas in the 2006-2017 period, for the Rio Grande do Sul state, Pampa Biome municipalities, selected municipalities and analyzed regions total.

Table 4. Selected and SAFA (FAO) dimensions, themes, subthemes, and indicators.

Table 5. Weight of indicator and axes correlations in principal component analysis (PCA).

CAPÍTULO III.....73

Table 1. Indicators, indicators abbreviation, metric, and description of indicators.

Table 2. Descriptive analysis of sustainability index indicators and sustainability index performance

Table 3. Indicators, standard error, sustainability index indicators participation to regression analysis.

Table 4. Sustainability index, social, environmental, and economic dimension performance average, production systems range, agricultural participation in total area, native grassland participation in total area to high and low sustainability beef cattle production systems groups.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II.....29

Figure 1. Brazilian Pampa biome and the municipalities of the five regions considered for this study.

Figure 2. Dimensions, themes, and indicators abbreviations selected for the Sustainable index to analyze the Brazilian Pampa biome.

Figure 3. Sustainability Index for the Brazilian Pampa biome, dimensions, and indicators with priorities within the index

Figure 4. Priority level for dimensions and themes in sustainability index by experts' perceptions in the BPB by chi-square analysis.

Figure 5. Comparison of means by T test, and priority groups of indicators.

Figure 6. Principal component analysis (PCA) of expert perceptions about sustainability indicators in different regions of the Brazilian Pampa biome.

Figure 7. Implications inside gates that can contribute to improve sustainability in agricultural production in BPB.

Figure 8. Implications outside gates that can contribute to improve sustainability in agricultural production in BPB.

CAPÍTULO III.....73

Figure 1. Indicators priority level, sustainability index (ISus) indicators weight, normalized sustainability index (ISusN) indicators weight.

Figure 2. Map with participants municipalities, Brazilian's Pampa biome, Brazilian's states limits and south American countries limits.

Figure 3. Cluster analysis with high and low sustainability groups and indicators vectors.

Figure 4. Environmental, economic and social dimensions performances.

Figure 5. Sustainability index performance to different production systems range in Brazilian Pampa biome.

Figure 6. Sustainability index performance to different production systems native grassland participation in Brazilian Pampa biome.

Figure 7. Sustainability index performance to different production systems to agricultural participation in Brazilian Pampa biome.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BPB (bioma Pampa brasileiro)

CN (Campo nativo)

EMBRAPA (Empresa brasileira de Pesquisa Agropecuária)

FAO (Food and Agriculture Organization)

GEE (gases de efeito estufa)

Hectares (ha)

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)

iSus (índice de sustentabilidade)

iSus N (índice de sustentabilidade normalizado)

Kg PV (quilogramas de peso vivo)

Mha (mega hectares)

SAFA (Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems)

SIPA (Sistemas integrados de produção)

UA (unidade animal, equivalente a 450 kg Peso Vivo)

CAPÍTULO I	14
1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
1.1. SUSTENTABILIDADE – CONCEITOS E DEFINIÇÕES	17
1.1.1. Intensificação sustentável.....	17
1.1.2. Sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA)	18
1.1.3. Serviços ecossistêmicos	19
1.2. AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE	20
1.2.1. Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems (SAFA).....	20
1.2.2. Análise Hierárquica de Processos (AHP)	21
1.3. BIOMA PAMPA	22
3. HIPÓTESES	24
4. OBJETIVOS	24
5.OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
CAPÍTULO II	26
Sustainability index approach of the Brazilian Pampa biome	27
CAPÍTULO III	51
Sustainability parameters assessment of the Brazilian’s Pampa biome beef cattle production systems	52
CAPÍTULO IV	77
CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERÊNCIAS	79
APÊNDICES	89
ANEXOS	90
Anexo artigo 1.....	90
Anexo artigo 2.....	90
VITA	107

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Aumentar a produção de alimentos e reduzir os impactos ambientais das atividades agrícolas serão os principais desafios para os agricultores e a comunidade científica nas próximas décadas (Calicioglu et al., 2019). Nos próximos anos, os processos agrícolas, que utilizam os modelos de produção atuais, baseados no uso intensivo de insumos e monoculturas, exigirão mudanças para formar modelos de produção mais sustentáveis (Carvalho et al., 2018).

A produção de bovinos de corte vem sendo questionada em relação aos impactos ambientais gerados pela atividade, especialmente em relação à emissão de GEE. É estimado que a bovinocultura de corte represente em torno de 41% do total de emissões dos GEE do setor pecuária (Gerber et al., 2013). Embora existam estudos que proponham novas metodologias de aferição para a contribuição e balanço de carbono nas emissões de GEE (Allen et al., 2018), fatores como a segurança alimentar, nutrição humana, exploração de recursos não-utilizáveis por humanos (Mottet et al., 2017; Adegbola et al., 2020), e relacionados a meios de subsistência de populações rurais (Godde et al., 2020), tornam a produção de bovinos de corte relevante em âmbito global (Herrero, 2009). Portanto, avaliar a bovinocultura de corte, além de seus eventuais impactos ambientais, permite melhor entendimento da atividade de forma integral.

No Brasil, com ~213 milhões de cabeças de gado e ~162 Mha de pastagens, a produção de carne bovina é predominantemente pastoral, com apenas 14 % de animais abatidos provenientes de confinamentos (ABIEC, 2020). Essa característica na produção de bovinos de corte permite que as pastagens atenuem os efeitos das emissões de GEE das atividades agrícolas (Vasconcellos et al., 2018).

O modelo de produção agrícola utilizado no Brasil tem avançado para sistemas de produção mais sustentáveis. Exemplo disso, é o aumento de áreas de sistema plantio direto, sistema esse que oferece benefícios ao solo e aos sistemas de produção, como o melhor fluxo de nutrientes, menor custo de produção, menor oscilação da temperatura e da umidade, além de emitir menos GEE quando comparado com sistemas convencionais (Bayer et al, 2015, Conceição et al. 2013).

Neste sentido, o bioma Pampa brasileiro (BPB), na região sul do Brasil, tem como atividade agropecuária característica a produção de bovinos de corte. A bovinocultura de

corte, nesta região, é marcada pela produção a pasto e pela utilização de campo nativo, recurso de grande biodiversidade (Boldrini, Overbeck & Trevisan, 2015). Esta atividade, seja ela analisada do ponto de vista econômico, seja do ponto de vista cultural, encontra nesta região ambiente que reúne recursos naturais e vocação de trabalho que tornam sua exploração de alta relevância para sua sociedade.

Nas últimas décadas mudanças estruturais ocorreram no ambiente rural. O incremento nas áreas de lavoura, notadamente da lavoura de soja, com a diminuição das áreas de campo nativo, determina uma nova realidade a ser analisada. No período de 2000-2019 o cultivo de soja ampliou sua área em aproximadamente 63%, um aumento em torno de 2,5 Mha, já os campos nativos diminuíram suas áreas em 38%, cerca de 2,3 Mha (MapBioma, 2021). Portanto, avaliar os sistemas de produção, frente a mudança no uso da terra (Oliveira et al., 2017) e a outros aspectos relevantes da atividade, como as questões econômicas e sociais, se fazem necessários (Feix, Leusin Jr. & Borges, 2021). Assim, a avaliação da sustentabilidade passa a ser ferramenta para entender esta nova realidade.

O objetivo deste estudo foi o de analisar a bovinocultura de corte a luz de parâmetros de sustentabilidade, a partir da proposição de um índice de sustentabilidade, e desta forma identificar dentre estes parâmetros, características que diferenciem e aproximem os sistemas de produção de bovinos de corte do bioma Pampa brasileiro, o que permitirá que ações de apoio possam ser implementadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1. Sustentabilidade – conceitos e definições

O debate acerca da sustentabilidade na produção agropecuária vem ganhando força desde meados da década de 1980. Brundtland (1987) definiu o desenvolvimento sustentável como: “aquele que preenche as necessidades do presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras de preencher as suas”. Classicamente, a sustentabilidade tem sido tratada sob a ótica de três dimensões: a econômica, a social e a ambiental (Gibon, 1999). Para Heitschmidt (1996) o eficiente uso do fluxo de energia que a radiação solar promove é considerado como questão primordial a ser levada em conta para que uma agricultura possa ser considerada sustentável. Para Oltjen & Becket (1996) a sustentabilidade está no aproveitamento pelos animais de produtos que não são de consumo dos humanos. Desta forma, a sustentabilidade deve ser tratada como conceito transitório, onde a eficiência no uso de recursos é ponto central para sua definição. Coelli et al. (2005) definiram a eficiência como a relação de um insumo com seu produto potencial, ou seja, com a capacidade máxima que aquela unidade de insumo é capaz de gerar um produto. A eficiência, portanto, é uma medida relativa de potencial entre insumo/produto. Muitas vezes a eficiência é confundida com produtividade, sendo esta relação simples entre insumo/produto que reflete uma realidade, e não um potencial.

1.1.1. Intensificação sustentável

Na intensificação sustentável, princípios e práticas para aumentar a eficiência dos recursos naturais são postulados, seja pelo aumento das sinergias dos mais diferentes processos agrícolas ou pela otimização do uso desses recursos por meio da redução das perdas (Garnett et al., 2013; Godfray, 2015, Adegbeye et al., 2020).

Garnett et al. (2013), estabelecem quatro premissas para o desenvolvimento da intensificação sustentável. A necessidade de aumentar a produção de alimentos, em função do aumento da insegurança alimentar, principalmente nos países em desenvolvimento; os aumentos de produção devem ocorrer pelo aumento da produtividade, com o uso mais intensivo da terra, diminuindo a abertura de novas áreas; a intensificação deve levar em consideração os impactos ambientais e a aptidão de uso do solos, tendo em alguns casos, a necessidade de desintensificação da produção, sob pena de degradação ambiental grave, podendo estas regiões passarem a ser utilizadas como áreas de conservação ambiental; e

que a intensificação deve levar em consideração o contexto de inserção da produção, pela avaliação e adoção de tecnologias e práticas customizadas para cada situação, onde o contexto social e das características físicas e biológicas do ambiente de produção.

Já Godfray (2015), considera as questões de segurança alimentar e da geração de renda como principais direcionadores para o debate sobre a intensificação sustentável. Adegbeye et al., (2020), avalia em estudo de revisão, o potencial mitigador de práticas e tecnologias que sejam adaptadas as regiões e do uso eficiente de recursos, adoção de práticas agrícolas e veterinárias de menor impacto, apontando para sistemas integrados como alternativas para nova forma de produção de alimentos.

A intensificação sustentável busca estabelecer novas formas de pensar os sistemas de produção de alimentos, com a utilização de tecnologias mais adaptadas ao ambiente de produção, com a intensificação da produção aliada a aptidão dos recursos naturais, e a conservação de ambientes de maior risco.

1.1.2. Sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA)

A produção de alimento em sistemas que cultivam grãos e vegetais e a criação de animais, está associada ao avanço da sociedade ocidental no século 16 (Franzluebbers et. al., 2014). O processo de intensificação e mecanização da agricultura no século 20 modificou este panorama para as monoculturas.

Franzluebebers et al. (2014) definem os sistemas integrados de produção pela união dos serviços ecossistêmicos promovidos pelos ambientes pastoris, seja pela captura de gás carbônico, seja pela manutenção da qualidade da água, entre outros, com os animais sendo componentes fundamentais neste processo, aliado de forma espaço-temporal com a produção de grãos.

Moraes et al. (2014), demonstraram os benefícios que os SIPA trouxeram a produção no Sul do Brasil. Em ambientes subtropicais, o estudo demonstrou ganhos de renda e produtividade destes sistemas em relação a sistemas de monocultura e não integrados. Da mesma forma, Reis et. al (2021), chegou a resultados semelhantes no centro do Brasil, em ambiente tropical.

Bell et al. (2021) modelou o risco de adoção de diferentes proporções de culturas e pecuária nos sistemas de produção australianos, com preços variados de commodities,

clima e produção. Identificaram que os sistemas que realizavam duas atividades, mesmo que não fossem integrados, apresentavam riscos econômicos menores do que modelos de sistemas de produção especializados.

Neste sentido, sistemas integrados podem permitir avanços para a intensificação sustentável, pela diversificação da produção e da utilização de processos que geram ganhos econômicos, sociais e ambientais.

1.1.3. Serviços ecossistêmicos

Recentemente, foi instituída a lei LEI Nº 14.119, DE 13 DE JANEIRO DE 2021, que estabelece os serviços ambientais, dentre eles os serviços ecossistêmicos. Além disso, regulamente as condições para pagamentos por esses serviços, incluindo títulos do tesouro nacional (Green Bonds), além de outras formas de transação e pagamentos. Essa legislação é um avanço para a conservação ambiental e estímulo para este fim

Pillar et al. (2015) definem os serviços ecossistêmicos como os benefícios ao homem gerados pela conservação dos ecossistemas. Desta perspectiva, são analisados os serviços ecossistêmicos que podem ser providos pelo ambiente, como a conservação e manutenção da água, solo e fauna. O fluxo de energia existente nas relações de organismos que coabitam um ambiente natural está na base destes serviços. Portanto a dinâmica de crescimento, morte e ciclagem de compostos minerais e orgânicos, que em última análise se converterão em matéria-orgânica, é fundamental para que os serviços ecossistêmicos sejam providos, e interferências neste fluxo podem afetar o ambiente e suas dinâmicas (Pillar et al. 2015).

Além disso, Pillar et al. (2015), consideram ainda os ganhos diretos na conservação do ambiente campestre, com a produção de bovinos de corte, já que a diversidade de espécies vegetais existentes permite aos animais colherem uma dieta nutricionalmente rica ao longo do ano.

Já Nabinger et al. (2011), chamam atenção aos serviços pela oportunidade de geração de renda, além da produção de alimentos, como o turismo rural que se desenvolve cada vez mais. No centro da discussão deste estudo está o manejo do pasto e como este manejo afeta o ambiente pastoril e, portanto, os serviços ecossistêmicos. Estabelecer a correta estrutura do pasto, pela manipulação do pastoreio animal, onde as folhas são

colhidas, impondo-se limites de colheitas para o pronto restabelecimento destes tecidos, permitindo uma dinâmica de interação animal-plantasolo, que se traduzirão em solos mais saudáveis, garantido serviços ecossistêmicos por mais tempo.

Conservar o ambiente permitirá aumento da geração de renda, pelo correto manejo do pasto e do solo, pela manutenção de sua paisagem, criando oportunidades para a ampliação dos serviços ecossistêmicos.

1.2. Avaliação de sustentabilidade

Muitas ferramentas de avaliação da sustentabilidade foram desenvolvidas por diferentes iniciativas globais para diferentes cadeias de suprimentos (<https://standardsmap.org/>), dentre as quais pode-se citar as ferramentas COSA (Giovannucci & Potts, 2008) e RISE (Hèani et al., 2003). Da mesma forma, o processo de hierarquia analítica (AHP) (Saaty, 1990) permite que a percepção dos especialistas seja identificada e quantificada. O estudo propõe um índice simples e prático, baseado em conhecimento científico robusto, capaz de medir e avaliar a sustentabilidade em sistemas de bovinos de corte com baixos custos de adoção.

Marchand et al. (2014), defiram ferramentas de avaliação da sustentabilidade de uso pleno (FSA) e ferramentas de avaliação rápida (RSA). O índice proposto se enquadra nas RSA. Neste sentido, os autores relatam que este tipo de ferramenta, permite que as avaliações sejam mais simples e obtidas com informações prontamente disponíveis. Além disso, as RSA permitem que um número maior de sistemas de produção possa ser avaliado, estimulando produtores a adotarem princípios e práticas sustentáveis (Marchand et al., 2014). Assim, a partir da identificação de problemas e preocupações específicas por produtores, estes seriam estimulados a adotarem avaliações com FSA (Marchand et al., 2014).

1.2.1. Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems (SAFA)

A base SAFA (Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems), da FAO (FAO, 2013), estabelece indicadores para se medir a sustentabilidade em diferentes elos das cadeias de produção de agropecuária. Essa ferramenta foi desenvolvida entre 2011 e

2013 e contou com a participação de mais de 250 agentes de 61 países. Bonisoli et al. (2019) demonstraram as vantagens que esta base apresenta. Embora seu uso completo crie dificuldades para avaliações de sustentabilidade em sistemas de produção, os desenvolvedores incentivam adaptações para aumentar a precisão e robustez nas avaliações (Bonisoli et al., 2018). Alguns estudos utilizaram as diretrizes da SAFA (Kassem et al., 2017; Pérez-Lombardini et al., 2021).

Bonisoli et al. (2018), avaliaram vários instrumentos de avaliação de sustentabilidade, dentro os quais o SAFA. Neste estudo, ficou evidenciado que o SAFA é instrumento amplo que aprofunda as noções de sustentabilidade pela presença de indicadores e suas métricas. Em suas conclusões, considera que a utilização dos indicadores do SAFA aliado a metodologias que contem com a participação agentes da cadeia de produção poderiam trazer melhorar o debate acerca da sustentabilidade.

Bonisoli et al. (2019), utilizaram o SAFA para avaliar a sustentabilidade na produção de banana orgânica no Equador. Entre as vantagens elencadas para a utilização desta ferramenta em relação a outras ferramentas, está na amplitude de parâmetros existentes e nas métricas que permitem avaliações da sustentabilidade de forma mais objetiva. Já Lombardini et al. (2021), utilizaram o SAFA para avaliar diferentes sistemas de produção de bovinos de corte no México, sendo este o primeiro estudo a ser realizado com a ferramenta para este tipo de comparação no país, demonstrando que seu ainda é recente, podendo o SAFA ainda ser desenvolvido e aprimorado.

A criação de um índice de sustentabilidade (coleta de indicadores) baseia-se na seleção de indicadores que podem tornar as premissas mais próximas da realidade. A localização da amplitude da análise o torna mais conectado (Gasso et al., 2014) com os traços e necessidades da região. Neste caso, as percepções do especialista através da AHP permitiram a construção de um índice com maior sensibilidade à realidade local.

1.2.2. Análise Hierárquica de Processos (AHP)

A análise hierárquica de processos foi desenvolvida pelo pesquisador da Universidade de Pittsburgh, Thomas Saaty. Este método foi proposto como forma de analisar e quantificar problemas complexos, de forma que se cria uma hierarquia de processos que são pareados e priorizados em função da percepção dos agentes que tomam decisões (Saaty, 1990). Neste sentido esta ferramenta é utilizada em várias áreas

da atividade humana, seja para estabelecer o estoque de peças de sobressalentes (Silva, Hernandez & Brandelise, 2019), seja no apoio a análise de ferramentas de gestão empresarial (Kimura e Suen, 2003) bem como na avaliação de indicadores de sustentabilidade (Kwatra et al, 2021). Vargas (2010), apresentou o método e demonstrou sua funcionalidade, assim como descreveu sua aplicação.

Recentemente, Kwatra et al. (2021), utilizaram a AHP para a priorização de temas e subtemas para estabelecer um índice de avaliação de sistemas de produção em Goa, Índia. As avaliações foram feitas em nível regional, e contou com a participação de agentes de instituições privadas, públicas e de ONGs. O estudo ressalta a importância da avaliação em nível regional. Neste sentido a AHP, permite a participação e a priorização de agentes regionais, criando maior aderência da avaliação de sustentabilidade a realidade regional, ressaltando os desafios que podem ser enfrentados de forma mais efetiva para o aumento dos níveis de sustentabilidade da produção agropecuária.

1.3. Bioma pampa

O bioma Pampa brasileiro (BPB) ocupa a metade sul do estado do Rio Grande do Sul, com uma área aproximada de 176,5 mil km² (IBGE, 2004). O modelo de produção agropecuário no BPB não difere do restante do Brasil, especialmente em relação a produção de bovinos de corte com base em alimentação a pasto, embora as condições de clima se diferenciem, com extremos de temperatura no verão e no inverno, e precipitações pluviométricas na região mais distribuídas ao longo do ano (Embrapa, 2021a). Nesse bioma se encontram os campos nativos, base para a atividade pecuária, mesmo que a agricultura tenha forte participação na exploração agropecuária, com a lavoura de arroz irrigado como uma atividade agrícola consolidada (Reis e Saibro, 2004). É na produção de bovinos de corte e nos campos nativos que esta região encontra sua identidade sociocultural. Estas características são personificadas na figura do Gaúcho (Oliveira & Freitas, 2017; Brum Neto, 2008). O BPB se estende em áreas de savana, onde os relevos do terreno são suaves e as espécies herbáceas se proliferam (Boldrini, Overbeck & Trevisan, 2009). Nesta região, coabitam espécies do tipo C3 e C4, com mais de 500 espécies de gramíneas e mais de 250 espécies de leguminosas forrageiras (Boldrini, Overbeck & Trevisan, 2009). Rambo (1954) associou o estudo da fisionomia desta região e as relações que estas tiveram com a sua ocupação, por povos nativos ou pela colonização migratória a partir do século 18.

Recentemente, pesquisas desenvolvidas pela Universidade federal do Rio Grande do Sul, em especial, buscaram revelar os potenciais produtivos e a relevância dos serviços ecossistêmicos que podem ser gerados na região (Carvalho et al., 2019, Pillar et al., 2015; Pillar et al., 2009).

Muitos pesquisadores se dedicaram a estudar as mudanças ocorridas na exploração agropecuária no bioma Pampa nos últimos anos. Barcellos et al. (2004), já avaliavam os impactos do aumento das áreas de agricultura e seus efeitos sobre a cadeia de produção da carne bovina. Freitas et al. (2019) avaliaram a sustentabilidade de municípios do bioma Pampa, Oliveira et al. (2017), analisaram as mudanças de uso da terra. Ruviaro et al. (2014; 2016) estimaram a emissão de GEE na produção de bovinos de corte, em diferentes sistemas alimentares, e sua viabilidade econômica. Lampert et al. (2019), por modelagem, identificaram indicadores e tecnologias para o aumento da produtividade em bovinos de corte. Já Marques et al. (2011), buscaram identificar direcionadores de competitividade para produtores agropecuários. Já no Uruguai, onde o bioma Pampa representa todo o território do país, Modernel et al., (2018) procuraram identificar sistemas de produção com alta performance econômica e ambiental, e a partir disso, estabelecer comparações com outros sistemas de produção Uruguaios. Portanto, vários temas dentro do bioma Pampa já foram estudados e analisados. No entanto, estudos que analisam as três dimensões da sustentabilidade em sistemas de produção agropecuário, são escassos.

Entre os anos de 2000 e 2019, as transformações ocorreram nos sistemas de bovinos de corte no BPB, que envolveram diminuição da extensão das pastagens naturais (~38 %; ~2,3 Mha), enquanto a das lavouras de soja aumentou ~65 %, (2,5 Mha) (Mapbiomas, 2021). Oliveira et al. (2017) destacaram mudanças no uso da terra, com as culturas e a silvicultura desempenhando um novo papel nesse cenário. Tais dados recentes destacam a necessidade de avaliar e estabelecer práticas e processos de produção sustentáveis nos sistemas de produção de bovinos de corte do BPB em termos de impactos ambientais, econômicos e sociais, e este estudo busca contribuir para nesses aspectos.

3. HIPÓTESES

- 1) Um indicador de sustentabilidade simples, prático e robusto permite avaliar e estabelecer diferentes níveis sustentabilidade entre sistemas de produção de bovinos de corte.
- 2) Há diferenças nos níveis de sustentabilidade entre os sistemas de produção de bovinos de corte.

4. OBJETIVOS

- 1) Estabelecer um índice capaz de avaliar sustentabilidade em sistemas de produção de bovinos de corte com aderência a realidade do bioma Pampa brasileiro.
- 2) Avaliar parâmetros de sustentabilidade em sistemas de produção de bovinos de corte

5.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Artigo 1

1. Determinar quais os parâmetros de sustentabilidade têm maior relevância para a construção de indicador, em três dimensões: econômica, social e ambiental
2. Construir indicador que tenha aplicabilidade prática e robustez científica.

Artigo 2

3. Avaliar parâmetros de sustentabilidade em sistemas de produção de bovinos de corte distintos, em seu tipo de exploração e disponibilidade de recursos.

4. Identificar práticas e tecnologias para sistemas de produção de bovinos de corte que permitam aumento da produtividade e do resultado econômico, considerando parâmetros de sustentabilidade como fator fundamental para sua avaliação

CAPÍTULO II

Sustainability index approach of the Brazilian Pampa biome

³Luiz Antonio Vieira Queiroz Filho^a, Tamara Esteves de Oliveira^a, Claus Köbrich Gruebler^b, Júlio Otávio Jardim Barcellos^{a*}

^aDepartment of Animal Science, NESPro, Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), Bento Gonçalves Avenue 7712, Porto Alegre, RS 91540-000, Brazil.

^bDepartment of Livestock Production, Faculty of Veterinary and Animal Sciences, University of Chile, Santa Rosa Avenue 11.735, La Pintana, Santiago, Chile.

*Corresponding author: julio.barcellos@ufrgs.br (J.O.J. Barcellos), Telephone number :+55 (51) 3308 3602

³ Normas para elaboração de trabalhos para a submissão na revista Agricultural Systems
(<https://www.elsevier.com/journals/agricultural-systems/0308-521X/guide-for-authors>)

Abstract

CONTEXT: The need to increase food production and reduce the environmental impacts resulting from agricultural activities is a major challenge for farmers and the research community. Thus, evaluating production systems from a sustainability perspective has become a priority. In the Brazilian Pampa biome, the last decade was pronounced to an increase of croplands, soybean areas in particular, and decrease in natural grasslands areas which impacted beef cattle production systems. These impacts are connected to land use change, and its effects, such as soil and water conservation; to an economic context, where the revenues and incomes are earned from different sources; and to social aspects, where capacities development of people are among the main concerns of researchers and governmental institutions.

OBJECTIVES: The aim of the study was to elaborate an index able to measure sustainability at farm-level (production systems). This index was developed to be adhered to the Brazilian Pampa biome context by the consultancy to experts' perceptions.

METHODS: This study was carried out in five regions of the Brazilian Pampa biome: West Border, Northwest Border, Campanha, Central, and South. The Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems guidelines, developed by the Food and Agriculture Organization, was used as reference for the indicators that formed the sustainability index (iSus). After the selection of indicators, experts were consulted to judge their priorities according to the analytic hierarchy process methodology. An electronic form was developed through Google Forms and sent to experts from each region to judge the priorities for the dimensions, themes, and indicators.

RESULTS AND CONCLUSIONS: The selected dimensions did not present differences, demonstrating that in the experts' perception, no dimension has priority. Among the themes, investment (economic dimension), human health and safety (social dimension), and land and water (environmental dimension), had priority within the dimensions. In the indicators' analysis, there were no differences between the experts' perceptions and the regions analyzed. It was possible to define groups of indicators as high, medium, and low priority. Water management, safety and health training, and net revenue had the highest priority in experts' perceptions.

SIGNIFICANCE: The rating of priorities brought adherence from a regional context to the index. The incorporation of an iSus, it can contribute to broad actions to increase sustainability in beef cattle production systems. The utilization of the index will allow that basic premises of sustainability could be measured and identified.

Keywords: Ecosystem preservation; grassbased food production; Livestock; Pampa biome; Sustainability; Sustainable intensification.

1. Introduction

Increasing the food production and reducing the environmental impacts of agricultural activities will be the major challenges for the farmers and the research community in the coming decades (Calicioglu et al., 2019).

Over the next few years, farming processes, which use the current production models, based on intensive use of inputs and monocultures, will require changes in order to form more sustainable production models (Carvalho et al., 2018).

Traditionally, sustainability has been approached from economic, social, and environmental perspectives (Gibon, 1999). For instance, the efficient use of energy flow from solar radiation is a primary issue in sustainable agriculture (Heitschmidt, 1996). According to Oltjen and Becket (1996), sustainability lies in the use of animal products that are inedible to humans. In sustainable intensification, principles, and practices to increase the efficiency of natural resources are postulated, either by increasing synergies of most different farming processes or by optimizing the use of these resources by reducing losses (Garnett et al., 2013; Godfray, 2015; Adegbeye et al., 2020).

In Brazil, with ~213 million heads of cattle and ~162 Mha of pastures, beef production is predominantly pastoral, with only 14 % of slaughtered animals coming from feedlots (ABIEC, 2020). This trait in beef cattle production allows pastures to mitigate the effects of GHG emissions from agricultural activities (Vasconcellos et al., 2018).

The Brazilian Pampa biome (BPB) has the smallest extension among Brazilians biomes. It differs from others because of its climate, which determines the abundance of fauna and flora, and livestock plays an important role in the exploitation of its resources. Recent studies have highlighted the relevance of this region's productive potential and ecosystem services (Carvalho et. al, 2019; Pillar et al., 2015). Since the 2000s, the impacts of increase in crop areas over livestock areas and their effects on the beef supply chain have been discussed (Barcellos et al., 2004). Many other themes have been studied in BPB (Marques et al., 2011; Ruviano et al., 2015; 2016; Freitas et al., 2019; Lampert et al., 2020). However, studies analyzing the three dimensions of sustainability in farming systems of the BPB are scarce.

Between 2000 and 2019, transformations occurred in beef cattle systems in the BPB, which involved decrease of the extent of natural grasslands (~38 %; ~2.3 Mha), while that of soybean croplands increased by ~65 %, (2.5 Mha) (Mapbiomas, 2021). Oliveira et al. (2017) highlighted changes in land use, with crops and forestry playing a new role in this scenario. Such recent data highlight the need to evaluate and establish sustainable production practices and processes in farming systems of the BPB in terms of environmental, economic, and social impacts, and this study tries to contribute towards these aspects.

Many sustainability assessment tools have been developed by different global initiatives for different supply chains (<https://standardsmap.org/>). Among these tools, the Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems (SAFA) guidelines (FAO, 2013; 2014) establish indicators to measure sustainability in different levels of the agricultural supply chains. Although its full use creates difficulties for sustainability assessments in production systems, developers encourage adaptations to enhance accuracy and robustness in the evaluations. Similarly, the analytic hierarchy process (AHP) (Saaty, 1990) allows the perception of experts to

be identified and quantified. This study establishes a simple and practical index, based on robust scientific knowledge, capable of measuring and evaluating sustainability in beef cattle systems with low adoption costs.

2. Methods

The study was carried out in the area covering the BPB in Rio Grande do Sul, Brazil. Five regions (Figure 1) representing this biome were considered: western border (*WB*), northwestern border (*NW*), Campanha (*C*), central (*Ce*), and south (*S*).

The BPB occupies the southern half of Rio Grande do Sul, with an area of approximately 176,000 km², which is equivalent to the size of Uruguay. This biome extends to the savannas, where relief is low, and herbaceous species proliferate (Boldrini et al., 2009). Natural grasslands occurring in this biome contribute to livestock activities, despite the strong participation of agriculture, with irrigated rice farming as a consolidated agricultural activity (Reis and Saibro, 2004). Moreover, beef cattle production and natural grasslands comprise the sociocultural identity of this region and are an embodiment of the *Gaúcho* (Brum Neto, 2008).

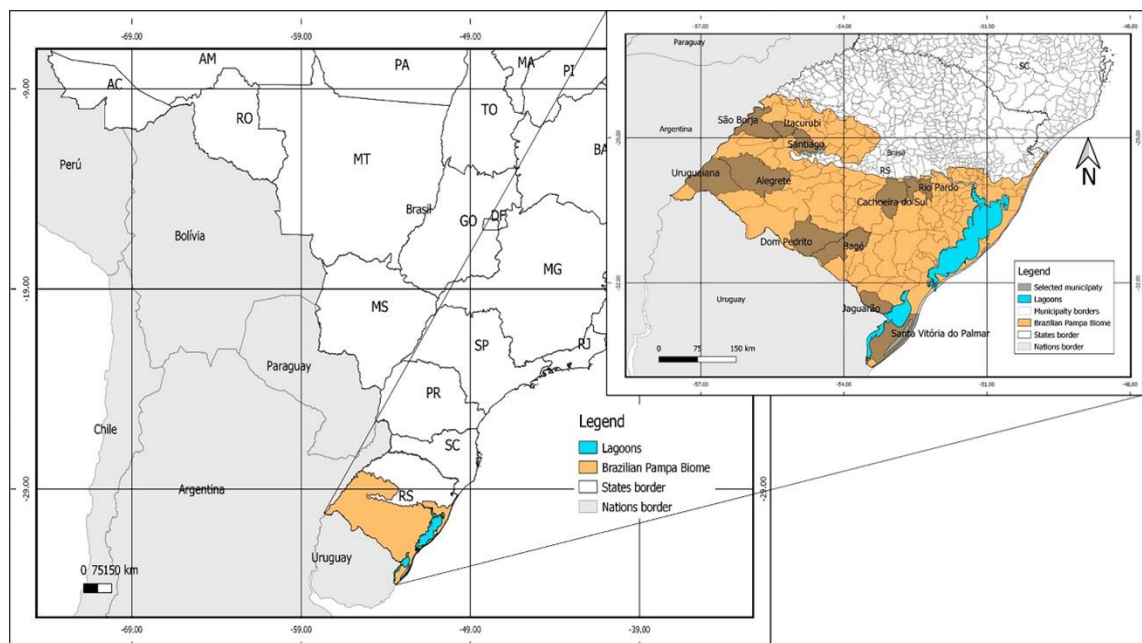


Figure 1. Brazilian Pampa biome and the municipalities of the five regions considered for this study.

Municipalities were selected in the study area, based on the number of rural establishments (Table 1), herds of cattle (Table 2), and land utilization (Table 3). Owing to the geographic dispersion of these regions, soil differences within the BPB were also considered (Streck et al., 2008). The selected municipalities to represent these regions were *Uruguaiana* and *Alegrete* (*WB*), *São Borja*, *Itacurubi*, and *Santiago* (*NB*), *Bagé* and *Dom Pedrito* (*Ca*), *Santa Vitória do Palmar* and *Jaguarão* (*S*), and *Rio Pardo* and *Cachoeira do Sul* (*Ce*).

It was observed that rural establishments larger than 500 hectares (ha) represent more than 50 % (calculated to be 73.6%) of the total area of establishments (Table 1) and are characterized as livestock production and commercial agricultural regions (Andreatta, 2009).

Table 1. Characterization of rural establishments for 2017 and stratified participation of establishments according to area, for the Rio Grande do Sul state, Pampa biome municipalities, selected municipalities and analyzed regions total.

	Total area Hectares (1000)	Rural establishments (2017)		
		< 500 ha	500-1000 ha	> 1000 ha
		Participation (%)		
Rio Grande do Sul	21.684,6	51,4	15,3	33,3
Pampa biome municipalities	15.910,5	46,8	17,6	35,6
Analyzed regions total	3.553,7	26,4	20,8	52,8
West Border	1.245,8	23,1	21,1	55,7
Alegrete	726,4	27,2	22,0	50,8
Uruguaiana	519,5	17,4	20,0	62,6
Campanha	801,2	20,1	21,2	58,6
Bagé	353,5	23,3	22,9	53,8
Dom Pedrito	447,7	17,6	19,9	62,4
South	446,4	24,5	18,7	56,8
Santa Vitória do Palmar	284,6	21,4	17,9	60,7
Jaguarão	161,8	29,9	20,1	50,0
Central	483,5	43,0	20,0	36,9
Rio Pardo	176,8	47,6	16,5	35,9
Cachoeira do Sul	306,7	40,4	22,1	37,5
Northwest Border	576,8	29,9	21,7	48,4
São Borja	293,0	20,7	21,3	58,0
Itacurubi	85,3	36,6	24,6	38,8
Santiago	198,5	40,7	20,9	38,4

Source: Adapted from IBGE (Censo Agropecuário, 2006; 2017); IBGE (PPM - Produção Pecuária Municipal, 2016).

These regions are also characterized by the presence of the largest effective cattle herds, representing almost a quarter of the cattle herd of the Rio Grande do Sul state and more than one-third of that of the herd of the BPB municipalities (IBGE, 2004). The largest cattle herds are observed in the WB and Ca regions, which are the traditional beef cattle producing regions (Table 2).

Table 2. Cattle herd characterization for 2017, and cattle herd evolution in the 2006-2017 period for the Rio Grande do Sul state, Pampa Biome municipalities, selected municipalities and analyzed regions total.

	Cattle herd (2017) Heads (1000 heads)	Evolution (2006-2017)
		Percentual (%)
Rio Grande do Sul	11.456,9	1,1
Pampa biome municipalities	9.063,4	1,4
Analyzed regions	3.669,2	0,8
West Border	900,2	23,9
Alegrete	576,7	17,1
Uruguaiana	323,5	38,2
Campanha	542,2	4,7
Bagé	243,1	17,0
Dom Pedrito	299,2	-3,5
South	232,7	-16,5
Santa Vitória do Palmar	141,4	-17,1
Jaguarão	91,4	-15,7
Central	227,1	-18,8
Rio Pardo	89,8	-21,7
Cachoeira do Sul	137,2	-16,9
Northwest Border	382,5	5,4
São Borja	137,9	6,0
Itacurubi	92,9	4,5
Santiago	151,6	-11,9

Source: Adapted from IBGE (Censo Agropecuário, 2006; 2017); IBGE (PPM - Produção Pecuária Municipal, 2016).

Land use was marked by the presence of natural grasslands. Despite a decrease in their participation in agricultural exploration, natural grasslands are still a fundamental resource of farming in the BPB. In the last two

decades, increasing agricultural activities in the biome caused an increase of the number of temporary crops and cultivated pastures, especially soybean (MapBiomas, 2021).

Table 3. Land use in temporary crop, natural grassland and cultivated pastures in 2017 and the evolution of these areas in the 2006-2017 period, for the Rio Grande do Sul state, Pampa Biome municipalities, selected municipalities and analyzed regions total.

	Land Use (2017)			Evolution (2006-2017)		
	Temporary Crop	Natural Grassland	Cultivated pasture	Temporary Crop	Natural Grassland	Cultivated pasture
	Area (1000 hectares)			Percentual (%)		
Rio Grande do Sul	7.622,07	7.541,25	1.635,51	19,1	-8,8	32,2
Pampa Biome municipalities	5.915,14	6.583,38	1.374,16	24,0	-7,3	33,4
Total analyzed regions	936,0	1888,0	429,9	45,2	-2,9	36,5
West Border	206,08	814,57	137,05	39,8	13,6	68,3
Alegrete	107,65	500,92	76,08	36,9	5,0	55,8
Uruguaiiana	98,43	313,64	60,97	43,2	30,8	86,9
Campanha	200,53	410,87	112,83	104,2	-2,3	5,0
Bagé	60,04	185,74	57,01	133,9	5,7	19,8
Dom Pedrito	140,50	225,13	55,83	93,7	-8,1	-6,8
South	167,78	231,97	51,29	84,8	-13,8	-0,2
Santa Vitória do Palmar	100,40	144,47	36,87	59,7	-17,6	36,0
Jaguarão	67,38	87,50	14,43	141,4	-6,6	-40,6
Central	196,91	140,31	49,43	26,0	-30,0	12,9
Rio Pardo	63,17	50,19	25,69	25,7	-29,8	89,8
Cachoeira do Sul	133,74	90,13	23,73	26,1	-30,2	-21,5
Northwest Border	164,73	290,28	79,30	8,5	-13,7	156,9
São Borja	121,63	107,98	35,23	4,1	-6,5	69,8
Itacurubi	10,11	74,76	7,80	17,8	4,6	49,5
Santiago	32,99	107,55	36,27	25,1	-28,1	640,5

Source: Adapted from IBGE (Censo Agropecuário, 2006; 2017); IBGE (PPM - Produção Pecuária Municipal, 2016).

In the last decade, all regions showed an increase in temporary crop areas, mainly Ca and S with increases of 104.2 % and 84.8 %, respectively (Table 3).

2.1. Sustainability index proposal

The proposal for a sustainability index to assess the sustainability in agricultural production systems in a simple, practical, and robust manner came from the approximation of the SAFA guidelines (FAO, 2013; 2014), which were used as a source for indicators in the construction of the index. The base for this is divided into four dimensions: Economic resilience (ECO), Social well-being (SOC), Environmental integrity (ENV), and Good governance (GOV).

Table 4. Selected and SAFA (FAO) dimensions, themes, subthemes, and indicators.

Dimensions	Themes		Subthemes		Indicators	
	SAFA	Selected	SAFA	Selected	SAFA	Selected
Good governance	5	-	14	-	19	-
Environmental Integrity	6	4	14	-	52	8
Economic Resilience	4	3	14	-	26	6
Social well-being	6	3	16	-	19	6
Total	21	10	58	-	116	20

Each dimension is split into themes, each having subthemes, and these subthemes are measured through a specific set of indicators, for which SAFA describes the metrics and measurement methods (Table 4). We chose a subset of these dimensions, themes, subthemes, and indicators to build the sustainability index (iSus).

2.1.1. Indicator selection

The SAFA guidelines have 116 indicators, which make the assessment difficult to analyze and monitor.

Therefore, different criteria were used for the selection of indicators.

Dimension	Theme	Indicator	Abbreviation
Economic Resilience (Eco)	Investment	Net revenue	NRe
		Production costs	PCo
	Vulnerability	Product diversification	PDf
		Net cash flow	NCF
	Product information and quality	Rastreability system	RSy
Certificated production		CeP	
Environmental Integrity (Env)	Water	Water management	WMA
	Land	Soil physic structure	SPS
		Soli organic matter	SOM
	Biodiversity	Land cover and use changes	LCC
		Key species abundance and diversity	KSD
		Production diversity	PDv
	Animal helth	Animal health	AHe
Aproprate animal husbandry		ANH	
Social Well Being (Soc)	Decent livelihood	Wage level	WLe
		Capacity development	CDe
	Labour rights	Employment relationship	ERe
		Child labour	CLb
	Human healthy and safety	Safety and health trainings	SHT
		Health coverage abd access to medical care	HCMC

Figure 2. Dimensions, themes, and indicators abbreviations selected for the Sustainable index to analyze the Brazilian Pampa biome.

In the ENV dimension, we had three types of indicators measuring the i) performance, ii) practices, and iii) objectives. Out of these, performance-measuring indicators were considered to be more consistent and were selected to make the iSus more robust. Along with them, the indicators measuring water conservation and management practices were also selected. The definitions of indicators and their descriptions available in the SAFA database, i.e., a) their relevance to the type of enterprise (at farm level); b) the metric used (preferably opting for quantitative measures); c) and measuring limitations, were also utilized.

For a simplified rating of the priorities, subthemes were removed from the analyses, as they could be misunderstood and confused with indicators. Hence, three dimensions, 10 themes, and 20 indicators (Figure 2)

were selected and submitted for an AHP. Recent studies analyzed themes and indicators with similarities to this work (Australian Sustainability Beef Framework, 2020; van der Linden et al., 2020)

2.2. Analytic Hierarchy Process

After the selection of dimensions, themes, and indicators, experts were consulted to carry out priority ratings according to the AHP (Saaty, 1990). The AHP is used in different areas (Kronke and Hein, 2011; Ribeiro and Alves, 2016; Da Silva et al., 2019). Recently, Kwatra et al. (2021) used AHP to create an index to assess sustainability in India. In this process, paired comparisons occur at different hierarchical levels. Experts evaluate and grant values in a scale of 1 to 9, where 1 corresponds to equivalent priority between parameters (i.e., no priority) and 9 corresponds to top priority for one of the two parameters (i.e., absolute priority) (Saaty, 1990).

For the AHP, an electronic form was developed in Google Forms. In the earlier stages of development, the form was sent to few experts for a pretest to improve and validate it. Subsequently, the form was sent to 28 experts in the selected regions for further evaluation, which made it possible to establish priority levels for selected dimensions, themes, and indicators. The experts were selected according to the following criteria: at least 10 years of experience in agricultural activities and a degree of *lato sensu* specialization.

Experts were invited from a) teaching and research institutions, b) beef production systems (producers and consultants), and c) retailers and service provider companies, to participate in the study. Among the 28 experts invited 39% of them had *lato sensu* degree, 29% had master's degree and 32% PhD degree. About the experience in farming sector, 42,9% of experts had at least 25 years of experience, and 39,3% were working at beef production systems, while 32,1% in teaching and research institutions.

Experts evaluated the priorities that would be given to dimensions, themes, and indicators for the index setup while answering the electronic form. Results of these comparisons defined the local priorities, which are assessed at the same hierarchical level. The product of the local priority of a hierarchy and that of a lower hierarchy determines the global priority of the lower hierarchy. Using equations (1) and (2), we calculated the global priority of themes and indicators, respectively.

$$WT_i = LD_i * LT_i \quad (1)$$

$$WI_i = LD_i * LT_i * LI_i \quad (2)$$

where,

WT_i = global priority of i^{th} Theme

LD_i = local priority of i^{th} Dimension

LT_i = local priority of i^{th} Theme

$LI_i =$ local priority of i^{th} Indicator

In his proposal, Saaty (1990) established parameters to validate the priority values given to components of each hierarchy in the rating matrix. The method of Vargas (2010) was used as a base for the calculations, and the geometric mean method (Bajwa, 2008) was used to calculate the major auto-value of the matrix (λ max). From here, we obtained the consistency ratio (CR) to consolidate the rating matrix, in which consistency values up to 0.1, were admitted. For the calculation of CR, consistency index (CI) and random index (RI) were used. From equation (3), we obtained the CI:

$$CI = \lambda \text{ máx} - n/n - 1 \quad (3)$$

where,

$CI =$ consistency index

$\lambda \text{ máx} =$ major auto-value of matrix

$n =$ number of parameters compared

CR was calculated from equation (4), where CI was from equation (2), and RI was a function of the number of parameters compared (Table 5) (Saaty, 1990).

$$CR = CI/RI \quad (4)$$

where,

$CR =$ Consistency ratio

$CI =$ Consistency index

$RI =$ Random index

This analysis must be conducted to maintain subjectivity in the priority rating so that the ratings are consistent for evaluation. Otherwise, the ratings should be adjusted by experts to maintain consistency. With an increase in the elements of comparison, there is an increase in the probabilities of inconsistent ratings.

2.3. BPB sustainability index

The sustainability index (Figure 3) was established by the sum of products of global priorities of indicators from the assessment of farming systems:

$$iSus = \sum_l w_i * VI_i \quad (4)$$

where,

$iSus$ = Sustainability index

w_i = global priority for i -th indicator

VI_i = assessment value for i -th indicator

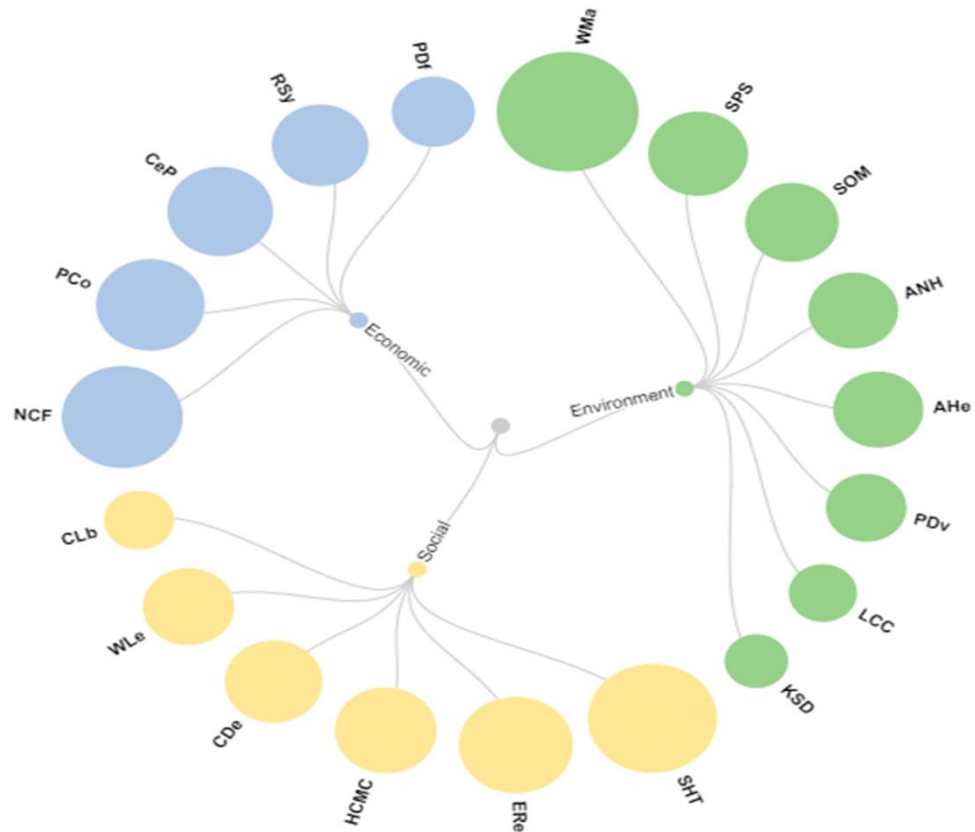


Figure 3. Sustainability Index for the Brazilian Pampa biome, dimensions, and indicators with priorities within the index. *Net revenue (Nre); Production costs (PCo); Product diversification (PDf); Net cash flow (NCF); Rastreability system (RSy); Certificated production (CeP); Water management (WMa); Soil physic structure (SPS); Soli organic matter (SOM); Land cover and use changes (LCC); Key species abundance and diversity (KSD); Production diversity (PDv); Animal health (AHe); Appropriated animal husbandry (ANH); Wage level (WLe); Capacity development (CDe); Employment relationship (Ere); Child labor (CLb); Safety and health trainings (SHT);Health coverage and access to medical care (HCMC).*

Therefore, the final value of $iSus$ will always be between 1 score (parameters established by the indicator are not identified) and 5 score (parameters established by the indicator are fully identified) as a function of evaluation performed in farms.

2.4. Statistical analysis

Correlation of dimensions, themes, and indicators were performed using the Pandas Profiling function, “Pandas” package (Reback et al., 2020) in the Jupyter notebook software. Averages of the dimensions and themes were compared by performing a chi-square analysis using the Kruskal–Wallis test. Principal component analysis (PCA) was conducted to understand the interrelationships among indicators. PERMANOVA was also performed to verify whether the perceptions of experts were related to their regions of activity, as well as for a comparison of averages using t-test to analyze differences between average priorities of indicators. RStudio Desktop software, version 1.4.1103, was used for the PCA and PERMANOVA analysis.

3. Results

The ratings of 28 experts from different regions (six from WB, seven from NB, six from Ca, five from Ce, and four from S) were analyzed. The ratings did not exceed the CR value of 0.1, maintaining consistency.

3.1. Dimension and themes analysis

Dimensions presented similar priority values (Figure 4), indicating that no dimension was an absolute priority in the opinion of experts. The Kruskal-Wallis test did not show any differences ($p = 0.849$) between the dimensions. The themes with the highest priority were Investment (ECO), Human health and safety (SOC), and Water and Land (ENV) (Figure 4).

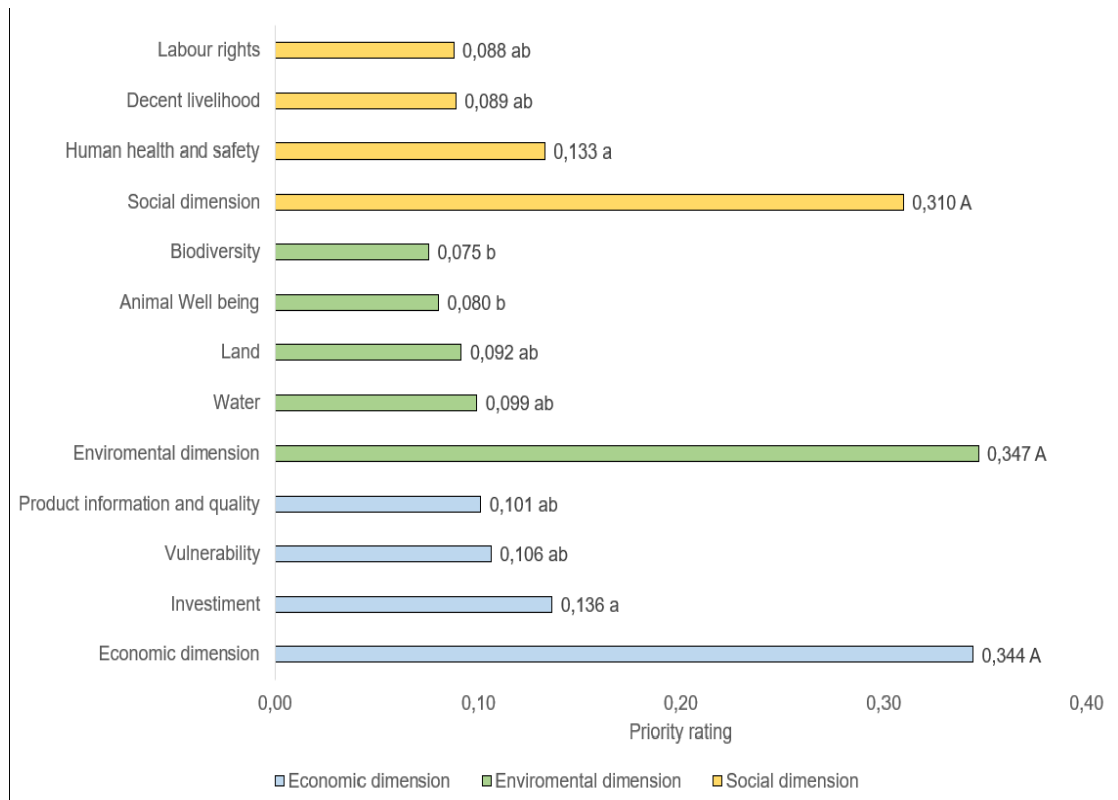


Figure 4. Priority level for dimensions and themes in sustainability index by experts' perceptions in the BPB by chi-square analysis. Means with distinct uppercase letters differentiate dimensions, distinct lowercase letters differentiate themes, with significance level by Kruskal-Wallis test ($p < 0.05$).

Among the themes, we found differences between Investment and Animal health ($p = 0.04$) and Biodiversity ($p = 0.04$), as well as between Health and human safety and Animal health ($p = 0.05$) and Biodiversity ($p = 0.05$).

3.2. Comparisons of indicator means and priority groups

Child labor (CLb) and land cover and use change (LCC) indicators presented similar averages (Figure 5), and together with the key species abundance and diversity (KSD) indicator, were assigned the lowest priority. The averages of these indicators were lower than those of water management (WMa), safety and health training (SHT), and net revenue (NRe).

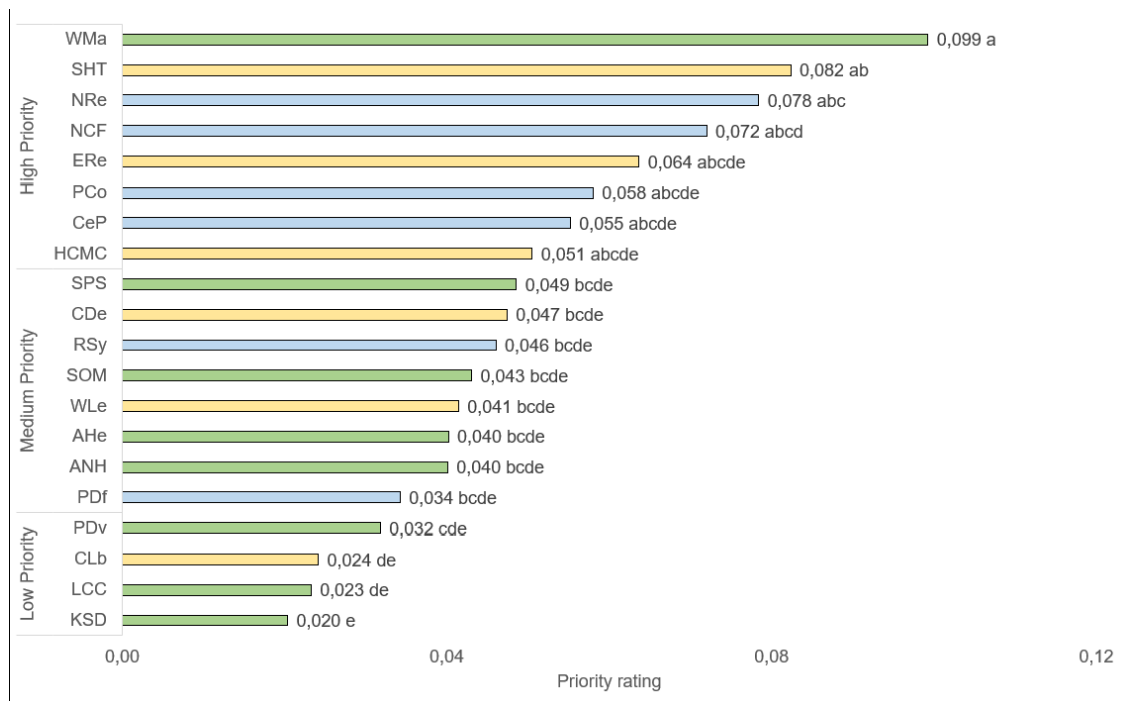


Figure 5. Comparison of means by T test, and priority groups of indicators. Mean with distinct lowercase letters differ with significance level $p < 0.05$. *Net revenue (Nre); Production costs (PCo); Product diversification (PDf); Net cash flow (NCF); Rastreability system (RSy); Certificated production (CeP); Water management (WMa); Soil physics structure (SPS); Soli organic matter (SOM); Land cover and use changes (LCC); Key species abundance and diversity (KSD); Production diversity (PDv); Animal health (AHe); Appropriated animal husbandry (ANH); Wage level (WLe); Capacity development (CDe); Employment relationship (Ere); Child labor (CLb); Safety and health trainings (SHT); Health coverage and access to medical care (HCMC).*

The net cash flow (NCF) indicator also differed from the KSD indicator. Additionally, WMa had a higher average than soil physics structure (SPS), whereas the rest of the indicators had lower averages. Thus, all indicators were grouped into high-, medium-, and low-priority indicators. High-priority indicators were those closer to the WMa indicator, while medium-priority indicators were close to SHT, NRe, and NCF but further from WMa, and low-priority were those that differed from these two groups.

3.3. Indicators of Principal Components Analysis (PCA)

From the PCA, no differences were observed ($p = 0.11$) in the opinions of experts based on their regions and the indicators. Overlapping areas (Figure 6) indicated similar opinions among the regions of the BPB.

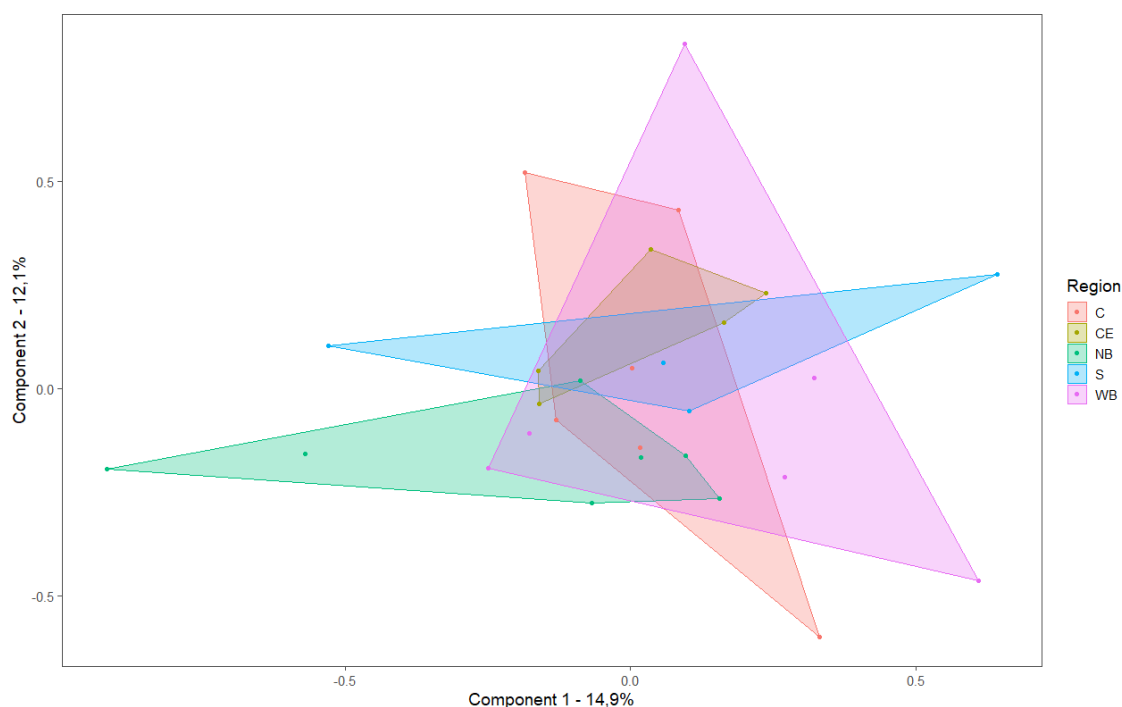


Figure 6. Principal component analysis (PCA) of expert perceptions about sustainability indicators in different regions of the Brazilian Pampa biome. *Western border (WB); Northwestern border (NW); Campanha (C); Central (Ce); South (S).*

Capacity development (CDe), SHT, product diversification (PDf), and NRe were the main indicators that explained the variations in data in axis 1 of the PCA. This axis explained 14.9 % of the data variation (Table 5).

Table 5. Weight of indicator and axes correlations in principal component analysis (PCA).

Indicators	Axis 1	Axis 2
Water management	0,093	0,752
Soil physic structure	-0,123	0,405
Soli organic matter	0,439	0,314
Land cover and use changes	0,147	0,430
Key species abundance and diversity	0,439	0,313
Production diversity	0,325	0,205
Animal health	0,274	0,097
Appropriate animal husbandry	0,307	0,047
Net revenue	-0,748	-0,092
Production costs	-0,359	0,052
Product diversification	-0,626	0,061
Net cash flow	-0,437	-0,085
Traceability system	-0,142	-0,411
Certificated production	0,022	-0,056
Wage level	-0,111	-0,407
Capacity development	0,633	-0,323
Employment relationship	0,060	-0,503
Child labor	0,377	-0,591
Safety and health trainings	0,557	-0,258
Health coverage and access to medical care	0,054	-0,327

The axis 2 (Table 5), explained 12.1 % of variations in data, and WMa, LCC, ERe, and CLb were the main indicators that explained this variation.

4. Discussion

Several studies utilized SAFA guidelines (Kassem et al., 2017; Pérez-Lombardini et al., 2021). This base was independently developed by the United Nations and was advantageous due to its flexibility and credibility (Bonisoli et al., 2019). Establishing a sustainability index (collection of indicators) is based on the selection of indicators that can make assumptions closest to reality. Localizing the amplitude of analysis makes it more connected (Gasso et al., 2014) with the traits and needs of the region. In this case, the expert's perceptions through AHP enabled the construction of an index with a greater sensitivity towards local reality.

Marchand et al. (2014) defined the full sustainability assessment (FSA) and rapid sustainability assessment (RSA) tools. The proposed index falls within the RSA. In such cases, it was reported that this type of tool allows the lessons to be simpler and with readily available information. In addition, RSA allows a larger number of farm systems to be evaluated, encouraging farmers to adopt sustainable principles and practices (Marchand et al., 2014). Hence, by identifying specific problems and concerns by farmers, they would be encouraged to adopt evaluations with FSA (Marchand et al., 2014). Thus, using the index allows for a more objective and simplified analysis. This objectivity acts both as a limitation in using the tool, and as a more agile and cost-effective way to carry out farming. The use of the proposed index allows the assessment of a broad group of farm systems, giving way to a regional diagnosis, in addition to promoting the adoption of sustainable practices and principles.

4.2. Themes

The investment theme denotes the prioritization of financial management of farm systems by the experts and involves the NRe and production cost (Pco) indicators and, therefore, the profitability of production systems. Irisarri et al. (2019) identified price fluctuation as the main factor for variation of net income in pasture cattle production systems in the USA. Dos Reis et al. (2020) demonstrated that the use of integrated crop and livestock systems increased the profitability of typical production systems in the state of Mato Grosso, central western Brazil, in relation to specialized systems. Therefore, income generation is also based on the diversification of production.

In this sense, the production costs in beef cattle production systems are complex to be obtained, because of its diversity, and in some cases it's not even used in Brazilian cattle operations (Wedekin et al, 2017). In beef cattle the main components of operational costs in breeder systems are feeding, soil pH correctives and fertilizers, and reproduction, while those in feeder systems are purchasing animals for replacement, correctives and fertilizers, and nutrition (ABIEC, 2020).

The theme vulnerability highlights product diversification and cash flows. Wedekin et al. (2017) defined the volatility of commodity prices using the intensity and frequency of price fluctuations, which is an inherent feature of commodities. Therefore, the higher the volatility of commodities, the greater the risk for economic agents involved (Wedekin et al., 2017), exposing them to vulnerabilities. Bell et al. (2021) modeled the adoption risk of different proportions of crops and livestock in Australian production systems, with varying prices of commodities, climate, and production. They identified that systems that performed two activities, even if they were not integrated, presented lower economic risks than models of specialized production systems.

In human health and safety theme, experts prioritize the inherent risks of agricultural activities. Owing to the distances between the workplace and health care centers, it is difficult to establish the full health conditions, from access to medical care to the ability to prevent diseases and accidents. Medeiros (2018) identified the main occupational risks and diseases experienced by the workers in Brazilian agriculture. Employment relations in Brazil are governed by law (CLT, Law No. 5,452, of May 1, 1943), which provides a base for workers' rights and obligations of the employers, with rural activity-specific rules (Law No. 5,889, of June 8, 1973).

The priority of the water theme can be explained by the presence of irrigated crops in the BPB and the occurrence of La Niña and El Niño phenomena (Dijkstra, 2006). La Niña has the greatest damage potential, as it is associated with below-average rainfall, causing very intense periods of drought that decrease agricultural production (Fontana et al., 2018; Pereira et al., 2018). Another important issue is the correct use of soil and the pasture management. Establishing the correct sward height and grazing intensity improves soil-related attributes (Carvalho et al., 2010). Soil and animal management is fundamental for reducing environmental impacts, obtaining better financial results, and ensuring jobs and livelihoods for people, thus promoting sustainability (Chimeneau, 2016).

The biodiversity theme evaluates the changes that occurred in the BPB owing to the substitution of natural grasslands by farmlands, which may cause biodiversity losses due to continued degradation of native environments by the presence of weeds such as Anonni grass (*Eragrostis plana*) (Medeiros et al., 2007; Medeiros et al., 2014) and buva (*Coniza bonariensis*) (Vargas et al., 2007). In the other hand, natural grasslands can be a source of ecosystem services (Pillar et al., 2015). In 2021, the Brazilian government approved a law (Law No. 14,119, of January 13, 2021) that defines and regulates the payment of environmental services, which can be considered as a stimulus for the conservation of these environments.

Identifying whether animal management is consistent with the recommended protocols of animal welfare (OIE, 2020) is a topic of concern for the Brazilian society (Queiroz et al., 2019) and sustainability (Chimeneau, 2016). The major disease in beef cattle in the BPB is the tick and cattle tick fever, caused by *Babesia bovis*, *Babesia bigemia*, and *Anaplasma marginales* and transmitted by ticks (*Boophilus sp.*) (Andreotti et al., 2016). The potential annual productivity loss, due to the ticks, for Brazilian beef cattle was found to be approximately US\$ 2.3

billion (Grisi et al., 2014). Embrapa (2020) established that animal welfare is an important factor for the viability of beef cattle production.

4.3. Indicators

We can associate the similarities in the perceptions demonstrated in PCA by the regional characteristics such as the size of establishments (Table 1), the importance of beef cattle due to effective herds (Table 2), and participation of natural grasslands (Table 3), along with increase in the number of temporary crops of these regions (Table 3). These were the common characteristics in all the regions of the analysis. The comparison of the global priority averages showed differences between the indicators ($p < 0.05$). Thus, three priority groups of indicators were separated: high, medium, and low.

4.3.1. High-priority indicators

Among the high-priority indicators, Wma practices that optimize the production systems are maintenance of irrigation systems and supply of water for crops and livestock. In the experts' perception, WMa has a high priority, as drought events are common, and the irrigation of crops is an important economic activity.

The Ere, SHT, and HcMc indicators, and indicators of the social dimension, are actively involved in labor legislation in Brazil which may point to reasons for the high priority of these indicators. This legislation entails many obligations to employers to maintain their employees' well-being at farm facilities, such as the use of individual protection equipment, that is mandatory.

Most of the indicators of the economic dimension were of high priority. The Nre, NCf, and Pco indicators measure the viability of the activity, the ability to manage resources in daily life, and the efficiency of use of resources. The prioritization of these indicators by experts may be associated with low-income generation and the necessity to increase revenues in beef production systems. Therefore, increasing productivity is imperative to achieve sustainability. The implementation and improvement of management is a central theme in livestock production in Brazil (Embrapa, 2020).

4.3.2. Medium-priority indicators

In the perception of experts, most indicators of the ENV dimension were grouped under medium priority. The SPS and soil organic matter (SOM) indicators denote soil management. This assignment is owing to the wide presence of natural grasslands, despite its decrease in the face of the advancement of soybean cultivation. The animal health (Ahe) and appropriate animal husbandry (ANH) indicators are related to animal health and welfare. This rating is associated with the type of animal breeding that is widely made in grasslands.

In the experts' perceptions, RSy brings few benefits to system income and increases costs with employees and traceability materials. The disinterest of farmers in traceability is one of the major challenges for livestock production (Embrapa, 2020). Alternatively, diversification of products allows farmers to escape seasonality of production and enables marketing of different products at the most favorable time for each of them. Although PDf can bring resilience to production systems, soil and climate traits limit this diversification.

The capacity development (Cde) and wage level (Wle) indicators denote the improvement of the skills and financial conditions of the people involved in the production. Wage level seems to affect productivity (Policardo et al., 2019), such as training (Konings & Vanormelingen, 2015). Embrapa (2020) lists qualification and retention of professionals among the megatrends for 2040 livestock production, which will be one of the great challenges to be overcome by the activity.

4.3.3. Low-priority Indicators

According to experts, CLb is a low-priority indicator, which may be associated with the care that specialists perceive in production systems, by not using child labor in any way. There is specific legislation dealing with this issue (Law No. 8,069 on July 13, 1990). In its 4th chapter, the legislation describes the conditions in which children and teenagers can work. Children up to 14 years of age are prohibited from working. Thus, the experts perceive that child labor is an issue that is under control but cannot be generalized.

Additionally, production diversity (Pdv), LCC, and KSD indicators were assigned low priority by experts with respect to other environmental indicators. Pdv points to the cultivation and rearing of alternate plant and animal species, respectively. In this way, options for crop rotation and breeding of other animal species are expanded. The reasons for considering these indicators of low priority are the sociocultural formation of the region (BPB) and restrictions of agricultural activities, mainly by soils and climate limitations, denoting very consolidated production systems.

4.4. Implications

Expanding the adoption of management tools must be a priority among agents within the farm-gate (Figure 7), while the development of simple-use instruments and capacitation of these agents are challenges for agents outside the gate (Figure 8). Economic viability is fundamental for the effective participation of agricultural production systems in improving people's well-being, as well as conserving the environment by following sustainable practices, and avoiding immediate productive responses that often degrade the environment.

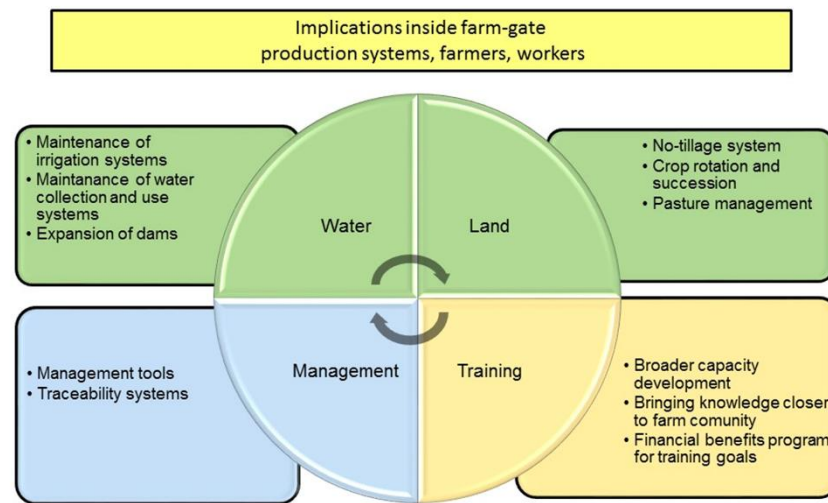


Figure 7. Implications inside gates that can contribute to improve sustainability in agricultural production in BPB.

Water is a limiting factor for production. Expanding investments in artificial reservoirs allows for the regularization of their flow in the environment. There are legislations and protocols to comply with the construction of dams and hydraulic barriers. Speeding up these processes, without losing technical and legal criteria, would help to expand measures for water reserves. Adopting efficient irrigation systems is an important measure for increasing the sustainability of agricultural production systems, which helps in maintaining crop productivity with less water. Compared to flood irrigation systems, sprinkler irrigation systems can reduce water use by up to 50 %. Developing new technologies to use water efficiently and reduce losses can aid in sustainability. Combining correct soil management with this allows water to maintain its recharge flow from watercourses and underground reservoirs, reducing losses and increasing the resilience of the systems.

Promoting training of people involved in agricultural production must be a priority for all segments related to it, as it can make all supply chain links more efficient. Creating labor qualification programs that promote a significant change must not be limited to technological issues. It should also involve people to improve their knowledge and abilities to ensure better living conditions and social ascension, reflecting better prospects for new generations.

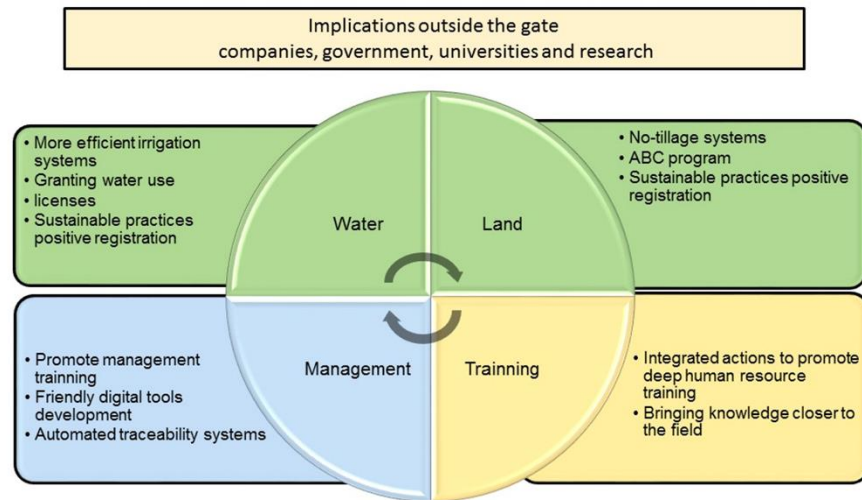


Figure 8. Implications outside gates that can contribute to improve sustainability in agricultural production in BPB.

Identifying production systems with good production practices and replicating these examples, either by certification or recognition through awards, may not be enough to expand sustainable practices and processes. Creating positive registrations with the granting of tax benefits for sustainable production systems can bring effective results.

5. Conclusions

The methodology used was able to produce a sustainability index (iSus) for the BPB within a variety of proposed themes. Simplification of the index acts as a limitation to this method. However, this simplification was chosen because of other advantages, such as the agility of analyses and low cost. Additionally, tools for rapid analysis promote farmers' incentives to adopt sustainable practices, with deeper and more complete sustainability analysis for their farm systems.

The experts' perceptions contributed to building an index with regional priorities, which allowed sustainability assessments to adhere to the analyzed reality. Investment (ECO), safety and health training (SOC), and water and land (ENV), were the high-priority themes in the perception of experts. Thus, the profitability of production systems, mainly in relation to income generation, training of workers to prevent work accidents and diseases by the application of prevention protocols, soil management by the conservation of its physical structure with the adoption of practices that avoid soil compaction and erosion, and efficient water management with the maintenance of irrigation systems and water collection, are points that emerged from the perceptions of specialists. The use of this index will allow sustainability to be measured in the BPB, and the studied factors will be very important in these assessments.

Establishing public policies and practices that promote the sustainability of agricultural production, either by expanding programs to finance sustainable practices, or by creating tax benefit projects for farmers who apply sustainable practices, should be premised on the assessment of these production systems, and this study contributes to this sense, by proposing a sustainability index objective and applicable to the BPB.

Funding

This work was supported by the Brazilian agencies CNPq (National Council for Scientific and Technological Development/Project number 870578 /1997-9), and CAPES (Coordination of Superior Level Staff Improvement).

References

- ABIEC - Associação Brasileira das indústrias exportadoras de carne. Beef Report – Perfil da pecuária do Brasil.2020. Associação Brasileira das indústrias exportadoras de carne. Available at: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/> (Accessed in Dec.2020)
- Adegbeye, M.J., Reddy, P. R. K., Obaisi, A.I., Elghandour, M.M.M.Y. et al. 2020. Sustainable agriculture options for production, greenhouse gasses and pollution alleviation, and nutrient recycling in emerging and transitional nations - An overview. *J. Cleaner. Prod.* 242, 118319. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118319>.
- Andreatta, T. Bovinocultura de corte no Rio Grande do Sul: um estudo a partir do perfil dos pecuaristas e organização dos estabelecimentos agrícolas. 2009. Doctoral Thesis. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pos-Graduação em Desenvolvimento Rural, Porto Alegre, 2009.
- Andreotti, R., Garcia, M.V., Reis, F.A. et al. 2016. Proposta de controle de carrapatos para o Brasil Central em sistemas de produção de bovinos associados ao manejo nutricional no campo, Documentos 214. Embrapa Brasília, DF. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Gado de Corte. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento ISSN 1983-974X. Available at: <http://www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/doc/DOC214.pdf> (Accessed in: January, 2021)
- Australian Sustainability Beef Framework. 2020. Australian Sustainability Beef Framework Annual Report, Available at: <https://www.sustainableaustralianbeef.com.au/> (Accessed in: October, 2020)
- Barcellos, J.O.J., Suñe, Y.B.P., Semmelmann, C.E.N. et al. 2004. A bovinocultura de corte frente a agriculturização no sul do Brasil. In: *Ciclo De Atualização Em Medicina Veterinária.* 11,13-30.
- Bajwa, G.; Choo, E. U.; Wedley, W. C. Effectiveness analysis of deriving priority vectors from reciprocal pairwise comparison matrices. *Asia-Pac. J. Oper. Res.* 25, 279–299. <https://doi.org/10.1142/S0217595908001754>
- Bell, L.W., Moore, A.D., Thomas, D.T. 2021 Diversified crop-livestock farms are risk-efficient in the face of price and production variability. *Agric. Syst.*189,103050. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103050>.
- Boldrini, I. I.; Overbeck, G. E.; Trevisan, R. 2015 Biodiversidade de Plantas. In: Pillar, V. P. E Lange, O. (Ed.). *Os Campos do Sul.* Porto Alegre: Rede Campos Sulinos - UFRGS, pp. 51-60. Available at: <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br/arquivos/Livros/CamposSulinos.pdf>
- Bonisolí, L.; Galdeano-Gómez, E.; Piedra-Muñoz, L.; Pérez-Mesa, J.C. 2019. Benchmarking agri-food sustainability certifications: Evidences from applying SAFA in the Ecuadorian banana agri-system. *J. Clean. Prod.* 236, 117579. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.07.054>.
- BRASIL – Consolidação das Leis trabalhistas (CLT). 1943. Available at: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-5452-1-maio-1943-415500-publicacaooriginal-1-pe.html> (Accessed in November, 2020)
- BRASIL – Lei do trabalho rura.1973. <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1970-1979/lei-5889-8-junho-1973-357971-publicacaooriginal-1-pl.html>. (Accessed in November, 2020)

BRASIL – Política nacional de pagamento por serviços ambientais. 2021. <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1970-1979/lei-5889-8-junho-1973-357971-publicacaooriginal-1-pl.html>. (Accessed in February 2021)

BRASIL- Estatuto da criança e do adolescente.1990. <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1990/lei-8069-13-julho-1990-372211-publicacaooriginal-1-pl.html> (Accessed in: November, 2020)

Brum Neto, H., Bezzi, M.L. 2008. Regiões culturais: a construção de identidades culturais no Rio Grande do Sul e sua manifestação na paisagem gaúcha. *Soc.nat.* 20,135-155. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-45132008000200009>

Calicioglu, O., Flammini, A., Bracco, S., Bellù, L., Sims, R. 2019.The Future Challenges of Food and Agriculture: An Integrated Analysis of Trends and Solutions. *Sustainability.* 11. <https://doi.org/10.3390/su11010222>

Carvalho, P. C. F. et al. 2019. Nativão - mais de 30 anos em pesquisas em campo nativo. Ed. Via Pampa. Porto Alegre - RS. Available at: <http://www.ufrgs.br/gpep/documents/livros> (Accessed in: January ,2021)

Carvalho, P.C.F. et al. 2018. Animal production and soil characteristics from integrated crop-livestock systems: toward sustainable intensification. *J. Anim. Sci.* 96, 3513–3525. <https://doi.org/10.1093/jas/sky085>

Carvalho, P.C.F., Anghinoni, I., de Moraes, A. et al. 2010. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems *Nutr Cycl Agroecosyst.* 88:259–273. <https://doi.org/10.1007/s10705-010-9360-x>

Chemineau, P. 2016. Invited review: Importance of animal health and welfare for the stability of the three pillars of sustainability of livestock systems. *Advances in Animal Biosciences,* 7,208–214. <https://doi.org/10.1017/S2040470016000145>

Da Silva, L.A., Hernandez, C.T., Brandalise, C.2019.Avaliação De Criticidade De Peças Sobressalentes Utilizando O Método Analytic Hierarchy Process Com Ratings. *Sistemas & Gestão.*14, 166-176. <http://dx.doi.org/10.20985/1980-5160.2019.v14n2.1500>

Dijkstra, H. A. 2006. The ENSO phenomenon: theory and mechanisms. *Adv. Geosci.,* 6, 3–15, <https://10.5194/adgeo-6-3-2006>

Dos Reis, J., Kamoi, M., Latorraca, D., Chen, R., Michetti, M., Wruck, F., . . . Rodrigues-Filho, S. 2020. Assessing the economic viability of integrated crop–livestock systems in Mato Grosso, Brazil. *Renew. Agric Food Syst.* 35, 631-642. <https://doi.org/10.1017/S1742170519000280>

Embrapa. 2020. O future da cadeia produtiva da carne bovina brasileira: uma visão para 2040. Embrapa gado de corte. pp. 136. Available at: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1125194> (Accessed in: November, 2020)

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems SAFA. Guidelines. Version 3.0; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 2014. Available at: <http://www.fao.org/3/i3957e/i3957e.pdf> (Accessed in: January, 2020)

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems SAFA. Indicators. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 2013. Available at: http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability_pathways/docs/SAFA_Indicators_final_19122013.pdf (Accessed in: January, 2020)

Fontana, D. C, Junges, A. H., Bremm, C. et al. 2018. NDVI and meteorological data as indicators of the Pampa biome natural grasslands growth. *Bragantia.* 77, 404-414. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.2017222>

Freitas, D. S., Oliveira, T. E., Oliveira, J. M. 2019.Sustainability in the Brazilian pampa biome: A composite index to integrate beef production, social equity, and ecosystem conservation. *Ecol. Indic.*98, 317–326. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.10.012>

Gasso, V., Oudshoorn, F. W., Olde, E., Sørensen, C. A. G. 2014. Generic sustainability assessment themes and the role of context: The case of Danish maize for German biogas. *Ecol. Indic.* 49, 143–153. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.10.008>

- Garnett, T., Appleby, M. C., Balmford, A., Bateman, I. J., Benton, T. G., Bloomer, P., et al. 2013. Sustainable intensification in agriculture: premises and policies. *Science*. 341, 33–34. <http://10.1126/science.1234485>
- Gibon, A.; Sibbald, A. R., Thomas, C. 1999. Improved sustainability in livestock systems, a challenge for animal production *Science. Livest.Prod. Sci.* 61,107–110
- Godfray, H. C. J. 2015. The debate over sustainable intensification. *Food Secur.* 2,199-208. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12571-015-0424-2>
- Grisi, L., Leite, R. C.; Martins, J. R. S. M.; et al. 2014. Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. *J. Vet. Parasitol.* 23,150-156. <http://10.1590/S1984-29612014042>
- Heitshmidt, R. K.; Short, R. E.; Grings, E.E. 1996. Ecosystems, Sustainability, and Animal Agriculture. *J. Anim. Sci.* 74,1395–1405. <https://doi.org/10.2527/1996.7461395x>
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2006. Censo Agropecuário 2006. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Rio de Janeiro. Available at: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/> (Accessed in November, 2020)
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. Censo Agropecuário 2017. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Rio de Janeiro. Available at: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/> (Accessed in November, 2020)
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004. Lista de municípios dos biomas. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/estudos-ambientais/15842-biomas.html> (Accessed in November, 2020)
- Irisarri, J. G., Derner, J. D., Ritten, J. P., Peck, D. E. 2019. Beef production and net revenue variability from grazing systems on semiarid grasslands of North America, *Livestock Sci.* 220, 93-99. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.12.009>
- Kassem, E.; Trenz, O.; Hřebiček, J., Faldik, O. 2017. Sustainability Assessment and Reporting in Agriculture Sector. *Acta Univ. Agric. et Silv. Mendelianae Brun.* 65,1359-1369. <https://10.11118/actaun201765041359>
- Konings, J., & Vanormelingen, S. 2015. The impact of training on productivity and wages: firm-level evidence. *The Review of Economics and Statistics*, 97(2), 485-497. <http://www.jstor.org/stable/43556188>
- Kroenke, A., Hein, N. Avaliação De Empresas Por Meio De Indicadores De Atividade: Uma aplicação Do Método AHP. 2011. *REGE - Revista de Gestão*. 18, 605-620. <https://doi.org/10.5700/rege444>.
- Lampert, V. do N. et al. 2020. Modelling beef cattle production systems from the Pampas in Brazil to assess intensification options.. *Sci. Agric. [online]*. 77. <https://10.1590/1678-992X-2018-0263>
- MapBiomas. 2021. Brazilian land cover and use maps. (Accessed in: January 2021). <https://mapbiomas.org/>
- Marchand, F., L. Debruyne, L. Triste, C. Gerrard, S. Padel, and L. Lauwers. 2014. Key characteristics for tool choice in indicator- based sustainability assessment at farm level. *Ecol. Soc.* 19(3): 46. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06876-190346>
- Marques, P. R., Barcellos, J. O. J., McManus, C., Oaigen, R. P., Collares, F. C., Canozzi, M. E. A., Lampert, V. N. 2011. Competitiveness of beef farming in Rio Grande do Sul State, Brazil. *Agric. Syst.* 104, 689-693. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.08.002>
- Medeiros, R. B.; Focht, T. 2007. Invasão, Prevenção, Controle E Utilização Do Capim-Annoni-2 (*Eragrostis Plana* Nees) No Rio Grande Do Sul. *Pesq. Agropec. Gaúcha*. 13,105-114. Available at: <http://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/259>
- Medeiros, R. B., Focht, T., Menegon, L. L., Freitas, M. R. 2014. Seed longevity of *Eragrostis Plana* nees buried in natural grassland soil. *R. Bras. Zootec.* 43, 561-567. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014001100001>
- Medeiros, F. E. Riscos ocupacionais na agricultura brasileira. 2018. Master's Thesis. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroindustrial.

Oliveira, T. E., Freitas, D. S. de Gianezini, M., Ruviaro, C.F., Zago, D., Mércio, T.Z., Dias, E.A., Lampert, V.do N., Barcellos, J.O.J.2017. Agricultural land use change in the Brazilian Pampa Biome: The reduction of natural grasslands. *Land Use Policy*. 63,394-400. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.02.010>

Oltjen, J. W.; Beckett, J. L. 1996. Role of ruminant livestock in sustainable agricultural systems. *J.Anim Sci*. 74,1406-1409. <https://doi.org/10.2527/1996.7461406x>

OIE. World organization for animal health. 2021. Available at: <https://www.oie.int/> (Accessed in December, 2020)

Pereira, P.R.R.X., Hasenack, H., Pereira, G.R., Dewes, H., Canellas, L.C., Oliveira, T.E., Barcellos, J.O.J. 2018. Climate change and beef supply chain in Southern Brazil. *J. Agric. Sci*. 156, 731-738. <https://doi.org/10.1017/S0021859618000667>

Pérez-Lombardini, F., Mancera, K.F., Suzán, G., Campo, J., Solorio, J., Galindo, F. 2021. Assessing Sustainability in Cattle Silvopastoral Systems in the Mexican Tropics Using the SAFA Framework. *Animals*. 1, 109. <https://doi.org/10.3390/ani11010109>

Pillar, V. De. P.; Andrade, B.O; Dadalt, L. 2015. Serviços ecossistêmicos. In: Pillar, V. De P., Lange, O. Eds. *Os Campos do Sul*. Editora da UFRGS, Porto Alegre: Rede Campos Sulinos, Porto Alegre, 192p. Available at: <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br/arquivos/Livros/CamposSulinos.pdf>

Policardo, L., Punzo, L.F. & Carrera, E.J.S. 2019. On the wage–productivity causal relationship. *Empir Econ* 57, 329–343. <https://doi.org/10.1007/s00181-018-1428-5>

Queiroz, R.G, Domingues, C.H.F., Canozzi, M. E. A, Garcia, R.G., Ruviaro, C.F., Barcellos, J.O.J., et al. 2018. How do Brazilian citizens perceive animal welfare conditions in poultry, beef, and dairy supply chains? *PLoS ONE* 13(12): e0202062. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202062>

Ribeiro, M.C.C., Alves, A.S. Aplicação do método Analytic Hierarchy Process (AHP) com a mensuração absoluta num problema de seleção qualitativa. 2016. *Sistemas & Gestão*. 11, 270-281. <https://doi.org/10.20985/1980-5160.2016.v11n3.988>

Reback, J., McKinney, W., jbrockmendel, Van den Bossche,J., Augspurger,T., , Cloud, P.,Mehyar. M. 2020. *pandas-dev/pandas: Pandas 1.0.3 (Version v1.0.3)*. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3715232>

Reis, J.C.L., Saibro, J.C. 2004 Integração do arroz com pastagens cultivadas e pecuária. In: Gomes, A.S., Magalhães, A.M. Jr .(eds) *Arroz Irrigado no Sul do Brasil*. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, pp 831–859.

Ruviaro, C. F., Léis, C.M., Lampert, V.N, Barcellos, J.O.J, Dewes, H. 2015. Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: a case study. *J. Clean Prod*. 96,435-443. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.037>

Ruviaro, C.F., Costa, J.S. Thiago José Florindo, J., Rodrigues, W., Medeiros, G.I.B. Vasconcelos, P.S. 2016. Economic and environmental feasibility of beef production in different feed management systems in the Pampa Biome, southern Brazil. *Ecol. Indic*. 60. 930–939. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.042>

Saaty.T.L. 1990. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *Eur. J. Oper. Res*. 48, 9-26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-l](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-l)

<http://10.0.4.49/pnas.1208065110> Streck, E. V. et al. 2008. *Solos do Rio Grande do Sul*. Ed. UFRGS, Porto Alegre.

van der Linden, A., de Olde, E.M., Mostert, P.F., de Boer, I.J.M. 2020. A review of European models to assess the sustainability performance of livestock production systems. *Agric. Syst*. 182, 102842. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2020.102842>

Vasconcelos, K., Farinha, M., Bernardo, L., Lampert, V.N., Gianezini, M., Costa, J.S.; Adelsom Soares Filho, A., Genro, T.C.M., Ruviaro, C.F.2018.Livestock-derived greenhouse gas emissions in a diversified grazing system in the endangered Pampa biome, Southern Brazil. *Land Use Policy*. 75, 442–448. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.03.056>

Vargas, R. V.; IPMA-B, P. M. P. 2010. Using the analytic hierarchy process (AHP) to select and prioritize projects in a portfolio. In: *PMI global congress*. v.32, n. 3, pp. 1-22. Available at: http://iwave.ru/files/2272/ricardo_vargas_ahp_project_selection_en.pdf

Vargas, L. et al. 2007. Buva (*Conyza bonariensis*) resistente ao glyphosate na região sul do Brasil. *Planta Daninha* [online].v. 25, n. 3, pp. 573-578. Available at: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000300017>

Wedekin, I. *Economia da pecuária de corte*. São Paulo: Wedekin Consultores, 2017. 180p.

CAPÍTULO III

Sustainability parameters assessment of the Brazilian's Pampa biome beef cattle production systems⁴

Luiz Antonio Vieira Queiroz Filho^a, Claus Köbrich Gruebler^b, Júlio Otávio Jardim Barcellos^{a*}

^aDepartment of Animal Science, NESPro, Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), Bento Gonçalves Avenue 7712, Porto Alegre, RS 91540-000, Brazil.

^bDepartment of Livestock Production, Faculty of Veterinary and Animal Sciences, University of Chile, Santa Rosa Avenue 11.735, La Pintana, Santiago, Chile.

*Corresponding author: julio.barcellos@ufrgs.br (J.O.J. Barcellos), Telephone number :+55 (51)

3308 3602

⁴ Normas para elaboração de trabalhos para a submissão na revista Journal of Cleaner Production
(<https://www.elsevier.com/journals/journal-of-cleaner-production/0959-6526/guide-for-authors>)

Abstract

A produção de bovinos de corte vem sendo questionada em relação aos impactos ambientais gerados pela atividade, especialmente em relação à emissão de GEE. Embora os possíveis impactos, a bovinocultura contribui entre tantos aspectos para a segurança alimentar e nutricional da humanidade, além de garantir a subsistência de comunidades rurais em países em desenvolvimento. O bioma Pampa brasileiro, localizado na região Sul do Brasil, tem como característica a produção de bovinos de corte à pasto, notadamente nos campos nativos deste bioma. Nas últimas décadas a mudança de uso da terra, criada pelo avanço do cultivo da soja e a diminuição da área de campo nativo, geraram mudanças na matriz produtiva neste bioma. O objetivo deste estudo foi avaliar parâmetros de sustentabilidade dentro deste contexto de mudança. Foi utilizado índice de sustentabilidade desenvolvido pelos autores, onde foram geradas prioridades entre indicadores a partir da percepção de especialistas. O estudo avaliou 96 sistemas de produção em relação a diferentes indicadores de sustentabilidade. A partir de análise de cluster foi possível estabelecer dois grupos com níveis distintos de sustentabilidade: alto e baixo. Foi realizada análise de regressão e os indicadores que mais afetaram seu modelo foram: manejo da água (Wma), treinamentos em saúde e segurança (SHT) e produção certificada (CeP). Em relação a performance de avaliação dos indicadores se destacaram pela baixa performance os indicadores matéria orgânica dos solos (SOM), produção diversificada (Pdf) e desenvolvimento de capacidades (Cde). A análise de variância demonstrou que fatores como a extensão dos sistemas de produção, participação da agricultura e do campo nativo nos sistemas de produção interagiram com o índice de sustentabilidade. Desta análise foi possível determinar que sistemas de produção com até 750 hectares tem pouca agricultura e utilizam essencialmente o campo nativo. Esses sistemas, em sua maioria, estão no grupo de baixa sustentabilidade. Embora os campos nativos sejam fundamentais para conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, sistemas de produção que utilizam este recurso de forma prioritária, necessitam de apoio para a manutenção da atividade, em função da baixa produtividade e desempenho econômico que apresentam, sob pena destes sistemas serem convertidos em novas áreas de cultivo agrícola. A diversificação da produção pelos preceitos dos Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) permitirá a intensificação da produção, criando condições para a conservação do campo nativo (CN), ampliando a renda da atividade, tornando os sistemas de produção de bovinos de corte mais sustentáveis.

Keywords: Ecosystem preservation; grassbased food production; Livestock; Pampa biome; Sustainability; Sustainable intensification.

1. Introduction

A produção de bovinos de corte vem sendo questionada em relação aos impactos ambientais gerados pela atividade, especialmente em relação à emissão de GEE. É estimado que a bovinocultura de corte represente em torno de 41% do total de emissões dos GEE do setor pecuária (Gerber et al., 2013). Embora existam estudos que propõem novas metodologias de aferição para a contribuição e balanço de carbono nas emissões de GEE (Allen et al. 2018), fatores como a segurança alimentar, nutrição humana, exploração de recursos não-utilizáveis por humanos (Mottet et al., 2017; Adegbola et al. 2020), e relacionados a meios de subsistência de populações rurais (Godde et al., 2020), tornam a produção de bovinos de corte relevante em âmbito global (Herrero, 2009). Portanto, avaliar a bovinocultura de corte, além de seus eventuais impactos ambientais, permite melhor entendimento da atividade de forma integral.

Neste sentido, o bioma Pampa brasileiro (BPB), na região sul do Brasil, tem como atividade agropecuária característica a produção de bovinos de corte. Esta atividade seja ela analisada do ponto de vista econômico seja do ponto de vista cultural, encontra nesta região ambiente que reúne recursos naturais e vocação de trabalho que tornam a exploração desta atividade de alta relevância para sua sociedade. A bovinocultura de corte, nesta região, é marcada pela produção a pasto e pela utilização de campo nativo, recurso de grande biodiversidade (Boldrini, Overbeck & Trevisan, 2015).

Nas últimas décadas mudanças estruturais ocorreram no ambiente rural. O incremento nas áreas de lavoura, notadamente de soja, com a diminuição das áreas de campo nativo, determina uma nova realidade a ser analisada. No período de 2000-2019 o cultivo de soja ampliou sua área em aproximadamente 63%, um aumento em torno de 2,5 Mha, já os campos nativos diminuíram suas áreas em 38%, cerca de 2,3 Mha (MapBioma, 2021). Portanto, avaliar os sistemas de produção, frente a mudança no uso da terra (Oliveira et al., 2017) e a outros aspectos relevantes da atividade, como as questões econômicas e sociais, se fazem necessários (Feix, Leusin Jr. & Borges, 2021). Assim, a avaliação da sustentabilidade passa a ser ferramenta para entender esta nova realidade.

Foi utilizado um índice de sustentabilidade proposto por Queiroz Filho et al., 2022 (in preparation) para as avaliações. Este índice utilizou como base guia Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems (SAFA) guidelines (FAO, 2013; 2014), como fonte de indicadores e a análise hierárquica de processos (Saaty, 1990), para a ponderação regional dos pesos destes indicadores. Desta forma este estudo se caracteriza como avaliação de sustentabilidade rápida (Marchand et al., 2014). O estudo busca identificar parâmetros de sustentabilidade de forma mais objetiva, com baixo custo e ampliando o número de sistemas de produção avaliados. Estas iniciativas acabam por promover nos gestores dos sistemas de produção avaliados, interesse em ampliar essas avaliações, avançando na avaliação de sustentabilidade de forma mais profunda e detalhada (Marchand et al., 2014).

2. Methods

O estudo foi desenvolvido para avaliar sistemas de produção de bovinos de corte do bioma Pampa brasileiro (BPB). O índice proposto por Queiroz Filho et al. in preoaration foi utilizado para a avaliação de sustentabilidade. O índice apresenta indicadores de sustentabilidade (Figure 1) em três níveis de prioridade: alta, média e baixa. Os indicadores de baixa prioridade não foram utilizados neste estudo. Desta forma foi necessária a normalização dos pesos dos indicadores de alta e média sustentabilidade (Equação 1).

Indicator	Abbreviation	Isus Indicator Weight	Normalized Isus Indicator Weight
Water management	WMa	0,099	0,110
Safety and health trainings	SHT	0,082	0,091
Net revenue	NRe	0,078	0,087
Net cash flow	NCF	0,072	0,080
Employment relationship	ERe	0,064	0,071
Production costs	PCo	0,058	0,064
Certificated production	CeP	0,055	0,061
Health coverage and access to medical care	HCMC	0,051	0,056
Soil physic structure	SPS	0,049	0,054
Capacity development	CDe	0,047	0,053
Rastreability system	RSy	0,046	0,051
Soli organic matter	SOM	0,043	0,048
Wage level	WLe	0,041	0,046
Animal health	AHe	0,040	0,045
Appropriate animal husbandry	ANH	0,040	0,045
Product diversification	PDf	0,034	0,038
Land cover and use changes	LCC	0,023	-
Key species abundance and diversity	KSD	0,020	-
Production diversity	PDv	0,032	-
Child labor	CLb	0,024	-

Figure 1. Indicators priority level, sustainability index (ISus) indicators weight, normalized sustainability index (ISusN) indicators weight.

Índice de sustentabilidade normalizado:

$$WI_n = \frac{W_{is}}{\sum W_{is}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde,

W_{in} = normalized Indicator weight

Wis = *Isus selected indicators weight*

A partir da normalização dos indicadores foi calculado o índice de sustentabilidade para os diferentes sistemas de produção, pela avaliação da performance dos indicadores (Tabela 1).

Table 1. Indicators, indicators abbreviation, metric and description of indicators.

Indicator	Indicator abbreviation	Metric	Description
Water management	Wma	Score/Value-Range: from 1 to 5	Captures management practices: Cleaning and mantaince of channels and water reservoirs; Maintenance and correct dimensioning of irrigation and/or water distribution systems; Soil moisture monitoring; Maintenance of soil cover throughout the year; water collection system; varieties of plant species and animal breed adapted to the production environment
Soil physic structure	SPS	Score/Value-Range: from 1 to 5	Soil erosion and/or compression levels
Soli organic matter	SMO	Score/Value-Range: from 1 to 5	Soil organic matter based on soil analisys and interpretation
Animal health	Ahe	Score/Value-Range: from 1 to 5	Adoption of vaccination schedule and/or disease prevention action; mortality rates caused by diseases; Animal health expert attendance
Appropriate animal husbandry	ANH	Score/Value-Range: from 1 to 5	Animal welfare conditions: 5 freedoms
Net cash flow	NCf	Score/Value-Range: from 1 to 5	Positive/negative performance (last 5 years)
Net revenue	Nre	Score/Value-Range: from 1 to 5	Positive/negative performance (last 5 years)
Production costs	Pco	Score/Value-Range: from 1 to 5	Trained personnel to record and calculate production costs; Annual production costs; Annual by product production costs; Break-even;
Certificated production	CeP	Score/Value-Range: from 1 to 5	Uses and/or produces certified products
Product diversification	Pdf	Score/Value-Range: from 1 to 5	Quantity of marketable products; viability study to diversify production
Rastreability system	Rsy	Score/Value-Range: from 1 to 5	Identifies animals and/or production processes
Capacity development	Cde	Score/Value-Range: from 1 to 5	Employees training offered by the production system managers
Health coverage and access to medical care	HCMC	Score/Value-Range: from 1 to 5	Admission and/or dismissal medical exam; medical care transport availability
Safety and health trainings	SHT	Score/Value-Range: from 1 to 5	Agrochemical and/or pharma chemical handling training; accident prevention training
Wage level	Wle	Score/Value-Range: from 1 to 5	Average wage level
Employment relationship	Ere	Score/Value-Range: from 1 to 5	Employees hiring after probation period

A performance dos indicadores foi obtida a partir de questionário desenvolvido pelo Google Forms e enviado a produtores da região do BPB. O questionário foi organizado na forma de perguntas objetivas de maneira que não houvesse viés para as respostas. Foram incluídas perguntas que não tratavam diretamente da avaliação dos indicadores, mas que deram apoio ao estudo, permitindo que os respondentes não identificassem quais perguntas estavam relacionadas a avaliação. O critério de exclusão de questionários foram de que pelo menos 90% das respostas tivessem repostas válidas e a região, sendo incluídos na amostra de análise somente propriedades localizadas no bioma Pampa (IBGE,2004). Quando as perguntas não tiveram respostas válidas foram utilizadas as médias da avaliação dos indicadores para completar a avaliação.

2.1. Statistical analysis

Foi realizada análise descritiva dos dados com as médias, desvio padrão e, valores máximos e mínimos dos indicadores e do índice de sustentabilidade. Foi realizada análise de regressão dos indicadores para identificar a participação destes na formação do índice de sustentabilidade e análise de cluster para identificar grupos de sistemas de produção semelhantes. A normalidade dos dados foi obtida pelo teste de Shapiro-Wilk com significância de 5%. Foi realizada análise de variância (ANOVA) do índice de sustentabilidade com fontes de variação para região, faixa etária do gestor, sistema de produção, extensão da propriedade, participação da área de campo nativo e participação da atividade agrícola nas propriedades. O teste Tukey com significância de 5% foi utilizado para analisar as diferenças nas médias.

3. Results

Foram obtidas 114 respostas do questionário com 96 repostas válidas. Foram recebidas respostas de 36 municípios da região de análise (Figure 2).

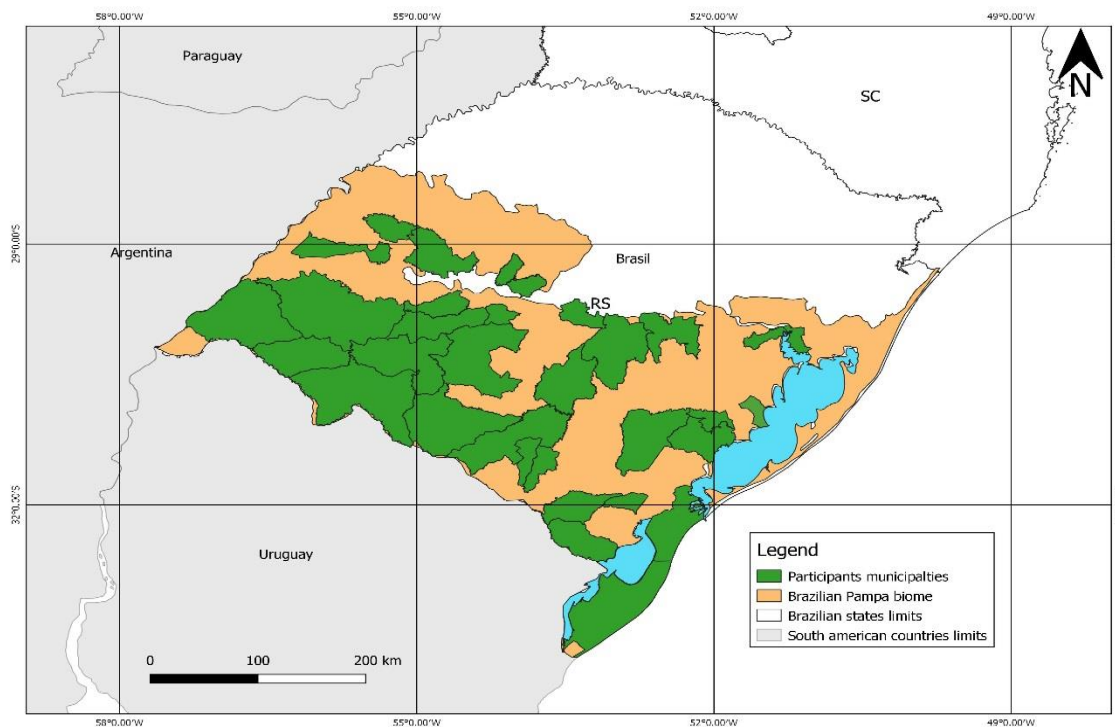


Figure 2. Map with participants municipalities, brazilian's Pampa biome, brazilian's states limits and south American countries limits.

A análise descritiva dos dados (Tabela 2) apresentou como indicadores de maior performance a renda líquida (Nre) na dimensão econômica, as relações de emprego (Ere) na dimensão social e as manejo da água (Wma), na dimensão ambiental.

Table 2. Descriptive analysis of sustainability index indicators and sustainability index performance.

	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
Nre	0,35	0,10	0,44	0,09
NCf	0,31	0,10	0,40	0,08
Ere	0,31	0,06	0,35	0,07
Wma	0,28	0,10	0,55	0,11
SPS	0,24	0,04	0,27	0,05
ANH	0,21	0,01	0,22	0,13
HCMC	0,21	0,04	0,28	0,08
RSy	0,21	0,05	0,26	0,05
Pco	0,20	0,05	0,32	0,06
SHT	0,20	0,10	0,46	0,09
Ahe	0,20	0,02	0,22	0,14
Wle	0,17	0,03	0,23	0,08
SOM	0,14	0,03	0,24	0,05
CeP	0,12	0,07	0,31	0,06
PDf	0,11	0,03	0,19	0,04
Cde	0,10	0,03	0,26	0,05
Sustainability Index	3,36	0,38	4,42	1,99

Já entre os indicadores de menor média o desenvolvimento de capacidades (Cde) na dimensão social, a diversificação da produção (PDf) na dimensão econômica e a matéria-orgânica dos solos (SOM) na dimensão ambiental.

A análise de regressão dos indicadores (Tabela 3) demonstrou que Wma, Treinamento em segurança (SHT) e produção certificada (CeP) foram os indicadores que tiveram maior associação ao modelo de regressão (Equação 2), e portanto na formação do ISus.

$$Isus = a + Wma + SHT + CeP + Ere + Pco + RSy + Nre + Ncf + HCMC + SPS + Pdf + Cde + Wle + SOM + Ahe + ANH$$

(Equação 2)

Onde,

Wma = Water management

SHT = Safety and health trainings

NRe = Net revenue

NCF = Net cash flow

Ere = Employment relationship

PCo = Production costs

CeP = Certificated production

HCMC = Health coverage and access to medical care

SPS = Soil physic structure

CDe = Capacity development

RSy = Rastreability system

SOM = Soli organic matter

WLe = Wage level

AHe = Animal health

ANH = Aproprate animal husbandry

PDf = Product diversification

Esta análise difere da análise descritiva, atribuindo importância a indicadores que não estão entre os indicadores de maior performance média.

Table 3. Indicators, standard error, sustainability index indicators participation to regression analysis.

Indicators Abbreviation	Sustainability index indicators participation (%)	Pr(> t)
Wma	27,44%	<0,01
Nre	24,61%	<0,01

SHT	8,99%	<0,01
Pco	8,38%	<0,01
CeP	6,73%	<0,01
SPS	4,42%	<0,01
ANH	4,00%	<0,01
RSy	3,68%	<0,01
Ere	2,87%	<0,01
PDf	2,61%	<0,01
NCf	1,98%	<0,01
SOM	1,63%	<0,01
HCMC	1,40%	<0,01
Wle	0,49%	<0,01
Cde	0,46%	<0,01
Ahe	0,31%	<0,01

A análise de cluster (Figure 2) apresentou dois grupos distintos. Estes grupos foram classificados em alta e baixa sustentabilidade, tendo o eixo 1 maior representatividade na explicação (18,8%) das variações dos dados.

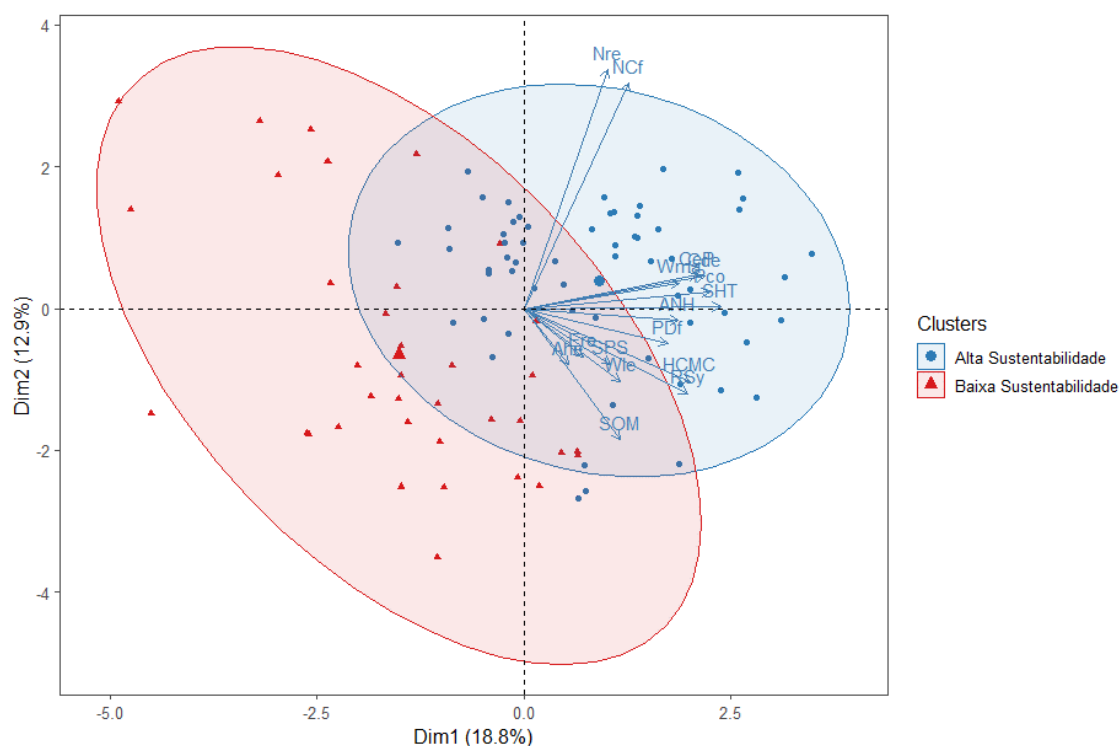


Figure 3. Cluster analysis with high and low sustainability groups and indicators vectors.

Os dados obtidos com a avaliação apresentaram distribuição normal (Shapiro-Wilk test; $p=0,5626$), o que permitiu que fosse realizada análise de variância (ANOVA).

Table 4. Sustainability index, social, environmental, and economic dimension performance average, production systems range, agricultural participation in total area, native grassland participation in total area to high and low sustainability beef cattle production systems groups.

	High sustainability	Low Sustainability	Diference (%)
	Average		
Sustainability Index	3,65	2,88	-20,94
Social Dimension	1,06	0,87	-17,58
Environment Dimension	1,13	0,98	-13,04
Economic Dimension	1,46	1,03	-29,47
<i>Production systems range</i>	Percentual (%)		
> 750 hectares (n=48)	33,3	77,8	
Between 750-1500 hectares (n=24)	30,0	16,7	
More than 1500 hectares (n=24)	36,7	5,6	
<i>Agriculture participation in area</i>	Percentual (%)		
No participation (n=30)	20,0	50,0	
25% of participation (n=33)	40,0	25,0	
50% of participation (n=13)	15,0	11,1	
75% of participation (n=20)	25,0	13,9	
<i>Native grassland participation in area</i>	Percentual (%)		
100% of participation (n=6)	1,7	13,9	
75-100% of participation (n=19)	13,3	30,6	
50-75% of participation (n=22)	25,0	19,4	
25-50% of participation (n=17)	21,7	11,1	
>25% of participation (n=32)	38,3	25,0	

Em relação as dimensões, ficam evidentes as diferenças na performance dos sistemas de produção na dimensão econômica. Estas diferenças entre os grupos de alta e baixa sustentabilidade chegam a quase 30% (Tabela 4).

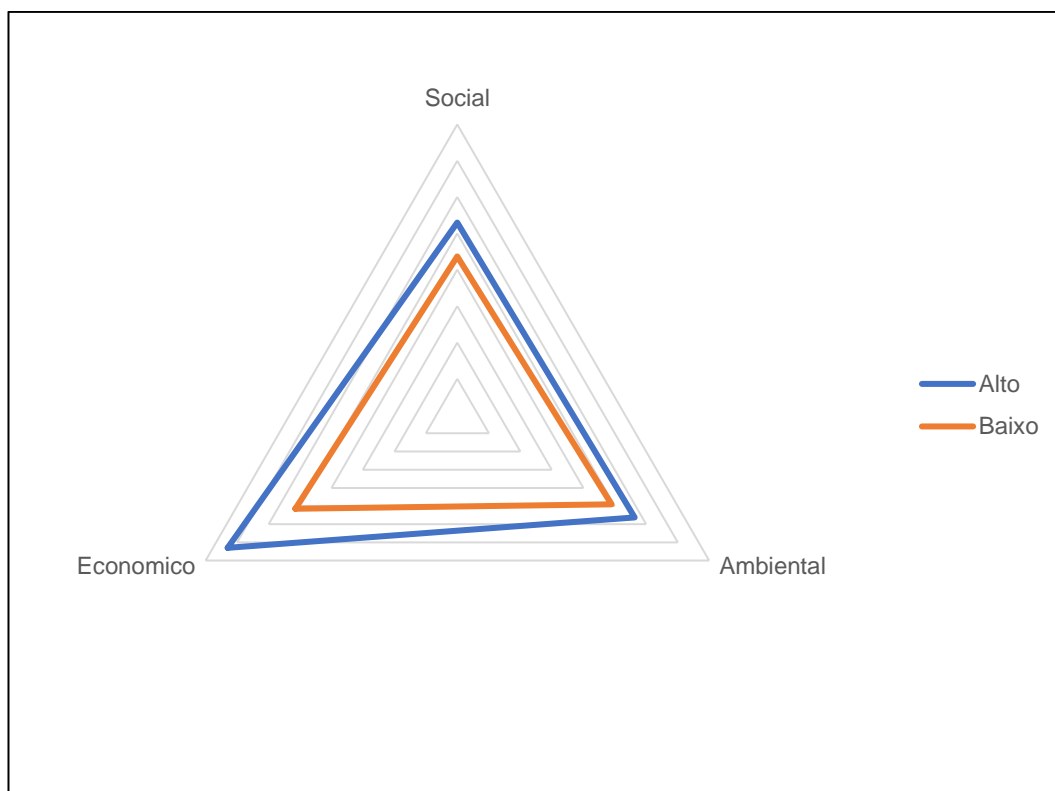


Figure 4. Environmental, economic and social dimensions performances.

Já a dimensão ambiental é aquela que apresenta menores diferenças entre os grupos de alta e baixa sustentabilidade. Embora os indicadores da dimensão social e ambiental sejam fundamentais para a compreensão da performance na sustentabilidade, as evidências deste estudo sugerem que as questões econômicas estão atuando como vetores na diferença de performance entre os sistemas de produção de bovinos de corte do BPB.

Os fatores de variação região, faixa etária do gestor, sistema de produção não apresentaram interação com o iSus. Dentre os fatores que apresentaram interação com o iSus a extensão dos sistemas de produção apresentou diferenças significativas (Figura 5).

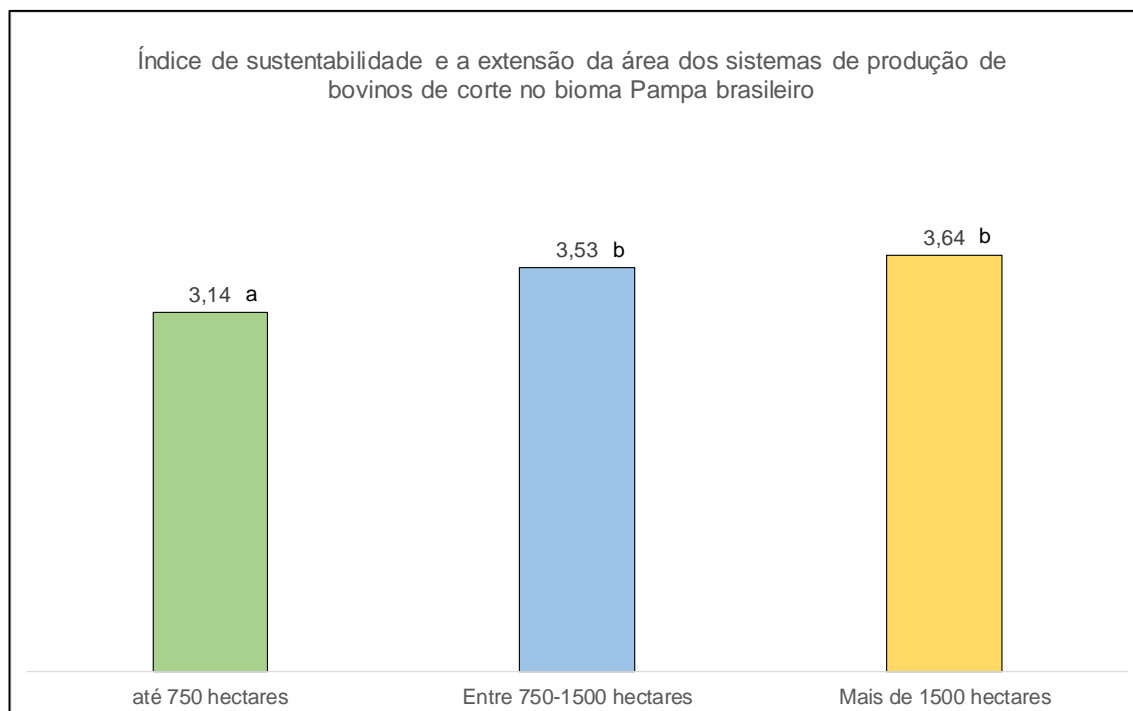


Figure 5. Sustainability index performance to different production systems range in Brazilian Pampa biome. Means with distinct lowercase letters differentiate with significance level by Tukey test ($p < 0.05$).

Entre sistemas de produção com até 750 ha, 77,8% deles estavam no grupo de baixa sustentabilidade (Tabela 4). Já os sistemas de produção maiores que 750 ha, 66,7% deles estavam no grupo de alta sustentabilidade. Este resultado aponta para que sistemas de produção de bovinos de corte de baixa escala estão com dificuldades de operação, principalmente na performance da dimensão econômica (Tabela 4).

As interações do ISus e a participação do campo nativo na área dos sistemas de produção, tiveram diferenças significativas onde os sistemas de produção com exploração exclusiva de campo nativo, tiveram a menor performance (Figure 6). Apenas 1,7% dos sistemas de produção que exploram exclusivamente este recurso estão no grupo de alta sustentabilidade (Tabela 4).

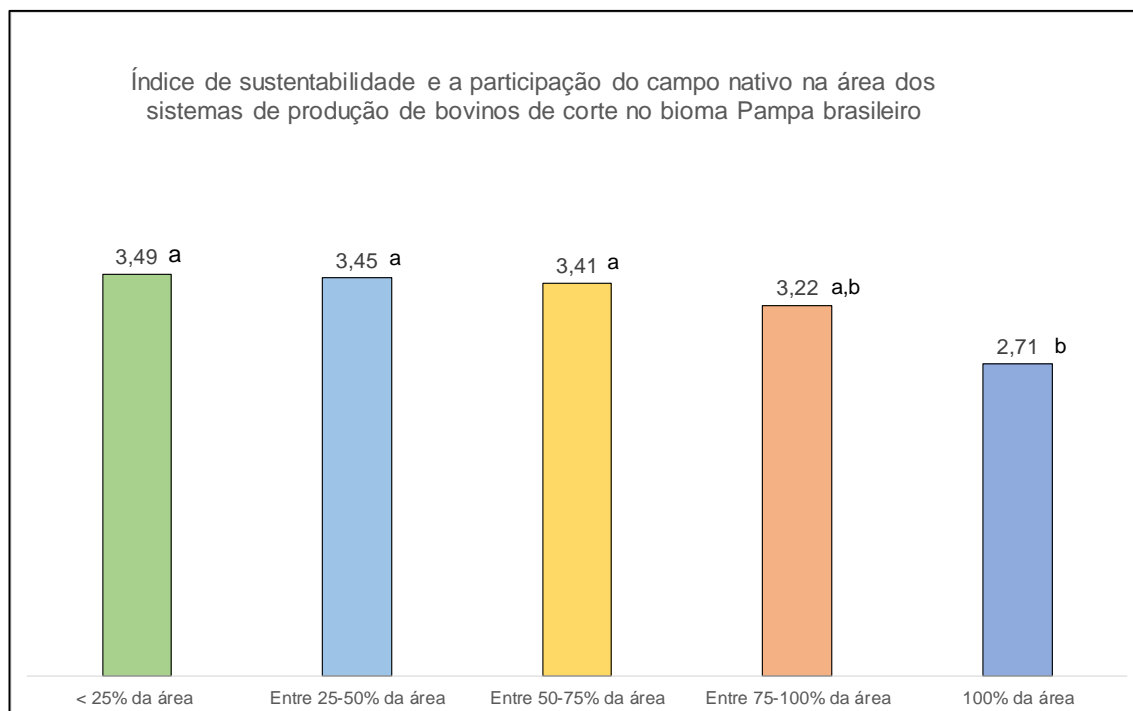


Figure 6. Sustainability index performance to different production systems native grassland participation in Brazilian Pampa biome. Means with distinct lowercase letters differentiate with significance level by Tukey test ($p < 0.05$).

Já em relação a participação da agricultura nestes sistemas (Figura 7), observa-se que aqueles que não tinham nenhuma participação de agricultura em suas áreas tiveram menores performance em relação ao índice. Desta forma, 80% dos sistemas de produção que tinham alguma participação de agricultura em suas áreas estavam no grupo de alta sustentabilidade (Tabela 4). Esta observação indica que a intensificação de atividade dos sistemas de produção permite a ampliação do nível de sustentabilidade.

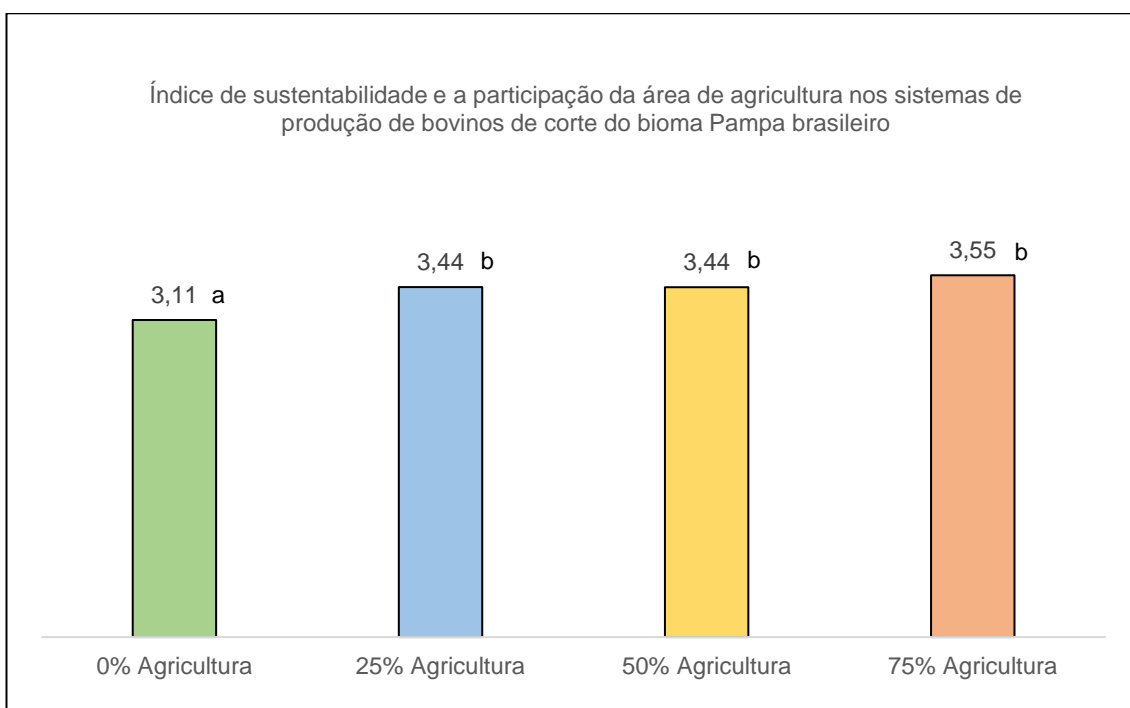


Figure 7. Sustainability index performance to different production systems to agricultural participation in Brazilian Pampa biome. Means with distinct lowercase letters differentiate with significance level by Tukey test ($p < 0.05$).

Considerados os resultados, analisar as dimensões e seus indicadores e os fatores de variação que interagiram com o índice permitirá melhor compreensão das relações existentes a fim de que se possa ressaltar características para a sustentabilidade dos sistemas de produção de bovinos de corte no BPB.

4. Discussion

4.1. Economic dimension and indicators

As diferenças encontradas na dimensão econômica entre os sistemas de produção neste estudo, estão associadas a Nre que apresentou alta participação no modelo de regressão para formação do ISus e que apresentaram alta performance na avaliação de sustentabilidade. Esta performance pode estar associada a participação da agricultura nos sistemas, já que 70 % dos sistemas de produção no grupo com alta sustentabilidade, tinham pelo menos 25% de suas áreas com agricultura. Portanto, a renda pode estar sendo gerada de outra fonte que não a pecuária.

Por outro lado, o indicador produção certificada (CeP), que avalia o uso e comercialização de produtos certificados e o percentual de utilização e comercialização destes produtos, teve alta associação ao índice (8,7%). Este indicador está relacionado a rastreabilidade e traceabilidade de produtos, que são premissas para a segurança alimentar e a abertura de novos mercados, mais exigentes, que remuneram melhor o produto. Barcellos et al. (2012), identificaram a existência de demanda por produtos certificados e que os consumidores estão dispostos a pagar mais por estes produtos. Iniciativas que buscam certificar sistemas de produção que adotam práticas conservacionistas já atuam no BPB (<https://www.alianzadelpastizal.org.br> ; <http://www.aproccima.com.br>), incluindo, nestas avaliações, características regionais de criação de bovinos de corte, manejo nutricional e sanitário, além de práticas de bem estar animal. Outra iniciativa que busca certificar a produção de carne bovina, em nível nacional, é a marca Carne Carbono Neutro (Alves et al., 2015). Este projeto foi desenvolvido pela EMBRAPA e busca certificar sistemas de produção que tenham neutralidade na emissão de carbono, pelas práticas de produção silvipastoril, integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta, além de práticas relacionadas ao bem-estar animal. Todavia, estas certificações estabelecem somente impactos ambientais, não estabelecendo outros parâmetros de mensuração que compõem a sustentabilidade como as dimensões social e econômica.

Já a diversificação da produção (PDf), avalia a quantidade de produtos comercializáveis e que são fonte de renda para os sistemas de produção. Este indicador teve baixa performance (0,11) e é o indicador da dimensão econômica com menor associação ao ISus (4,5%). Esta é uma dificuldade encontrada no BPB. Estas dificuldades estão relacionadas as limitações produtivas, principalmente em relação aos tipos de solo, e a uma

matriz produtiva muito consolidada, com base na pecuária de corte e no cultivo de arroz irrigado (Feix, Leusin Jr. & Borges, 2021). Algumas mudanças ocorreram neste ambiente que até a década de 1980 contava ainda com a produção de ovinos, com seu principal produto sendo a lã. Este componente da matriz produtiva decresceu bastante a partir da década de 1990, em função da diminuição dos preços do produto, e hoje contribui em uma escala menor na renda dos produtores (Silva et al., 2013). Desta forma, outras atividades econômicas se desenvolveram pouco no BPB. A partir do início da década de 2000, o aumento das áreas de cultivo de soja, modificou este cenário, passando este cultivo a ter maior representatividade na formação de receitas e rendas de produtores. A diversificação da produção no BPB, tem como base os cultivos de arroz e soja, além da pecuária de corte. Os resultados deste estudo apontam que essas explorações não estão, necessariamente, conectadas nos mesmos sistemas de produção. Portanto o arranjo arroz-pecuária, são os mais comuns em relação a exploração do tripé de produção, arroz-soja-pecuária (Lemos & Rizzi, 2020). No ano de 2021, as áreas semeadas com soja em rotação com áreas de cultivo de arroz somaram em torno de 372 mil hectares, enquanto que a área semeada com arroz foi de aproximadamente 945 mil hectares (IRGA, 2021), demonstrando que a rotação entre soja e arroz, com a pecuária como componente complementar destes sistemas, ainda podem crescer. Bell et al. (2021) modelou o risco de adoção de diferentes proporções de culturas e pecuária nos sistemas de produção australianos, com preços variados de commodities, clima e produção. Identificaram que os sistemas que realizavam duas atividades, mesmo que não fossem integrados, apresentavam riscos econômicos menores do que modelos de sistemas de produção especializados.

A pesquisa tem evoluído no desenvolvimento de tecnologias adaptadas a diferentes ambientes. Neste sentido o cultivo da soja o BPB é resultado da pesquisa que identificou e desenvolveu variedades de plantas e métodos de cultivo que ampliaram a viabilidade técnica e econômica da atividade (Belarmino et al, 2018). É esperado, portanto, que ocorra ampliação na diversificação da produção, com o aumento de opções de rotação de culturas, diminuindo a vulnerabilidade dos sistemas de produção de bovinos de corte. A adoção de SIPA pode ser apontado como caminho para este desenvolvimento. Dos Reis et al. (2020) demonstrou que o uso de sistemas integrados de lavoura e pecuária aumentou a rentabilidade dos sistemas típicos de produção no estado de Mato Grosso, na Central do Brasil, em relação aos sistemas especializados. Portanto, a geração de renda também tem como base a diversificação da produção.

4.2. Social dimension and indicators

Entre os indicadores da dimensão social avaliados, SHT se destaca por sua performance (0,20) e associação ao ISus (11,9%). Este indicador está relacionados a regramento legal que estabelece diretrizes para segurança do trabalho, notadamente a Norma Reguladora-31 (Portaria Nº 22.677, de 22 de Outubro de 2020), que define os parâmetros de segurança do trabalho a serem respeitados por empregadores e trabalhadores, além do trabalho rural possuir legislação própria (Lei No. 5,889, 8 de junho, 1973). Deste ponto de vista, os

sistemas de produção apresentaram alta performance, provavelmente pela decorrência das sanções impostas aos gestores que não respeitam devidamente a norma legal, o que estimula que estas práticas sejam adotadas.

Já em relação a Cde, a performance (0,10) dos sistemas de produção deve avançar. Neste indicador foi avaliado a quantidade de cursos de capacitação oferecidos aos trabalhadores rurais. Este tema é de alta relevância e compõe uma das megatendências da pecuária de corte para o futuro (EMBRAPA, 2020). Já Konings & Vanormelingen (2015), estimaram que para cada hora de treinamento dada ao trabalhadores, dentre vários setores da economia considerados, o aumento da produtividade marginal, ou seja além da produtividade corrente, é de 0,76%, para cada hora de treinamento concedido, de forma simplificada se poderia dizer que para cada 100 horas de treinamento, a produtividade do trabalho aumentaria em 76%. Além disso, Konings & Vanormelingen (2015) observam que entre as atividades do setor de não-manufaturados, o setor agrícola é aquele que mais pode ampliar a produtividade do trabalho pelo treinamento. Não bastasse os ganhos de produtividade, os autores apontam para o mesmo sentido os ganhos marginais nos salários, embora em menor grandeza (1 hora de treinamento aumenta os ganhos marginais nos salários em 0,44%).

Assim ampliar a quantidade de cursos, melhorando a qualificação dos trabalhadores pode promover maior produtividade do trabalho, permitindo que ganhos de renda possam ser alcançados, ampliando os níveis de sustentabilidade dos sistemas de produção.

4.3. Environmental dimension and indicators

O indicador Wma foi o indicador que mais participou da formação do Isus (12,9%). No BPB a cultura do arroz irrigado tem alta relevância e o uso e armazenamento da água é fator que gera preocupação em produtores e instituições públicas. Embora as precipitações no BPB sejam distribuídas ao longo do ano, períodos de estiagem não são raros. O fenômeno La Niña (Dijkstra, 2006), está associado a ocorrência de chuvas abaixo do normal. Este fenômeno tem como efeito perdas potenciais para a agricultura (Fontana et al., 2018; Pereira et al., 2018).

Dentre as práticas adotadas para o manejo da água que são relacionadas neste estudo, aquelas que são mais adotadas são a manutenção da cobertura no solo (57% dos sistemas de produção adotam esta prática) e a utilização de animais e variedades de plantas adaptados ao ambiente (60%), enquanto o monitoramento da umidade do solo é a menos adotada (9%) (anexo 4). A manutenção da cobertura do solo, é fundamental para a conservação e infiltração da água no solo, diminuindo a erosão dos solos (Hassan et al. 2022; Dabney, Delgado & Reeves, 2001). Embora mais da metade dos sistemas de produção adotem esta prática, esta deveria ser mais adotada. Esta prática permite a manutenção da temperatura do solo, dando maior estabilidade aos processos químicos e biológicos, diminuindo a emissão de GEE (Bayer et al, 2016). Neste sentido, a falta de cobertura ao longo do ano, pode estar associada a baixa matéria orgânica dos solos, verificada neste estudo.

O indicador SOM estabelece o nível de matéria orgânica com base na análise de solos e interpretação dos resultados dos sistemas de produção. A interpretação da análise estabelece 5 níveis do muito baixo-muito alto, assim como o indicador do ISus. O indicador SOM teve baixa performance (0,14) na avaliação. Este resultado pode estar associado a fatores como a falta de fertilização e práticas de manejo do solo e das pastagens. O manejo de pastagem é fator que afeta o acúmulo de matéria orgânica (Carvalho et al, 2018). O correto manejo das pastagens pelo ajuste de lotação e da oferta de forragem, permite que sejam obtidos ganhos de produtividade, pelo aumento de ganho de peso individual e pela área (Jaurena et al.,2021; Carvalho et al. 2021). A manutenção de alturas ideais do pasto e de intensidade leves a moderadas de pastejo, podem promover o aumento dos teores de matéria orgânica, das propriedades químicas do solo, promovendo aumentos de produtividade dos sistemas de produção (Carvalho et al., 2018). Assim, manter a cobertura dos solos ao longo do ano, permite melhorar o manejo da água e da matéria orgânica dos solos, possibilitando aumento da sustentabilidade dos sistemas de produção.

4.4. Sustainability Index and beef cattle production systems

A performance dos sistemas de produção quando analisados em conjunto com algumas características destes sistemas apresentaram relações que devem ser mais bem compreendidas.

4.4.1. Sustainability index and production systems range

A escala de produção atua diretamente na rentabilidade da produção pecuária. Isso se dá pela diluição dos custos fixos, principalmente pelo valor da terra e depreciação em propriedades de maior escala. (Pindyck & Rubinfeld, 2010) Assim, sistemas de baixa escala necessitam intensificar sua produção, para ampliar sua produtividade e manter sua viabilidade econômica. Intensificar a produção incorre em riscos que devem ser avaliados para que seja tomada a decisão correta (Mercio et al, 2021). Dos sistemas de produção que não apresentam agricultura, 70% deles tem até 750 ha. Ou seja, a intensificação da atividade, que também está associada a agricultura (Barcellos et al.,2004), não é realizada nas propriedades de menor escalas. Este cenário deve trazer preocupação para os agentes da cadeia de produção de carne bovina.

Desta forma, em estudo recente EMBRAPA (2020), aponta uma diminuição do número de estabelecimentos de atividade pecuária, que se caracteriza pela pulverização da produção, onde estabelecimentos com até 100 hectares (há) representam 55% dos estabelecimentos, mas 25% do rebanho efetivo. Neste sentido, o estudo aponta para uma maior concentração da atividade em menos estabelecimentos, além da diminuição do emprego no campo, em função de avanços na adoção de tecnologia e práticas de gestão (Malafaia et al, 2021). Esta projeção impõe que ações sejam adotadas para que estes produtores não fiquem a margem da atividade, podendo refletir em efeitos sociais, pela migração destes produtores aos centros urbanos,

deslocando sua fonte de renda do campo para as cidades; efeitos ambientais, pela inversão dos campos nativos em áreas de cultivo, já que grande parte destes produtores utilizam, essencialmente, este recurso; e econômicos, pelo endividamento e comprometimento da renda destes produtores.

4.4.2. Sustainability index and native grasslands

Todos os sistemas de produção com 100% de campo nativo têm até 750 ha. Entre os sistemas de produção com mais de 750 hectares 40% deles tem menos de 25% Campo Nativo (CN). Neste sentido, pode-se apontar uma relação entre a extensão das propriedades e a conservação do CN. A multifuncionalidade do CN deve ser conservada, não sendo considerada a inversão deste recurso em sistemas de cultivos agrícolas solução para o aumento da sustentabilidade, mas sim o fomento para correto manejo deste recurso preservando sua função ecossistêmica. Ao mesmo tempo, construir programas de apoio a produtores de pequena escala, permitirá que estes produtores se mantenham na atividade, por meio da utilização racional e planejada deste recurso.

Do ponto de vista ambiental, a multifuncionalidade dos CN e de seus serviços ecossistêmicos já foram apontados (Nabinger et al, 2011; Pillar et al.,2015). No entanto, a produção de bovinos de corte deve ser melhor ajustada a este recurso. A baixa produtividade da pecuária de corte em sistemas com CN, acarretam impactos ambientais que são maiores do que em sistemas mais intensivos (Ruviano et al, 2015, Genro et al. 2017). A adoção de uma pecuária conservacionista, com o CN como recurso central da produção pecuária já foi discutido (Jaurena et al. 2021). Embora a adoção de tecnologias e práticas de manejo possam ampliar a produtividade de sistemas de produção com CN, sem a utilização de insumos (fertilizantes, suplementos), os níveis de produtividade que podem ser alcançados (Jaurena et al, 2021) talvez não sejam suficientes para viabilizar a sustentabilidade destes sistemas, entendida aqui como a integração das dimensões ambientais, econômicas e sociais.

O que se vislumbra são sistemas de produção onde o CN seja utilizado de forma eficiente, construindo-se a produtividade ótima deste recurso, promovendo serviços ecossistêmicos, aliado a arranjos produtivos com áreas de uso mais intensivo, permitindo maior produtividade do sistema de produção, melhorando seu nível de sustentabilidade.

4.4.3. Sustainability index and agriculture

A agricultura é atividade econômica inserida no BPB pelo cultivo do arroz irrigado e, mais recentemente, pelo cultivo da soja. A atividade agrícola, embora os impactos que gera no ambiente (Carvalho et al, 2021;

Moraes et al., 2019), tem sua relevância na geração de riqueza e renda a produtores, e na promoção e desenvolvimento social pela geração de empregos no campo (Feix, Leusin Jr. & Borges, 2021). Além disso, a atividade atua como vetor de desenvolvimento pela intensificação da produção, gerando ganhos de produtividades nas lavouras, pelos investimentos realizados em máquinas, implementos e fertilizantes, criando uma dinâmica de geração de riqueza com outros elos das cadeias de produção. Estes investimentos, também são alocados a atividade pecuária que assim se intensifica. Os resultados apresentados neste estudo apontam para este caminho. Dos sistemas de produção avaliados, 80% do grupo de alta sustentabilidade, tem alguma participação de agricultura como atividade econômica. Neste sentido a performance na dimensão econômica atua fortemente.

A atividade agrícola permite que os sistemas de produção de bovinos de corte melhorem seu desempenho econômico. Desta forma, investimentos na alimentação dos animais, pelo cultivo e fertilização de pastagens de alta qualidade nutricional, podem ser realizados. Lampert et al. (2020), identificou por modelagem, que a adoção de tecnologias para a diminuição da idade de primeiro acasalamento gera maiores ganhos em relação a diminuição da idade de abate, em sistemas de ciclo completo. A agriculturização da atividade pecuária, também traz a utilização eficientes do recurso terra (Barcellos et al. 2004). Este fator de produção se valorizou com o aumento da rentabilidade da soja, e sua utilização plena se faz necessária. Alternativas de outros cultivos agrícolas podem ser desenvolvidos para o BPB, no entanto, a pecuária de corte e a herbivoria, trazem benefícios sistêmicos que agricultura promoveria somente sob circunstâncias muito específicas (Peterson et al,2020).

Neste sentido, os SIPA e seus princípios podem ser adotados para que os sistemas de produção passem de atividades especializadas e se tornem integradas (Dos Reis et al., 2021). Estes sistemas são preconizados para a intensificação sustentável da atividade agropecuária (Peterson et al., 2020; Moraes et al. 2020; Carvalho et al. 2021). Moraes et al. (2014) encontrou ganhos de renda e produtividade em sistemas integrados em relação a monoculturas e sistemas não integrados nem ambientes subtropicais. A utilização de arranjos produtivos com a diversificação da atividade, levando-se em consideração as aptidões e limitações dos ambientes heterogêneos de cada propriedade (Roesch et al., 2009), permitirá que os eventuais impactos ambientais gerados pela atividade agropecuária, sejam premiados com a eficiência no uso dos recursos naturais, desenvolvimento econômico regional e na promoção do bem-estar social, garantindo segurança alimentar a população a partir de sistemas de produção de bovinos de corte mais sustentáveis.

4.5. Implications

Embora a atividade agrícola possa aumentar os níveis de sustentabilidade dos sistemas de produção de bovinos de corte, a exploração da agricultura e pecuária, necessitam ampliar seus efeitos sinérgicos. Os baixos

níveis de SOM observados no estudo, seja pela baixa fertilização dos solos com uso de pastagens, seja pelo manejo inadequado destas, evidenciam que há necessidade de avanços neste atributo. Assim, a adoção de práticas recomendadas pelos princípios dos sistemas integrados de produção agropecuários (SIPA), tem sido pouco utilizado, notadamente a cobertura vegetal dos solos. Utilizar o correto ajuste de lotação animal e manejo da oferta de forragem, podem promover benefícios tanto para a produtividade dos animais, pelo maior ganho de peso individual, bem como maior acúmulo de SOM, pelo crescimento de raízes e decomposição da parte aérea das plantas. A falta de cobertura dos solos, também, pode estar associada a produção de arroz e seu sistema de cultivo, que tem como práticas a sistematização das áreas pela gradagem e nivelamento do terreno. Portanto, desenvolver sistema de cultivo de arroz, sem revolvimento do solo, deve gerar aumento da cobertura vegetal do solo, com reflexos no aumento da SOM, aumento da infiltração e armazenamento de água nos solos. Esse é desafio para a pesquisa e produtores, já que este sistema de cultivo tem conexão ao tipo de irrigação adotada para o cultivo. A produção de taipas em curvas de nível, a colheita em ambiente de solo com alta umidade exigem que o produtor sistematize sua lavoura. Uma alternativa a esta prática, seria a adoção de sistemas de irrigação que otimizem o uso de água e dispensem o cultivo do solo. Embora existam estudos neste sentido (Giacomelli, 2019, Anghinoni et al., 2020), aprofundar esse conhecimento permitirá que novas tecnologias, como a irrigação por aspersão e os sistemas de semeadura direta, possam ser adotadas de forma mais ampla, beneficiando produtores e o ambiente.

A adoção de estratégias que apoiem os produtores de baixa escala, permitirá que os serviços ecossistêmicos do CN sejam conservados. Ações que visem a bonificação monetária pela certificação destes sistemas pode ser alternativa para este fim. Além disso, a adoção de tecnologias de apoio, como a suplementação estratégica dos animais, pode promover ganhos de produtividade e renda para estes produtores.

6. Conclusions

A avaliação de sustentabilidade dos sistemas de produção do BPB, permitiu identificar dois grupos com distintos níveis de sustentabilidade. A ampliação de atividades de capacitação dos recursos humanos; a melhoria na qualidade do solo, notadamente a SOM; a inclusão da certificação de sistemas que utilizam práticas de cultivo e manejo sustentáveis são apontamentos para a ampliação dos níveis de sustentabilidade dos sistemas de produção de bovinos de corte no BPB. Sistemas de produção com até 750 ha se caracterizam, de forma geral, pela produção com base no CN, baixa adoção de cultivos agrícolas e de intensificação. Já sistemas de produção maiores que 750 ha, se caracterizam pela baixa participação de CN em suas áreas, pela intensificação da produção e atividade agrícola. Embora os campos nativos sejam fundamentais para conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, sistemas de produção que utilizam este recurso de forma prioritária, necessitam de apoio para a manutenção da atividade, em função da baixa produtividade e

desempenho econômico que apresentam. A certificação da produção destes sistemas de produção pode ser alternativa para melhorar a renda destes produtores. A diversificação da produção pelos preceitos dos SIPA permitirá a intensificação da produção, criando condições para a conservação dos CN, ampliando a renda da atividade, tornando os sistemas de produção de bovinos de corte mais sustentáveis.

Funding

This work was supported by the Brazilian agencies CNPq (National Council for Scientific and Technological Development/Project number 870578 /1997-9), and CAPES (Coordination of Superior Level Staff Improvement).

References

- Adegbola T. Adesogan, Arie H. Havelaar, Sarah L. McKune, Marjatta Eilittä, Geoffrey E. Dahl, Animal source foods: Sustainability problem or malnutrition and sustainability solution? Perspective matters, *Global Food Security*, Volume 25, 2020, 100325, ISSN 2211-9124, <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100325>.
- Allen, M.R., Shine, K.P., Fuglestedt, J.S. et al. A solution to the misrepresentations of CO₂-equivalent emissions of short-lived climate pollutants under ambitious mitigation. *npj Clim Atmos Sci* 1, 16 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41612-018-0026-8>
- Alves, F. et al. 2015. Carne Carbono Neutro: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos. Campo Grande, MS- Embrapa Gado de Corte. 29 p. ISSN 1983-974X ; 210) <http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/doc/DOC210.pdf>
- Barcellos, J.O.J., Sune, Y.B.P., Semmelmann, C.E.N. et al. 2004. A bovinocultura de corte frente a agriculturização no sul do Brasil. In: *Ciclo De Atualização Em Medicina Veterinária*. 11,13-30.
- Barcellos, J. O. J., Abicht, A. D. M., Brandão, F. S., Canozzi, M. E. A., & Collares, F. C. 2012. Consumer perception of Brazilian traced beef. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(3), 771-774. <https://www.scielo.br/j/rbz/a/S4f8CQTFjm3QfRQktKWjznn/?format=pdf&lang=en>
- Bayer, C., Gomes, J., Zanatta, J.A., Vieira, F.C.B. Dieckow, J. 2016. Mitigating greenhouse gas emissions from a subtropical Ultisol by using long-term no-tillage in combination with legume cover crops, *Soil and Tillage Research*. 161, 86-94. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.03.011>
- Belarmino, L. C.; Souza, A. R. L. De; Azambuja, I. H. V.; Oliveira, A. C. B. De; Belarmino, A. J. Impactos agroecômicos da produção e ampliação da soja no bioma pampa. In: TOSTO, S. G.; BELARMINO, L. C.; CASTRO, G. S. A.; MANGABEIRA, J. A. de C.; SILVA, O. F. da (Ed.). *Caracterização e avaliação econômica de sistemas de produção e cultivo de grãos em biomas brasileiros*. Brasília, DF: Embrapa, 2018. p. 98-115. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/193253/1/CPACT-2018-Cap-6.pdf>
- Bell, L.W., Moore, A.D., Thomas, D.T. 2021 Diversified crop-livestock farms are risk-efficient in the face of price and production variability. *Agric. Syst.* 189,103050. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103050>.

Boldrini, I. I.; Overbeck, G. E.; Trevisan, R. 2015 Biodiversidade de Plantas. In: Pillar, V. P. E Lange, O. (Ed.). Os Campos do Sul. Porto Alegre: Rede Campos Sulinos - UFRGS, pp. 51-60. Available at:

<http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br/arquivos/Livros/CamposSulinos.pdf>

Carvalho, P. C. F. et al. 2018. Animal production and soil characteristics from integrated crop-livestock systems: toward sustainable intensification. *J. Anim. Sci.* 96, 3513–3525. <https://doi.org/10.1093/jas/sky085>

Carvalho, P.C. de F.; Nunes, P.A. de A., Prates, A. P.; Szymczak, L.S.; de Souza Filho, W.; Moojen, F.G.; Lemaire, G. 2021. Reconnecting Grazing Livestock to Crop Landscapes: Reversing Specialization Trends to Restore Landscape Multifunctionality. *Front. Sustain. Food Syst.* 5:750765. doi: <https://10.3389/fsufs.2021.750765>

Dijkstra, H. A. 2006. The ENSO phenomenon: theory and mechanisms. *Adv. Geosci.*, 6, 3–15, <https://10.5194/adgeo-6-3-2006>

Dos Reis, J., Kamoi, M., Latorraca, D., Chen, R., Michetti, M., Wruck, F., . . . Rodrigues-Filho, S. 2020. Assessing the economic viability of integrated crop–livestock systems in Mato Grosso, Brazil. *Renew. Agric Food Syst.* 35, 631-642. <https://doi.org/10.1017/S1742170519000280>

Embrapa. 2020. O future da cadeia produtiva da carne bovina brasileira: uma visão para 2040. Embrapa gado de corte. pp. 136. Available at: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1125194> (Accessed in: November, 2020)

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems SAFA. Guidelines. Version 3.0; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 2014. Available at: <http://www.fao.org/3/i3957e/i3957e.pdf> (Accessed in: January, 2020)

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems SAFA. Indicators. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy. Available at: http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability_pathways/docs/SAFA_Indicators_final_19122013.pdf (Accessed in: January, 2020)

Feix, R. D.; Leusin Júnior, S.; Borges, B. K. Painel do agronegócio do Rio Grande do Sul — 2021. Porto Alegre: SPGG, 2021. <https://dee.rs.gov.br/painel-agro>

Fontana, D. C., Junges, A. H., Bremm, C. et al. 2018. NDVI and meteorological data as indicators of the Pampa biome natural grasslands growth. *Bragantia.* 77, 404-414. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.2017222>

Genro, T.C.M; et al. 2017. Consumo, emissões de metano, desempenho animal e dinâmica do carbono em pastagem natural. Proceedings: XXIV Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur-Grupo Campos-Tacuarembó-Uruguay. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7112/1/Grupo-Campo-2017.pdf>

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. <https://www.fao.org/3/i3437e/i3437e.pdf>

Giacomelli, R. 2019. Manejo da água e solo em arroz e soja em terras baixas. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Maria. 84 p. <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/18619>

Godde, C.M.; R B Boone, A J Ash, K Waha, L L Sloat, P K Thornton M Herrero. 2020. Global rangeland production systems and livelihoods at threat under climate change and variability. *Environ. Res. Lett.* 15 044021. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab7395>

Herrero, M.; Philip K Thornton, Pierre Gerber, Robin S Reid, Livestock, livelihoods and the environment: understanding the trade-offs, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Volume 1, Issue 2, 2009, Pages 111-120, ISSN 1877-3435. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2009.10.003>.

IRGA- Instituto Rio-Grandense do Arroz. 2020. Fundamentos, manejo e perspectivas da produção de arroz irrigado de base ecológica no Rio Grande do Sul / editores: Ibanor Anghinoni et. al.. – 1. ed. - Cachoeirinha: IRGA/Estação Experimental do Arroz; Porto Alegre: Grupo Gestor do Arroz Agroecológico, 77 p. ISBN: 978-65-89189-00-8 (impresso) ISBN: 978-65-89189-01-5 (e-book) <https://admin.irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202105/26110714-boletim-tecnico-arroz-de-base-ecologica-no-rs.pdf>

IRGA- Instituto Rio-Grandense do Arroz. 2021. Boletim de resultados da safra 2020/21 em terras baixas: arroz irrigado e soja. <https://irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202109/27151231-boletim-de-resultados-da-safra-2020-2021-compressed.pdf>

Jaurena M, Durante M, Devincenzi T, Savian JV, Bendersky D, Moojen FG, Pereira M, Soca P, Quadros FLF, Pizzio R, Nabinger C, Carvalho PCF; Lattanzi FA. 2021. Native Grasslands at the Core: A New Paradigm of Intensification for the Campos of Southern South America to Increase Economic and Environmental Sustainability. *Front. Sustain. Food Syst.* 5:547834. doi: <https://10.3389/fsufs.2021.547834>

Lemos, G. S.; Rizzi, 2020. R. A expansão da soja no bioma Pampa e sua interação espaço-temporal com arroz e campo. *Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul*, Porto Alegre, n. 35, p. 9-26. <https://revistas.planejamento.rs.gov.br/index.php/boletim-geografico-rs/article/view/4388>

Malafaia, G.C.; Mores, G. de V.; Casagrande, Y.G.; Barcellos, J.O.J.; Costa, F.P. 2021. The Brazilian beef cattle supply chain in the next decades, *Livestock Science*, V. 253. 104704. ISSN 1871-1413. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104704>

Mercio, T. Z.; de Anhaia, V. C.; de Oliveira, T. E.; Sessim, A. G.; Gonçalves, de F. C. R., do Nascimento, V. L.; Barcellos, J.O.J. 2021. Integrated crop–livestock systems and beef cattle: risk and economics assessments. *Animal Production Science* 61, 1694-1705. <https://doi.org/10.1071/AN20416>

Moraes, A de; Carvalho, P.C. de F.; Crusciol, C. A. C.; Lang, R. C.; Pariz, C. M.; Deiss, L.; R. Sulc; M. . 2019. Integrated Crop-Livestock Systems as a Solution Facing the Destruction of Pampa and Cerrado Biomes in South America by Intensive Monoculture Systems. In: *Agroecosystem Diversity*. Editor(s): Gilles Lemaire, Paulo César De Faccio Carvalho, Scott Kronberg, Sylvie Recous. Academic Press. Pages 257-273. ISBN 9780128110508. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811050-8.00016-9>

Moraes, A.; Carvalho, P.C.F.; Anghinoni, I. et al. 2014. Integrated crops-livestock systems in the Brazilian subtropics, *European Journal of Agronomy*, Volume 57, 2014, Pages 4-9, ISSN 1161-0301, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.10.004>.

Mottet, A.Cees de Haan, Alessandra Falcucci, Giuseppe Tempio, Carolyn Opio, Pierre Gerber, Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate, *Global Food Security*, Volume 14, 2017, Pages 1-8, ISSN 2211-9124. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.001>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004. Lista de municípios dos biomas. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/estudos-ambientais/15842-biomas.html> (Accessed in November, 2020)

Konings, J., & Vanormelingen, S. 2015. The impact of training on productivity and wages: firm-level evidence. *The Review of Economics and Statistics*, 97(2), 485-497. <http://www.jstor.org/stable/43556188>

Lampert, V. do N.et al. 2020. Modelling beef cattle production systems from the Pampas in Brazil to assess intensification options.. *Sci. Agric.* .77. <https://10.1590/1678-992X-2018-0263>

MapBiomas. 2021. Brazilian land cover and use maps. (Accessed in: January 2021). <https://mapbiomas.org/>

Marchand, F., L. Debruyne, L. Triste, C. Gerrard, S. Padel, and L. Lauwers. 2014. Key characteristics for tool choice in indicator- based sustainability assessment at farm level. *Ecol. Soc.* 19(3): 46. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06876-190346>

Oliveira, T. E., Freitas,D. S. de, Gianezini,M.,Ruviaro,C.F., Zago,D., Mércio,T.Z., Dias,E.A., Lampert,V.do N., Barcellos,J.O.J.2017. Agricultural land use change in the Brazilian Pampa Biome: The reduction of natural grasslands. *Land Use Policy.* 63,394-400. <https://10.1016/j.landusepol.2017.02.010>

Pereira, P.R.R.X., Hasenack, H., Pereira, G.R., Dewes, H., Canellas, L.C., Oliveira,T.E., Barcellos, J.O.J. 2018. Climate change and beef supply chain in Southern Brazil. *J. Agric. Sci.* 156, 731-738. <https://doi.org/10.1017/S0021859618000667>

Peterson, C.A.; Deiss, L.; Gaudin, A.C.M. 2020. Commercial integrated crop-livestock systems achieve comparable crop yields to specialized production systems: A meta-analysis. *PLoS ONE* 15(5):e0231840. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231840>

Pindyck, R.S., Rubinfeld, D.L. *Microeconomia*. 7ª Ed. São Paulo: Pearson, 2010

Pillar, V. De. P.; Andrade, B.O; Dadalt, L. 2015. Serviços ecossistêmicos. In: Pillar, V. De P., Lange, O. Eds. *Os Campos do Sul*. Editora da UFRGS, Porto Alegre: Rede Campos Sulinos, Porto Alegre, 192p. Available at: <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br/arquivos/Livros/CamposSulinos.pdf>

Roesch, L.F.W.; Vieira, F.C.B.; Pereira, V.A.; Schünemann, A.L.; Teixeira, I.F.; Senna, A.J.T.; Stefenon, V.M. 2009. The Brazilian Pampa: A Fragile Biome. *Diversity* , 1, 182-198. <https://doi.org/10.3390/d1020182>

Ruviaro, C. F., Léis, C.M., Lampert, V.N, Barcellos, J.O.J, Dewes, H. 2015. Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: a case study. *J. Clean Prod.* 96,435-443. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.037>

Saaty.T.L. 1990. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *Eur. J. Oper. Res.* 48, 9-26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)

Silva A.P.S.P., Santos D.V., Kohek Jr I., Machado G., Hein H.E., Vidor A.C.M. & Corbellini L.G. 2013. Sheep industry in the State of Rio Grande do Sul, Brazil: description of the production system and the main health and reproductive aspects. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 33(12):1441-1446. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2013001200010>

CAPÍTULO IV

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo apontam para a viabilidade de aplicação do índice de avaliação proposto. O método proposto para a produção de um índice de sustentabilidade permitiu a identificação de características que diferenciaram sistemas de produção de bovinos de corte. Foi possível, portanto, estabelecer dois grupos de sistemas de produção com distintos níveis de sustentabilidade.

Dentro do grupo de baixa sustentabilidade se destacaram os sistemas de produção de pequena/média escala, com pouca participação da agricultura e com forte presença do campo nativo. Já o grupo de alta sustentabilidade, predominam sistemas com participação da agricultura, apontando para a intensificação da produção, pouca participação do campo nativo e escala de produção maiores que 750 ha.

Entre os indicadores de sustentabilidade, o manejo da água apontou para sistemas de produção deixa seus solos sem cobertura vegetal, pelo menos em parte do ano. Esta característica pode estar refletindo no baixo teor de matéria orgânica apresentado. Além disso, a necessidade de ampliar a capacitação da mão-de-obra rural, pela maior oferta de cursos de desenvolvimento de capacidades, e a certificação da produção como oportunidade de ampliar receitas, principalmente para os produtores de pequena/média escala, que utilizam o campo nativo como recurso forrageiro. Outro ponto a ser ressaltado é em relação a diversificação da produção. Neste sentido, a utilização de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária pode promover esta diversificação de forma planejada e sustentada.

Para finalizar, fica a reflexão sobre o manejo do solo que é dado, principalmente em relação a lavoura arrozeira. É necessário que novas tecnologias de processos para o manejo de solo sejam desenvolvidas, para que a ressystematização do solo seja evitada. Ampliar o conhecimento em relação ao plantio direto em áreas arrozeiras é uma necessidade, juntamente ao desenvolvimento de sistemas de irrigação mais racionais e eficientes.

REFERÊNCIAS

- ABIEC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. **Beef report**: perfil da pecuária do Brasil: 2020. São Paulo: ABIEC, 2020. Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/>. Acesso em: 12 dez. 2020.
- ADEGBEYE, M. J. *et al.* Sustainable agriculture options for production, greenhouse gasses and pollution alleviation, and nutrient recycling in emerging and transitional nations - An overview. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 242, [art.] 118319, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118319>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- ADEGBOLA, T. *et al.* Animal source foods: sustainability problem or malnutrition and sustainability solution? Perspective matters. **Global Food Security**, Amsterdam, v. 25, [art.] 100325, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100325>. Acesso em: 25 jan. 2022.
- ALLEN, M. R. *et al.* A solution to the misrepresentations of CO₂-equivalent emissions of short-lived climate pollutants under ambitious mitigation. **npj Climate and Atmospheric Science**, London, v. 1, [art.] 16, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41612-018-0026-8>. Acesso em: 15 dez. 2021.
- ALVES, F. *et al.* **Carne carbono neutro**: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2015. 29 p. Disponível em: <http://www.cnpvc.embrapa.br/publicacoes/doc/DOC210.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2022.
- ANDREATTA, T. **Bovinocultura de corte no Rio Grande do Sul**: um estudo a partir do perfil dos pecuaristas e organização dos estabelecimentos agrícolas. 2009. Thesis (Doctoral) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- ANDREOTTI, R. *et al.* **Proposta de controle de carrapatos para o Brasil Central em sistemas de produção de bovinos associados ao manejo nutricional no campo**. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Gado de Corte, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2016. (Documentos, 214). Disponível em: <http://www.cnpvc.embrapa.br/publicacoes/doc/DOC214.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2021.
- AUSTRALIAN SUSTAINABILITY BEEF FRAMEWORK. **Australian sustainability beef framework annual update**. [Australia], 2020. Disponível em: <https://www.sustainableaustralianbeef.com.au/>. Acesso em: 20 dez. 2020.
- BAJWA, G.; CHOO, E. U.; WEDLEY, W. C. Effectiveness analysis of deriving priority vectors from reciprocal pairwise comparison matrices. **Asia-Pacific Journal of Operational Research**, Singapore, v. 25, n. 3, p. 279–299, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1142/S0217595908001754>. Acesso em: 15 nov. 2020.

BARCELLOS, J. O. J. *et al.* Consumer perception of Brazilian traced beef. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 41, n. 3, p. 771-774, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/S4f8CQTFjm3QfRQktKWjznn/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 15 jan. 2022.

BARCELLOS, J. O. J. *et al.* A bovinocultura de corte frente a agriculturização no sul do Brasil. *In: CICLO DE ATUALIZAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA – CAMEV*, 11., 2004, Lages. **Anais [...]**. Lages: Centro Agroveterinário de Lages – CAV, UDESC, 2004. p. 13-30.

BAYER, C. *et al.* Mitigating greenhouse gas emissions from a subtropical Ultisol by using long-term no-tillage in combination with legume cover crops. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 161, [art.] 8694, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.03.011>. Acesso em: 18 fev. 2021.

BELARMINO, L. C. *et al.* Impactos agroeconômicos da produção e ampliação da soja no Bioma Pampa. *In: TOSTO, S. G. et al. (ed.). Caracterização e avaliação econômica de sistemas de produção e cultivo de grãos em biomas brasileiros*. Brasília, DF: Embrapa, 2018. p. 98-115. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/193253/1/CPACT-2018-Cap-6.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2022.

BELL, L. W.; MOORE, A. D.; THOMAS, D. T. Diversified crop-livestock farms are risk-efficient in the face of price and production variability. **Agricultural Systems**, Barking, v. 189, [art.] 103050, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103050>. Acesso em: 25 fev. 2021.

BOLDRINI, I. I.; OVERBECK, G.; TREVISAN, R. Biodiversidade de plantas. *In: PILLAR, V. P.; LANGE, O. (ed.). Os campos do sul*. Porto Alegre: Rede Campos Sulinos - UFRGS, 2015. cap. 5, p. 51-60. Disponível em: <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br/arquivos/Livros/CamposSulinos.pdf>. Acesso em: 12 out. 2020.

BONISOLI, L. *et al.* Benchmarking agri-food sustainability certifications: evidences from applying SAFA in the Ecuadorian banana agri-system. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 236, [art.] 117579, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.07.054>. Acesso em: 10 out. 2020.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Decreto-lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943. Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho. **Diário Oficial da União: Seção 1**, Rio de Janeiro, p. 11937, 9 ago. 1943. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-5452-1-maio-1943-415500-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 15 out. 2020.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 5.889, de 8 de junho de 1973. Estatui normas reguladoras do trabalho rural e dá outras providências. **Diário Oficial da União: Seção 1**, Brasília, DF, p. 5585, 11 jun. 1973. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1970-1979/lei-5889-8-junho-1973-357971-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 15 out. 2020.

BRASIL. Presidência da República. Secretaria-Geral. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nos 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. **Diário Oficial da União: Seção 1**, Brasília, DF, 14 jan. 2021. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14119.htm. Acesso em: 17 ago. 2021.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990. Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências. **Diário Oficial da União: Seção 1**, Brasília, DF, p. 13563, 16 jul.1990. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1990/lei-8069-13-julho-1990-372211-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 15 out. 2020.

BRUM NETO, H.; BEZZI, M. L. Regiões culturais: a construção de identidades culturais no Rio Grande do Sul e sua manifestação na paisagem gaúcha. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 135-155, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-45132008000200009>. Acesso em: 22 ago. 2020.

CALICIOGLU, O. *et al.* The future challenges of food and agriculture: an integrated analysis of trends and solutions. **Sustainability**, Basel, v. 11, n. 1, [art.] 222, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su11010222>. Acesso em: 24 mar. 2020.

CARVALHO, P. C. F. *et al.* **Nativão - mais de 30 anos em pesquisas em campo nativo**. Porto Alegre: Ed. Via Pampa, 2019. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/gpep/documents/livros>. Acesso em: 15 jan. 2020.

CARVALHO, P. C. F. *et al.* Reconnecting grazing livestock to crop landscapes: reversing specialization trends to restore landscape multifunctionality. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, Lausanne, v. 5, [art.] 750765, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.750765>. Acesso em: 5 jan. 2022.

CARVALHO, P. C. F. *et al.* Animal production and soil characteristics from integrated crop-livestock systems: toward sustainable intensification. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 96, n. 8, p. 3513–3525, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jas/sky085>. Acesso em: 20 maio 2020.

CARVALHO, P. C. F. *et al.* Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 88, p. 259–273, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10705-010-9360-x>. Acesso em: 25 fev. 2021.

CHEMINEAU, P. Importance of animal health and welfare for the stability of the three pillars of sustainability of livestock systems. **Advances in Animal Biosciences**, Cambridge, v. 7, p. 208–214, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S2040470016000145>. Acesso em: 22 jan. 2021.

COELLI, T. *et al.* (ed.). **An introduction to efficiency and productivity analysis**. 2nd ed. New York: Springer, 2005. 357 p.

DIJKSTRA, H. A. The ENSO phenomenon: theory and mechanisms. **Advances in Geosciences**, New Jersey, v. 6, p. 3–15, 2006. Disponível em: <https://10.5194/adgeo-6-3-2006>. Acesso em: 20 abr. 2020.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **O futuro da cadeia produtiva da carne bovina brasileira: uma visão para 2040**. [Campo Grande]: Embrapa Gado de Corte, 2020. 136 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1125194>. Acesso em: 5 fev. 2021.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **SAFA: sustainability assessment of food and agriculture systems: guidelines: version 3.0**. Rome: FAO, 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i3957e/i3957e.pdf>. Acesso em: 15 maio 2020.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **SAFA: sustainability assessment of food and agriculture systems: indicators**. Rome: FAO, 2013. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability_pathways/docs/SAFA_Indicators_final_19122013.pdf. Acesso em: 15 maio 2020.

FEIX, R. D.; LEUSIN JÚNIOR, S.; BORGES, B. K. **Painel do agronegócio do Rio Grande do Sul - 2021**. Porto Alegre: SPGG, 2021. Disponível em: <https://dee.rs.gov.br/painel-agro>. Acesso em: 4 fev. 2022.

FONTANA, D. C. *et al.* NDVI and meteorological data as indicators of the Pampa biome natural grasslands growth. **Bragantia**, Campinas, v. 77, p. 404-414, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.2017222>. Acesso em: 6 set. 2020.

FRANZLUEBBERS, A. *et al.* Toward agricultural sustainability through integrated crop–livestock systems. III. Social aspects. **Renewable Agriculture and Food Systems**, Greenbelt, v. 29, n. 3, p. 192-194, 2014. Disponível em: <https://doi:10.1017/S174217051400012X>. Acesso em: 10 nov. 2020.

FREITAS, D. S.; OLIVEIRA, T. E.; OLIVEIRA, J. M. Sustainability in the Brazilian pampa biome: a composite index to integrate beef production, social equity, and ecosystem conservation. **Ecological Indicators**, New York, v. 98, p. 317–326, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.10.012>. Acesso em: 10 nov. 2020.

GARNETT, T. *et al.* Sustainable intensification in agriculture: premises and policies. **Science**, Washington, DC, v. 341, p. 33–34, 2013. Disponível em: <http://10.1126/science.1234485>. Acesso em: 24 abr. 2020.

GASSO, V. *et al.* Generic sustainability assessment themes and the role of context: the case of Danish maize for German biogas. **Ecological Indicators**, New York, v. 49, p. 143–153, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.10.008>. Acesso em: 15 abr. 2020.

GENRO, T. C. M. *et al.* Consumo, emissões de metano, desempenho animal e dinâmica do carbono em pastagem natural. *In*: REUNIÓN DEL GRUPO TÉCNICO EN FORRAJERAS DEL CONO SUR, 24., 2017, Tacuarembó-Uruguay. [**Anales ...**]. Montevideo: INIA, Facultad de Agronomía, 2017. p. 38-44. Disponível em: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7112/1/Grupo-Campo-2017.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2022.

GERBER, P. J. *et al.* **Tackling climate change through livestock**: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. Rome: FAO, 2013. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i3437e/i3437e.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2022.

GIACOMELLI, R. **Manejo da água e solo em arroz e soja em terras baixas**. 2019. 84 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/18619>. Acesso em: 21 jan. 2022.

GIBON, A.; SIBBALD, A. R.; THOMAS, C. Improved sustainability in livestock systems, a challenge for animal production science. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 61, p. 107–110, 1999.

GIOVANNUCCI, D. *et al.* **Seeking sustainability**: COSA preliminary analysis of sustainability initiatives in the coffee sector. Winnipeg: IISD, 2008.

GODDE, C. M. *et al.* Global rangeland production systems and livelihoods at threat under climate change and variability. **Environmental Research Letters**, Bristol, v. 15, [art.] 044021, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab7395>. Acesso em: 15 dez. 2021.

GODFRAY, H. C. J. The debate over sustainable intensification. **Food Security**, Dordrecht, v. 7, p. 199-208, 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12571-015-0424-2>. Acesso em: 21 set. 2020.

GRISI, L. *et al.* Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. **Brazilian Journal of Veterinary Parasitology**, Jaboticabal, v. 23, p. 150-156, 2014. Disponível em: <http://10.1590/S1984-29612014042>. Acesso em: 23 nov. 2020.

HÄNI, F.; STAEMPFLI, A.; KELLER, T. RISE [Response-Inducing Sustainability Evaluation]: a tool for a holistic sustainability assessment at the farm level. **Revue Suisse d'Agriculture**, Lausanne, v. 35, n. 1, p. 41-47, 2003.

HEITSHCIMDT, R. K.; SHORT, R. E.; GRINGS, E. E. Ecosystems, sustainability, and animal agriculture. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, p. 1395–1405, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/1996.7461395x>. Acesso em: 25 jun. 2020.

HERRERO, M. *et al.* Livestock, livelihoods and the environment: understanding the trade-offs. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, Amsterdam, v. 1, n.

2, p. 111-120, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2009.10.003>. Acesso em: 17 maio 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. [Lista de municípios dos biomas]. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15842-biomas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 15 abr. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/>. Acesso em: 15 abr. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro>. Acesso em: 15 abr. 2020.

ANGHINONI, I. *et al.* (ed.). **Fundamentos, manejo e perspectivas da produção de arroz irrigado de base ecológica no Rio Grande do Sul**. Cachoeirinha: IRGA. Grupo Gestor do Arroz Agroecológico, 2020. 77 p. Disponível em: <https://admin.irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202105/26110714-boletim-tecnico-arroz-de-base-ecologica-no-rs.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

IRGA - INSTITUTO RIO-GRANDENSE DO ARROZ. **Boletim de resultados da safra 2020/21 em terras baixas: arroz irrigado e soja**. Porto Alegre: IRGA, 2021. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202109/27151231-boletim-de-resultados-da-safra-2020-2021-compressed.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

IRISARRI, J. G. *et al.* Beef production and net revenue variability from grazing systems on semiarid grasslands of North America. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 220, p. 93-99, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.12.009>. Acesso em: 22 out. 2020.

JAURENA, M. *et al.* Native grasslands at the core: a new paradigm of intensification for the campos of Southern South America to increase economic and environmental sustainability. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, Lausanne, v. 5, [art.] 547834, 2021. Disponível em: <https://10.3389/fsufs.2021.547834>. Acesso em: 18 jun. 2021.

KASSEM, E. *et al.* Sustainability assessment and reporting in agriculture sector. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, Brno, v. 65, p. 1359–1369, 2017. Disponível em: <https://10.11118/actaun201765041359>. Acesso em: 15 maio 2020.

KONINGS, J.; VANORMELINGEN, S. The impact of training on productivity and wages: firm-level evidence. **The Review of Economics and Statistics**, Cambridge, v. 97, n. 2, p. 485-497, 2015. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/43556188>. Acesso em: 20 maio 2020.

KROENKE, A.; HEIN, N. Avaliação de empresas por meio de indicadores de atividade: uma aplicação do método AHP. **REGE - Revista de Gestão**, São Paulo, v. 18, p. 605-620, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.5700/rege444>. Acesso em: 15 set. 2020.

LAMPERT, V. N. *et al.* Modelling beef cattle production systems from the Pampas in Brazil to assess intensification options. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 77, n. 4, [art.] e20180263, 2020. Disponível em: <https://10.1590/1678-992X-2018-0263>. Acesso em: 21 out. 2020.

LEMOS, G. S.; RIZZI, R. A Expansão da soja no bioma Pampa e sua interação espaço-temporal com arroz e campo. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, n. 35, p. 9-26, 2020. Disponível em: <https://revistas.planejamento.rs.gov.br/index.php/boletim-geografico-rs/article/view/4388>. Acesso em: 17 jan. 2022.

MALAFAIA, G. C. *et al.* The Brazilian beef cattle supply chain in the next decades. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 253, [art.] 104704, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104704>. Acesso em: 15 nov. 2021.

MAPBIOMAS. **Brazilian land cover and use maps**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 16 maio 2020.

MARCHAND, F. *et al.* Key characteristics for tool choice in indicator- based sustainability assessment at farm level. **Ecology and Society**, Ottawa, v. 19, n. 3, [art.] 46, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06876-190346>. Acesso em: 13 dez. 2020.

MARQUES, P. R. *et al.* Competitiveness of beef farming in Rio Grande do Sul State, Brazil. **Agricultural Systems**, Barking, v. 104, p. 689-693, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.08.002>. Acesso em: 23 jun. 2020.

MEDEIROS, F. E. **Riscos ocupacionais na agricultura brasileira**. 2018. 24 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas, Centro de Ciências e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2018.

MEDEIROS, R. B. *et al.* Seed longevity of *Eragrostis Plana nees* buried in natural grassland soil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 43, p. 561-567, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014001100001>. Acesso em: 17 jul. 2020.

MEDEIROS, R. B.; FOCHT, T. Invasão, prevenção, controle e utilização do Capim-Annoni-2 (*Eragrostis Plana Nees*) no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 13, p. 105-114, 2007. Disponível em: <http://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/259>. Acesso em: 18 jul. 2020.

MERCIO, T. Z. *et al.* Integrated crop–livestock systems and beef cattle: risk and economics assessments. **Animal Production Science**, Melbourne, v. 61, p. 1694-

1705, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/AN20416>. Acesso em: 25 out. 2021.

MORAES, A. *et al.* Integrated crop-livestock systems as a solution facing the destruction of pampa and cerrado biomes in South America by intensive monoculture systems. *In*: LEMAIRE, G. *et al.* (ed.). **Agroecosystem diversity: reconciling contemporary agriculture and environmental quality**. Amsterdam: Academic Press, 2019. p. 257-273. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811050-8.00016-9>. Acesso em: 23 jun. 2020.

MORAES, A. *et al.* Integrated crops-livestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 57, p. 4-9, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.10.004>. Acesso em: 17 ago. 2020.

MOTTET, A. *et al.* Livestock: on our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. **Global Food Security**, Amsterdam, v. 14, p. 1-8, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.001>. Acesso em: 14 jun. 2020.

OIE - WORLD ORGANIZATION FOR ANIMAL HEALTH. **Animal welfare**. Paris, 2020. Disponível em: <https://www.woah.org/en/what-we-do/animal-health-and-welfare/animal-welfare/>. Acesso em: 12 dez. 2020.

OLIVEIRA, T. E. *et al.* Agricultural land use change in the Brazilian Pampa Biome: the reduction of natural grasslands. **Land Use Policy**, Guildford, v. 63, p. 394-400, 2017. Disponível em: <https://10.1016/j.landusepol.2017.02.010>. Acesso em: 8 jul. 2020.

OLTJEN, J. W.; BECKETT, J. L. Role of ruminant livestock in sustainable agricultural systems. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, p. 1406-1409, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/1996.7461406x>. Acesso em: 12 jun. 2020.

PEREIRA, P. R. R. X. *et al.* Climate change and beef supply chain in Southern Brazil. **The Journal of Agricultural Science**, London, v. 156, n. 6, p. 731-738, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0021859618000667>. Acesso em: 15 dez. 2020.

PÉREZ-LOMBARDINI, F. *et al.* Assessing sustainability in cattle silvopastoral systems in the Mexican tropics using the SAFA framework. **Animals**, Basel, v. 11, n. 1, [art.] 109, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani11010109>. Acesso em: 13 jan. 2021.

PETERSON, C. A.; DEISS, L.; GAUDIN, A. C. M. Commercial integrated crop-livestock systems achieve comparable crop yields to specialized production systems: a meta-analysis. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 15, n. 5, [art.] e0231840, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231840>. Acesso em: 16 nov. 2021.

PILLAR, V. P.; ANDRADE, B. O.; DADALT, L. Serviços ecossistêmicos. *In*: PILLAR, V. P.; LANGE, O. (ed.). **Os campos do sul**. Porto Alegre: Rede Campos Sulinos-UFRGS, 2015. cap. 11, p. 117-119. Disponível em:

http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br/Camposdosul/Campos_do_Sul.pdf. Acesso em: 13 ago. 2020.

POLICARDO, L.; PUNZO, L. F.; CARRERA, E. J. S. On the wage–productivity causal relationship. **Empirical Economics**, Vienna, v. 57, p. 329–343, 2019. Disponível em: <https://10.1007/s00181-018-1428-5>. Acesso em: 15 jun. 2020.

QUEIROZ, R. G. *et al.* How do Brazilian citizens perceive animal welfare conditions in poultry, beef, and dairy supply chains? **PLoS ONE**, San Francisco, v. 13, n. 12, [art.] e0202062, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202062>. Acesso em: 15 dez. 2020.

REBACK, J. *et al.* **pandas-dev/pandas**: Pandas 1.0.3: version v1.0.3. Genève: Zenodo, 2020. Disponível em: <http://doi.org/10.5281/zenodo.3715232>. Acesso em: 5 fev. 2021.

REIS, J. C. L.; SAIBRO, J. C. Integração do arroz com pastagens cultivadas e pecuária. *In*: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. (ed.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 831–859.

REIS, J. *et al.* Assessing the economic viability of integrated crop–livestock systems in Mato Grosso, Brazil. **Renewable Agriculture and Food Systems**, Greenbelt, v. 35, p. 631–642, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S1742170519000280>. Acesso em: 12 jan. 2021.

RIBEIRO, M. C. C.; ALVES, A. S. Aplicação do método Analytic Hierarchy Process (AHP) com a mensuração absoluta num problema de seleção qualitativa. **Revista Sistemas & Gestão**, Niterói, v. 11, p. 270–281, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.20985/1980-5160.2016.v11n3.988>. Acesso em: 16 jun. 2020.

ROESCH, L. F. W. *et al.* The Brazilian Pampa: a fragile biome. **Diversity**, Basel, v. 1, p. 182–198, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/d1020182>. Acesso em: 15 out. 2021.

RUVIARO, C. F. *et al.* Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: a case study. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 96, p. 435–443, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.037>. Acesso em: 17 jul. 2020.

RUVIARO, C. F. *et al.* Economic and environmental feasibility of beef production in different feed management systems in the Pampa Biome, southern Brazil. **Ecological Indicators**, New York, v. 60, p. 930–939, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.042>. Acesso em: 28 set. 2020.

SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 48, p. 9–26, 1990. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-l](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-l). Acesso em: 10 jun. 2020.

SILVA, L. A.; HERNANDEZ, C. T.; BRANDALISE, C. Avaliação de criticidade de peças sobressalentes utilizando o método Analytic Hierarchy Process com Ratings.

Revista Sistemas & Gestão, Niterói, v. 14, p. 166-176, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20985/1980-5160.2019.v14n2.1500>. Acesso em: 25 ago. 2020.

SILVA, A. P. S. P. *et al.* Sheep industry in the State of Rio Grande do Sul, Brazil: description of the production system and the main health and reproductive aspects. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 12, p. 1441-1446, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2013001200010>. Acesso em: 24 nov. 2021.

STRECK, E. V. *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2008.

VAN DER LINDEN, A. *et al.* A review of European models to assess the sustainability performance of livestock production systems. **Agricultural Systems**, Barking, v. 182, [art.] 102842, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102842>. Acesso em: 22 out. 2020.

VARGAS, L. *et al.* Buva (*Conyza bonariensis*) resistente ao glyphosate na região sul do Brasil. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 573-578, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000300017>. Acesso em: 15 nov. 2020.

VARGAS, R. V. Using the Analytic Hierarchy Process (AHP) to select and prioritize projects in a portfolio. *In: PMI® GLOBAL CONGRESS 2010 – NORTH AMERICA*, 2010, Washington, DC. [Paper ...]. Newtown Square: Project Management Institute; Evanston, Ill.: EIS, 2010. p. 1-22. Disponível em: <https://www.pmi.org/learning/library/analytic-hierarchy-process-prioritize-projects-6608>. Acesso em: 13 ago. 2020.

VASCONCELOS, K. *et al.* Livestock-derived greenhouse gas emissions in a diversified grazing system in the endangered Pampa biome, Southern Brazil. **Land Use Policy**, Guildford, v. 75, p. 442–448, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.03.056>. Acesso em: 22 nov. 2020.

WEDEKIN, I. **Economia da pecuária de corte**. São Paulo: Wedekin Consultores, 2017. 180 p.

APÊNDICES

Apêndice 1. Normas para elaboração de trabalhos para a submissão na revista Agricultural Systems (<https://www.elsevier.com/journals/agricultural-systems/0308-521X/guide-for-authors>)

Apêndice 2. Normas para elaboração de trabalhos para a submissão na revista Journal of Cleaner Production (<https://www.elsevier.com/journals/journal-of-cleaner-production/0959-6526/guide-for-authors>)

ANEXOS

Anexo artigo 1

Análise de componentes principais (PCA)

	Df	SumsOfSqs	MeanSqs	F.Model	R2	Pr(>F)
`df\$Region`	5	0,61214	0,12243	1,164	0,2092	0,2
Residuals	22	2,31395	0,10518	0,7908		
Total	27	2,9261	1			

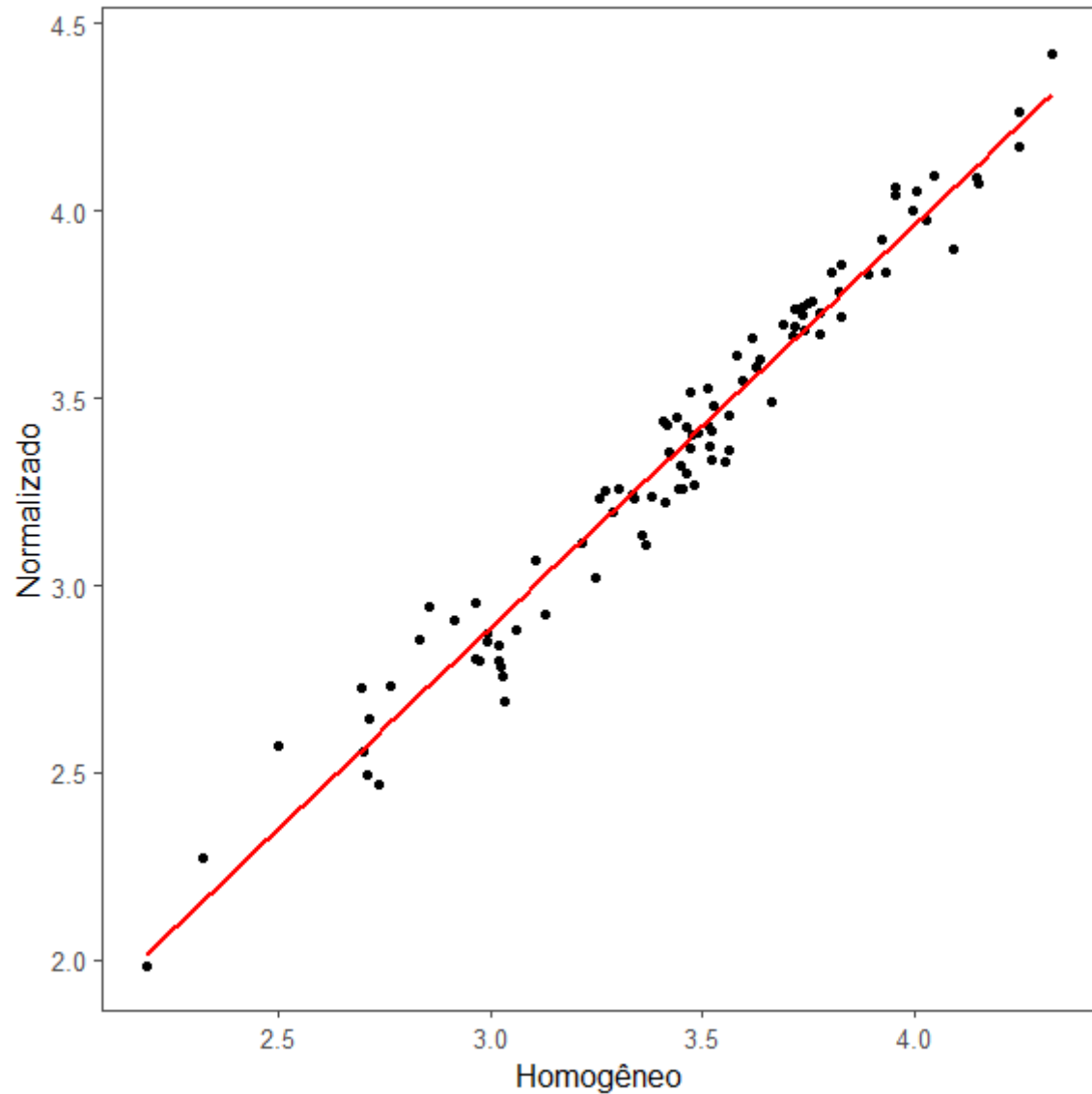
Number of eigenvalues >0.0001: 19
 Eigenvalues: 2,8698 2,4021 2,3381 1,9999 1,6993
 Percentage: 14,349 12,01 11,69 9,9993 8,4965

Anexo artigo 2

```
##
## Call:
## lm(formula = df$Homogêneo ~ df$Normalizado)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.232957 -0.058013 -0.001871  0.061295  0.195998
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)    0.42449    0.06171   6.878 6.63e-10 ***
## df$Normalizado 0.89698    0.01818  49.334 < 2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.08499 on 94 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.9628, Adjusted R-squared:  0.9624
## F-statistic: 2434 on 1 and 94 DF,  p-value: < 2.2e-16
```



```
## `geom_smooth()` using formula 'y ~ x'
```



```
##
## Call:
## lm(formula = df$Indice ~ df$Wma + df$SPS + df$SOM + df$Ahe +
##     df$ANH + df$Nre + df$NCf + df$Pco + df$Pco + df$CeP + df$RSy +
##     df$PDF + df$SHT + df$Ere + df$HCMC + df$Cde + df$Wle)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -1.131e-15 -3.054e-16 -5.450e-17  2.362e-16  4.613e-15
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error  t value Pr(>|t|)
## (Intercept) 6.345e-16  1.195e-15  5.310e-01  0.597
```

```

## df$Wma      1.000e+00  1.198e-15  8.346e+14  <2e-16 ***
## df$SPS      1.000e+00  1.325e-15  7.544e+14  <2e-16 ***
## df$SOM      1.000e+00  1.690e-15  5.917e+14  <2e-16 ***
## df$Ahe      1.000e+00  2.472e-15  4.046e+14  <2e-16 ***
## df$ANH      1.000e+00  3.211e-15  3.114e+14  <2e-16 ***
## df$Nre      1.000e+00  1.965e-15  5.090e+14  <2e-16 ***
## df$NCF      1.000e+00  1.885e-15  5.304e+14  <2e-16 ***
## df$Pco      1.000e+00  1.261e-15  7.928e+14  <2e-16 ***
## df$CeP      1.000e+00  9.859e-16  1.014e+15  <2e-16 ***
## df$RSy      1.000e+00  1.021e-15  9.797e+14  <2e-16 ***
## df$PDF      1.000e+00  1.176e-15  8.504e+14  <2e-16 ***
## df$SHT      1.000e+00  1.071e-15  9.335e+14  <2e-16 ***
## df$Ere      1.000e+00  1.310e-15  7.636e+14  <2e-16 ***
## df$HCMC     1.000e+00  1.373e-15  7.280e+14  <2e-16 ***
## df$Cde      1.000e+00  1.759e-15  5.686e+14  <2e-16 ***
## df$Wle      1.000e+00  1.553e-15  6.439e+14  <2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 6.913e-16 on 79 degrees of freedom
## Multiple R-squared:      1, Adjusted R-squared:      1
## F-statistic: 2.388e+30 on 16 and 79 DF, p-value: < 2.2e-16
##
## Call:
## lm(formula = df$Indice ~ df$Wma + df$SPS + df$SOM + df$Ahe +
##     df$ANH + df$Nre + df$NCF + df$Pco + df$Pco + df$CeP + df$RSy +
##     df$PDF + df$SHT + df$Ere + df$HCMC + df$Cde + df$Wle)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -1.666e-15 -3.787e-16  1.740e-17  2.978e-16  5.498e-15
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error  t value Pr(>|t|)
## (Intercept)  2.357e-15  1.491e-15  1.581e+00   0.118
## df$Wma      1.000e+00  8.475e-16  1.180e+15  <2e-16 ***
## df$SPS      1.000e+00  1.917e-15  5.217e+14  <2e-16 ***
## df$SOM      1.000e+00  2.756e-15  3.629e+14  <2e-16 ***
## df$Ahe      1.000e+00  4.318e-15  2.316e+14  <2e-16 ***

```

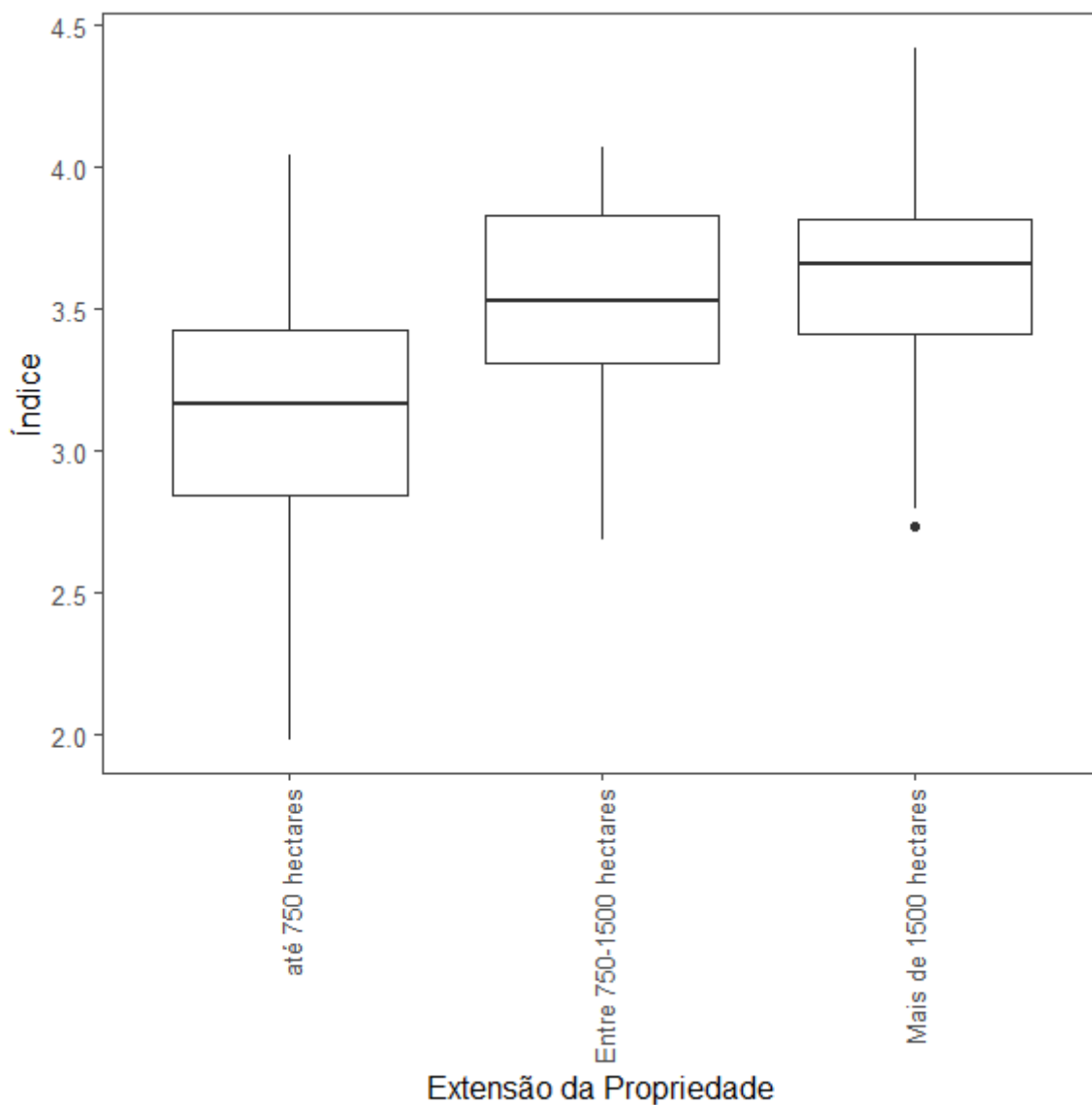
```

## df$ANH      1.000e+00  5.623e-15  1.778e+14  <2e-16 ***
## df$Nre      1.000e+00  1.759e-15  5.684e+14  <2e-16 ***
## df$NCF      1.000e+00  1.839e-15  5.439e+14  <2e-16 ***
## df$Pco      1.000e+00  1.527e-15  6.550e+14  <2e-16 ***
## df$CeP      1.000e+00  1.254e-15  7.976e+14  <2e-16 ***
## df$RSy      1.000e+00  1.557e-15  6.424e+14  <2e-16 ***
## df$PDF      1.000e+00  2.411e-15  4.148e+14  <2e-16 ***
## df$SHT      1.000e+00  9.132e-16  1.095e+15  <2e-16 ***
## df$Ere      1.000e+00  1.444e-15  6.925e+14  <2e-16 ***
## df$HCMC     1.000e+00  1.909e-15  5.239e+14  <2e-16 ***
## df$Cde      1.000e+00  2.605e-15  3.838e+14  <2e-16 ***
## df$Wle      1.000e+00  2.631e-15  3.800e+14  <2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 8.625e-16 on 79 degrees of freedom
## Multiple R-squared:      1, Adjusted R-squared:      1
## F-statistic: 1.836e+30 on 16 and 79 DF, p-value: < 2.2e-16
##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data: df2$Indice
## W = 0.98833, p-value = 0.5626
## [1] "Valor de p maior que 0,05, ou seja, aceita-se que os dados são normais"

##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## df2$Extensão  2  4.875  2.4377  13.36 7.96e-06 ***
## Residuals    93 16.975  0.1825
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
## Tukey multiple comparisons of means
## 95% family-wise confidence level
##
## Fit: aov(formula = glm(df2$Indice ~ df2$Extensão))
##
## $`df2$Extensão`
##
##           diff           lwr           upr
## Entre 750-1500 hectares-até 750 hectares  0.3921219  0.1377288  0.6465150

```

```
## Mais de 1500 hectares-até 750 hectares      0.4970163  0.2426233  0.7514094
## Mais de 1500 hectares-Entre 750-1500 hectares 0.1048944 -0.1888534  0.3986422
##
## p adj
## Entre 750-1500 hectares-até 750 hectares      0.0011620
## Mais de 1500 hectares-até 750 hectares        0.0000320
## Mais de 1500 hectares-Entre 750-1500 hectares 0.6726588
```

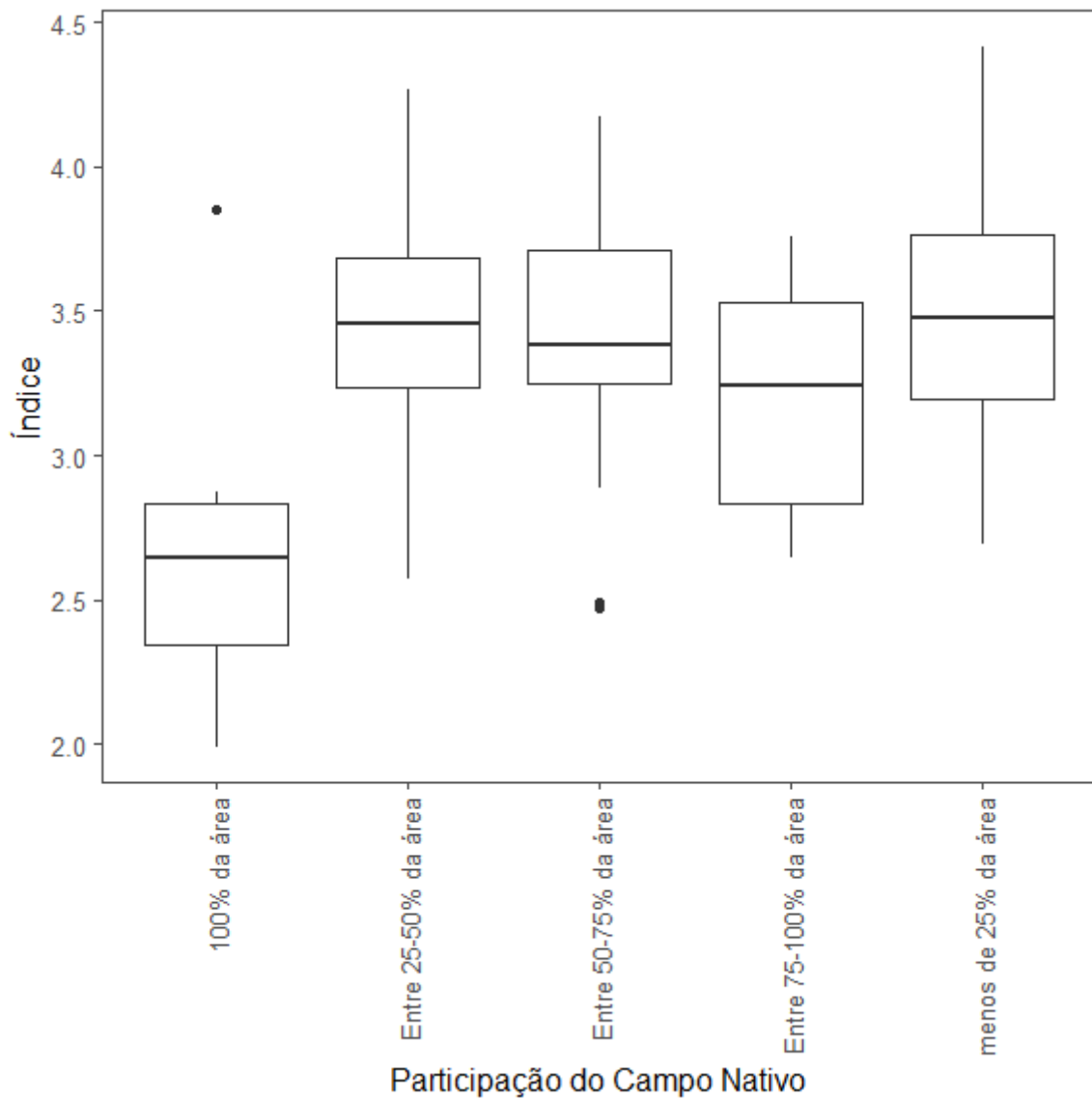


```
##
## Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## df2$`Participação do campo nativo`  4  3.617  0.9042  4.513 0.00227 **
## Residuals                          91 18.233  0.2004
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
## Tukey multiple comparisons of means
## 95% family-wise confidence level
##
```

```

## Fit: aov(formula = glm(df2$Indice ~ df2$`Participação do campo nativo`))
##
## $`df2$`Participação do campo nativo`
##
##              diff          lwr          upr
## Entre 25-50% da área-100% da área    0.73935428  0.14776005  1.3309485
## Entre 50-75% da área-100% da área    0.69895727  0.12516836  1.2727462
## Entre 75-100% da área-100% da área    0.50514559 -0.07826953  1.0885607
## menos de 25% da área-100% da área    0.77433251  0.22008815  1.3285769
## Entre 50-75% da área-Entre 25-50% da área -0.04039701 -0.44270310  0.3619091
## Entre 75-100% da área-Entre 25-50% da área -0.23420869 -0.65012896  0.1817116
## menos de 25% da área-Entre 25-50% da área  0.03497823 -0.33892455  0.4088810
## Entre 75-100% da área-Entre 50-75% da área -0.19381168 -0.58399067  0.1963673
## menos de 25% da área-Entre 50-75% da área  0.07537524 -0.26966572  0.4204162
## menos de 25% da área-Entre 75-100% da área  0.26918692 -0.09163540  0.6300092
##
##              p adj
## Entre 25-50% da área-100% da área    0.0067912
## Entre 50-75% da área-100% da área    0.0089364
## Entre 75-100% da área-100% da área    0.1219830
## menos de 25% da área-100% da área    0.0017562
## Entre 50-75% da área-Entre 25-50% da área  0.9986400
## Entre 75-100% da área-Entre 25-50% da área  0.5220742
## menos de 25% da área-Entre 25-50% da área  0.9989704
## Entre 75-100% da área-Entre 50-75% da área  0.6403624
## menos de 25% da área-Entre 50-75% da área  0.9734961
## menos de 25% da área-Entre 75-100% da área  0.2392565

```

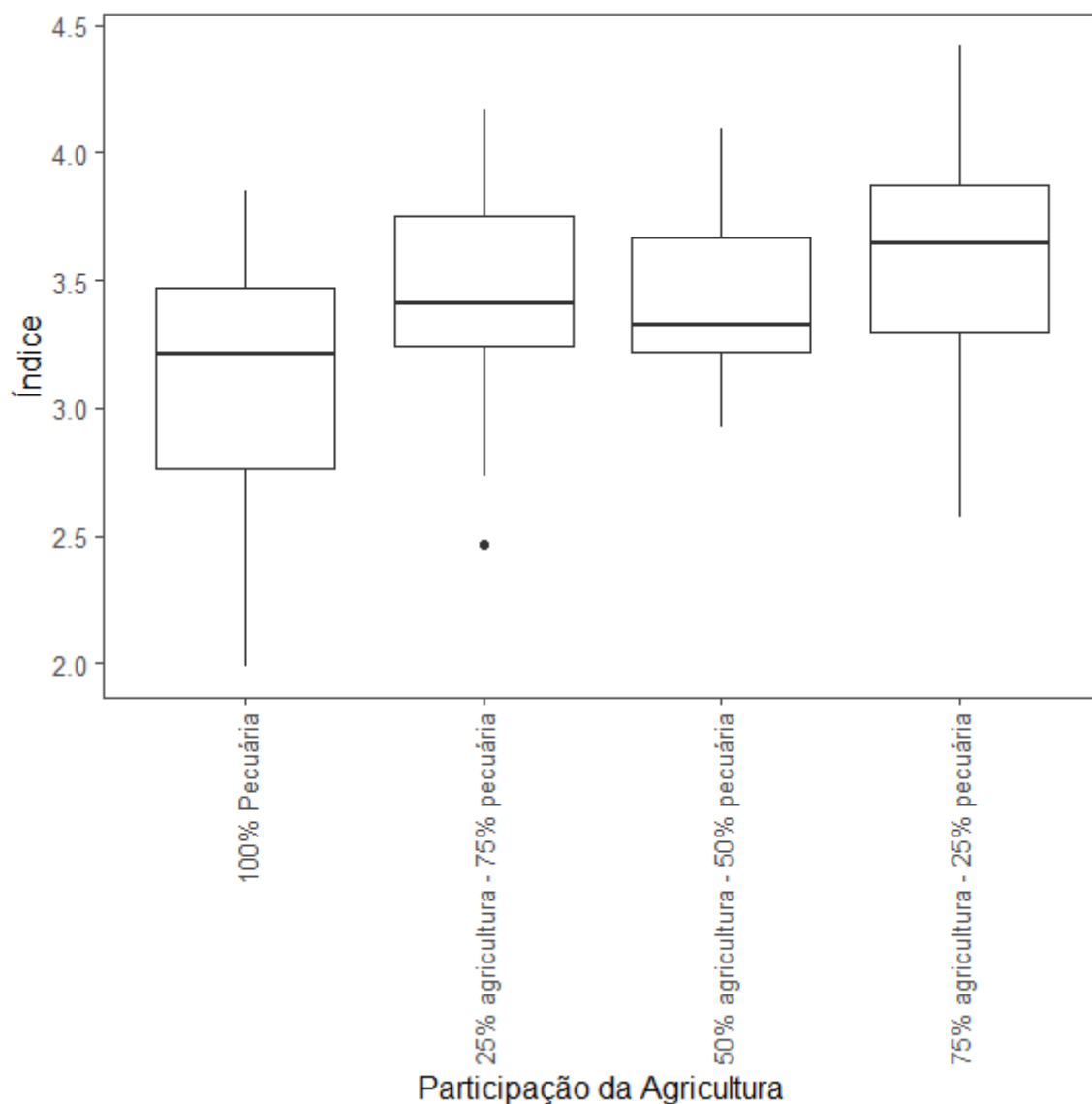


```
##                               Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## df2$`Participação da agricultura` 3  2.839  0.9462  4.579 0.00492 **
## Residuals                        92 19.011  0.2066
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
## Tukey multiple comparisons of means
## 95% family-wise confidence level
##
## Fit: aov(formula = glm(df2$Índice ~ df2$`Participação da agricultura`))
##
## $`df2$`Participação da agricultura`
##
##                                     diff
## 25% agricultura - 75% pecuária-100% Pecuária 0.323568623
## 50% agricultura - 50% pecuária-100% Pecuária 0.322134370
```

```

## 75% agricultura - 25% pecuária-100% Pecuária          0.439550937
## 50% agricultura - 50% pecuária-25% agricultura - 75% pecuária -0.001434253
## 75% agricultura - 25% pecuária-25% agricultura - 75% pecuária 0.115982314
## 75% agricultura - 25% pecuária-50% agricultura - 50% pecuária 0.117416567
##
##                                     lwr
## 25% agricultura - 75% pecuária-100% Pecuária          0.02351060
## 50% agricultura - 50% pecuária-100% Pecuária          -0.07282688
## 75% agricultura - 25% pecuária-100% Pecuária          0.09618125
## 50% agricultura - 50% pecuária-25% agricultura - 75% pecuária -0.39093011
## 75% agricultura - 25% pecuária-25% agricultura - 75% pecuária -0.22108647
## 75% agricultura - 25% pecuária-50% agricultura - 50% pecuária -0.30634627
##
##                                     upr
## 25% agricultura - 75% pecuária-100% Pecuária          0.6236266
## 50% agricultura - 50% pecuária-100% Pecuária          0.7170956
## 75% agricultura - 25% pecuária-100% Pecuária          0.7829206
## 50% agricultura - 50% pecuária-25% agricultura - 75% pecuária 0.3880616
## 75% agricultura - 25% pecuária-25% agricultura - 75% pecuária 0.4530511
## 75% agricultura - 25% pecuária-50% agricultura - 50% pecuária 0.5411794
##
##                                     p adj
## 25% agricultura - 75% pecuária-100% Pecuária          0.0293620
## 50% agricultura - 50% pecuária-100% Pecuária          0.1500681
## 75% agricultura - 25% pecuária-100% Pecuária          0.0063493
## 50% agricultura - 50% pecuária-25% agricultura - 75% pecuária 0.9999997
## 75% agricultura - 25% pecuária-25% agricultura - 75% pecuária 0.8046494
## 75% agricultura - 25% pecuária-50% agricultura - 50% pecuária 0.8868624

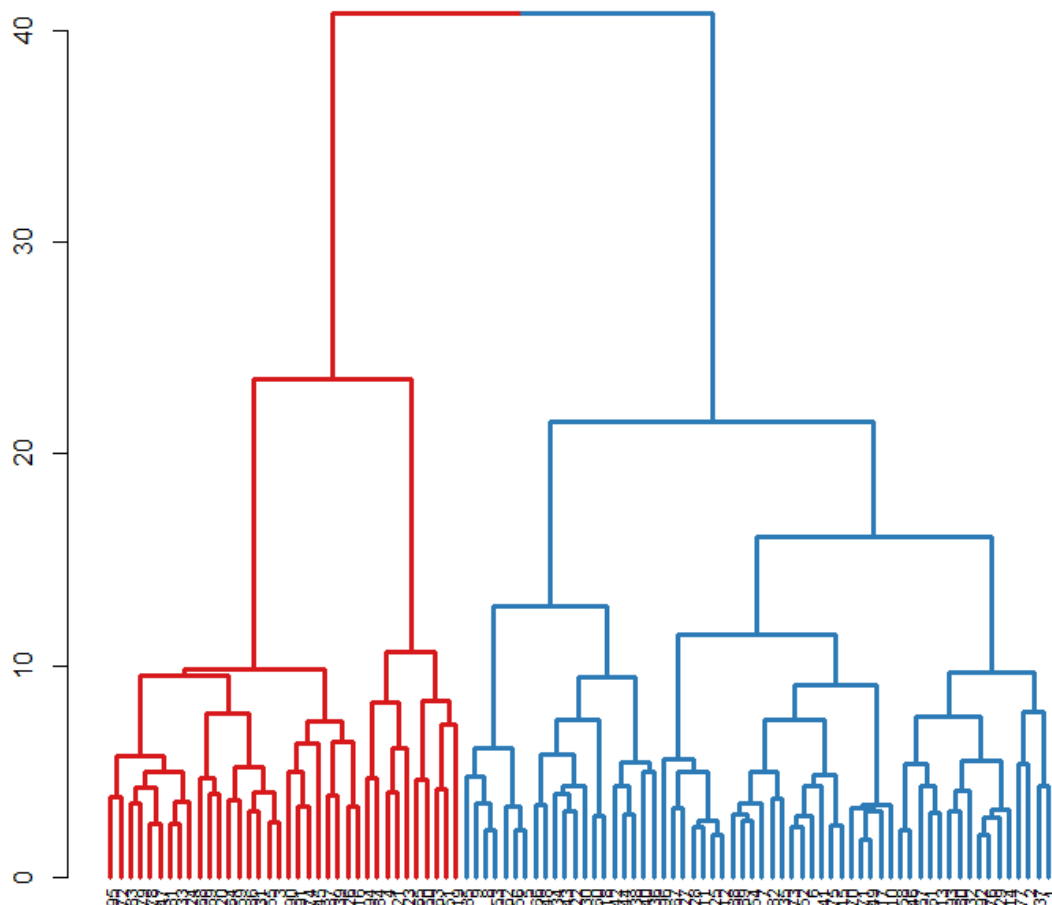
```

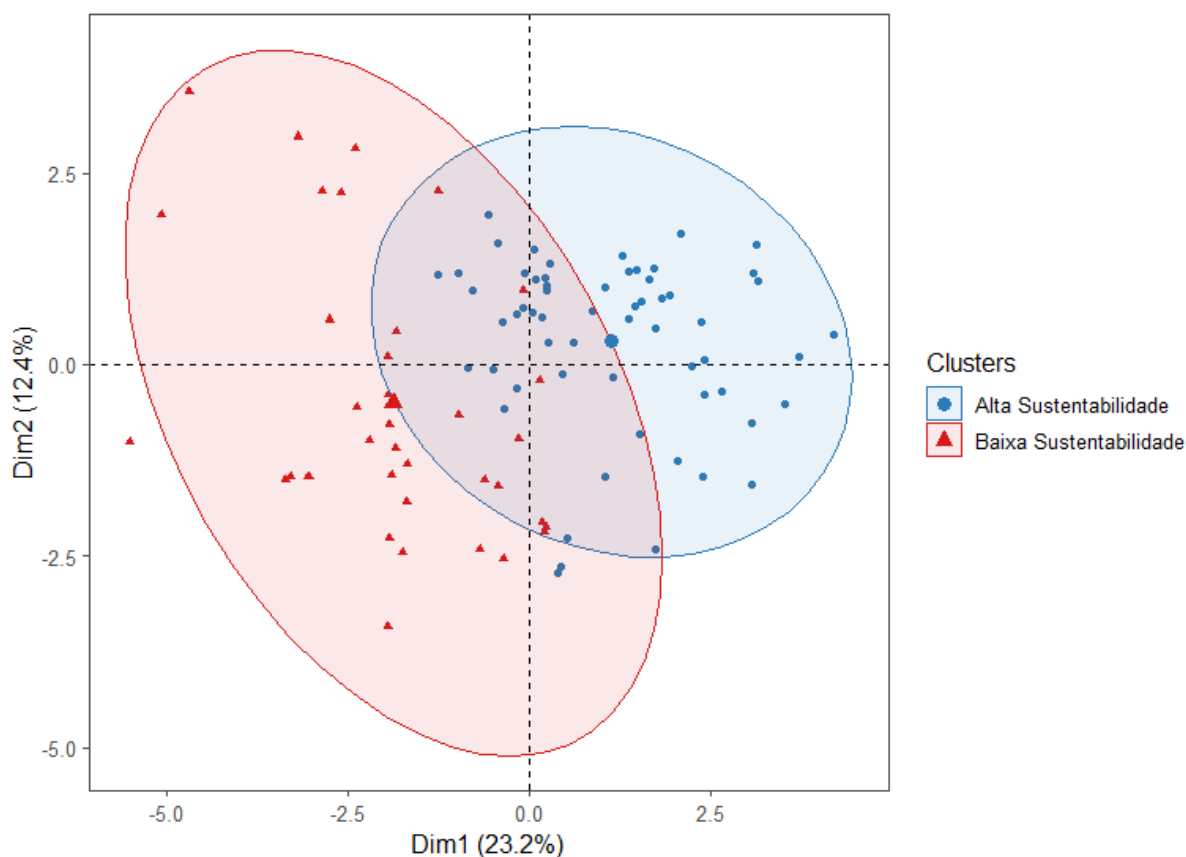


```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## df2$`Faixa Etária`  2  0.276   0.138   0.595  0.554
## Residuals          93 21.574   0.232
```

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## df2$`Sistema de produção`  8  1.339   0.1673   0.71  0.682
## Residuals                  87 20.511   0.2358
```

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## df2$Região  3  1.409   0.4697   2.114  0.104
## Residuals  92 20.441   0.2222
```



Valores apropriados na avaliação dos indicadores

Nre	
Em relação as receitas líquidas (receitas - despesas + impostos e juros), como foi o desempenho da propriedade nos últimos 5 anos?	Valor Apropriado
Negativo nos últimos 5 anos	1
Positivo em 1 ou 2 anos	2
Positivo em 3 anos	3
Positivo em 4 anos	4
Positivo nos últimos 5 anos	5

Pco*	
A propriedade possui pessoal treinado (gestor, colaborador ou terceirizado) para realizar os registros e cálculos dos custos de produção? (A)	Valor Apropriado
Não	1
Sim	2

Quais as informações são calculadas a partir dos custos de produção (selecione as opções que se aplicam a propriedade) (B)	Valor Apropriado
Custo por unidade de produto	1
Custo anual	1

Break even - ponto de equilíbrio	1
----------------------------------	---

* O escore final feito pela soma de (A+B)

RSy*	
<i>a propriedade identifica animais (tatuagens/brincos) e processos produtivos (registro de atividades, tais como manejo sanitário, troca de piquetes, período e tipo de suplementação, etc..) (A)</i>	Valor Apropriado
Não	1
somente identificação animais	2
somente processos produtivos	2
Sim, ambos	3

<i>em relação a identificação de animais, qual o percentual de animais é identificado? (B)</i>	Valor Apropriado
menos de 20% dos animais são identificados	0,2
entre 20% e 40% dos animais são identificados	0,4
entre 40% e 60% dos animais são identificados	0,6
entre 60% e 80% dos animais são identificados	0,8
entre 80 e 100% dos animais são identificados	1

<i>em relação ao registro de atividades do processo produtivo, qual o percentual destas atividades é registrado? (C)</i>	Valor Apropriado
menos de 20% das atividades são registradas	0,2
entre 20% e 40% das atividades são registradas	0,4
entre 40% e 60% das atividades são registradas	0,6
entre 60% e 80% das atividades são registradas	0,8
entre 80 e 100% das atividades são registradas	1

*O escore final é feito pela soma aritmética das três métricas (A+B+C)

NCF	
<i>Em relação ao fluxo de caixa (entradas financeiras - saídas financeiras), como foi o desempenho da propriedade nos últimos 5 anos?</i>	Valor Apropriado
Negativo nos últimos 5 anos	1
Positivo em 1 ou 2 anos	2
Positivo em 3 anos	3
Positivo em 4 anos	4
Positivo nos últimos 5 anos	5

CeP*	
<i>A propriedade comercializa (vende) e utiliza (compra) algum produto com certificação (auditoria externa) (A)</i>	Valor Apropriado
Não	1
Sim - Somente utilizo produtos certificados	2
Sim - Somente comercializo produtos certificados	2
Sim, ambos	3

Qual o percentual da produção é comercializada com certificação? (B)	Valor Apropriado
menos de 20% da produção é comercializada com certificação	0,2
entre 20% e 40% da produção é comercializada com certificação	0,4
entre 40% e 60% da produção é comercializada com certificação	0,6
entre 60% e 80% da produção é comercializada com certificação	0,8
entre 80 e 100% da produção é comercializada com certificação	1

Que percentual de produtos certificados é utilizado na produção agropecuária (C)	Valor Apropriado
menos de 20% dos produtos utilizados tem certificação	0,2
entre 20% e 40% dos produtos utilizados tem certificação	0,4
entre 40% e 60% dos produtos utilizados tem certificação	0,6
entre 60% e 80% dos produtos utilizados tem certificação	0,8
entre 80 e 100% dos produtos utilizados tem certificação	1

*O escore final é feito pela soma aritmética das três métricas (A+B+C)

PDf*	
Em relação a diversidade de produtos comercializados (grãos, sementes, diferentes espécies vegetais e animais etc.) na propriedade, quantos tipos de produtos são comercializados? (A)	Valor Apropriado
Apenas 1 produto é comercializado	1
Pelo menos 2 produtos são comercializados	2
3 produtos ou mais são comercializados	3

Foi realizado algum estudo para analisar o risco de ampliação da diversificação de produtos comercializáveis? (B)	Valor Apropriado
Não foi realizado estudo	0
Sim - Estudo de risco mostrou viabilidade para ampliação da diversidade de produtos	2
Sim - Estudo não mostrou viabilidade para ampliação da diversidade de produtos	2

*O escore final é feito pela soma aritmética das duas métricas (A+B)

Water management*		
Dentre as práticas utilizadas na propriedade, indique quais são utilizadas para o uso racional da água (selecione todas as alternativas que se aplicam ao caso)	Valor Apropriado	Percentual de adoção
Manutenção e limpeza periódica de canais, açudes e barragens (a cada 5 anos)	1	56%
Manutenção e correto dimensionamento de sistemas de irrigação e distribuição de água	1	24%
Monitoramento da umidade do solo	1	9%
Manutenção da cobertura vegetal dos solos o ano todo	1	57%
Utiliza sistema de coleta de água	1	19%

Utiliza variedades de espécies vegetais e raça/cruzamentos de raças adaptados ao ambiente de produção	1	63%
---	---	-----

* escore final considera no máximo 5 práticas com escore final máximo 5

SPS	
<i>Em relação a estrutura dos solos na propriedade, é possível dizer</i>	Valor Apropriado
Existe sinais MUITO FORTES de compactação ou erosão dos solos (mais de 10%)	1
Existe sinais FORTES de compactação ou erosão dos solos (até 10% da área)	2
Existe sinais MODERADOS de compactação ou erosão dos solos (até 7% da área)	3
Existe sinais LEVES de compactação ou erosão dos solos (até 5% da área)	4
Existe sinais MUITO LEVES de compactação ou erosão dos solos (até 2% da área)	5
Não existe sinais de erosão e compactação dos solos	5

SMO	
<i>Quanto aos teores de matéria orgânica dos solos nas áreas , de forma geral, é possível estabelecer (segundo interpretação da análise de solo dos último 5 anos)</i>	Valor Apropriado
A matéria orgânica nas áreas apresenta níveis MUITO BAIXOS	1
A matéria orgânica nas áreas apresenta níveis BAIXOS	2
A matéria orgânica nas áreas apresenta níveis MÉDIOS	3
A matéria orgânica nas áreas apresenta níveis ALTOS	4
A matéria orgânica nas áreas apresenta níveis MUITO ALTOS	5

Ahe	
<i>São utilizados calendário de vacinação e programa de prevenção de doenças (A)</i>	Valor Apropriado
Não são realizadas nenhuma das ações	1
Somente calendário de vacinação na propriedade	2
Somente programa de prevenção de doenças na propriedade	2
São realizadas as duas ações	3

<i>Qual a taxa de mortalidade dos animais da propriedade em função de doenças (B)</i>	Valor Apropriado
A taxa de mortalidade é mais que 10% do total do rebanho	0,2
A taxa de mortalidade fica entre 7%-10% do total do rebanho	0,4
A taxa de mortalidade fica entre 5%-7% do total do rebanho	0,6
A taxa de mortalidade fica entre 2%-5% do total do rebanho	0,8
A taxa de mortalidade é menor que 2% do total do rebanho	1

<i>Em relação ao acompanhamento de profissional de saúde animal (C)</i>	Valor Apropriado
A propriedade recebe visitas de profissionais da saúde animal em casos extremos	0,2
A propriedade recebe visita de profissionais da saúde animal 1 vez por ano	0,4

A propriedade recebe visita de profissionais da saúde animal 1 vez por semestre	0,6
A propriedade recebe visita de profissionais da saúde animal pelo menos 1 vez por mês	0,8
A propriedade recebe visita de profissionais da saúde animal pelo menos 2 vezes por mês	1

*O escore final é feito pela soma aritmética das duas métricas (A+B+C)

ANH	
Em relação as condições de criação animal e bem estar animal pode-se estabelecer	Valor Apropriado
menos de 20% dos animais tem as necessidades contempladas	1
entre 20%-40% dos animais tem as necessidades contempladas	2
entre 40%-60% dos animais tem as necessidades contempladas	3
entre 40%-60% dos animais tem as necessidades contempladas	4
entre 80% e 100% dos animais tem as necessidades contempladas	5

Wle	
Qual a média dos salários brutos (sem descontos) dos funcionários da propriedade, com base no salário de R\$ 1 340,83	Valor apropriado
entre 1,0-1,25 salários rurais	1
entre 1,25-1,5 salários rurais	2
entre 1,5-1,75 salários rurais	3
entre 1,75-2,0 salários rurais	4
Mais de 2,0 salários rurais	5

Cde	
São oferecidos cursos de capacitação para os funcionários	Valor apropriado
Não são oferecidos cursos de capacitação	1
Sim, pelo menos uma vez ao ano	2
Sim, pelo menos duas vezes ao ano	3
Sim, pelo menos três vezes ao ano	4
Sim, pelo menos quatro vezes ao ano	5

HCMC*	
Ao contratar e demitir funcionários, é feito exame médico de admissão/demissão (A)	Valor apropriado
Não	1
Somente de demissão	2
Somente de admissão	2
Em ambos os casos	3

A propriedade disponibiliza transporte para consultas médicas e vacinações (B)	Valor apropriado
Não se aplica	0,4
Sim, dependendo da gravidade	0,8

Sim, quando há disponibilidade	1,2
Sim, somente para funcionários	1,6
Sim, para funcionários e familiares	2

*O escore final é feito pela soma aritmética das duas métricas (A+B)

SHT*	
São realizados treinamentos (anualmente) para a manipulação de produtos químicos (carrapaticidas, medicamentos, agro defensivos etc.)? (A)	Valor apropriado
Não	1
Sim, somente para quem manipula produtos químicos	2
Sim, independente da atividade do funcionário	3

São realizados treinamentos (anualmente) de prevenção para a manipulação de produtos químicos regularmente (carrapaticidas, medicamentos, agro defensivos etc.) (B)	Valor apropriado
menos de 20% dos funcionários que manipulam produtos químicos	0,4
entre 20%-40% dos funcionários que manipulam produtos químicos	0,8
entre 40%-60% dos funcionários que manipulam produtos químicos	1,2
entre 60%-80% dos funcionários que manipulam produtos químicos	1,6
entre 80%-100% dos funcionários que manipulam produtos químicos	2

São realizados treinamentos para a prevenção de acidentes regularmente (anual)? (C)	Valor apropriado
Não	1
Sim, somente para quem atua em atividades de risco	2
Sim, independente da atividade do funcionário	3

São realizados treinamentos(anualmente) de prevenção de acidentes (segurança do trabalho, uso de EPIs etc.) (D)	Valor apropriado
menos de 20% dos funcionários que manipulam produtos químicos	0,4
entre 20%-40% dos funcionários que manipulam produtos químicos	0,8
entre 40%-60% dos funcionários que manipulam produtos químicos	1,2
entre 60%-80% dos funcionários que manipulam produtos químicos	1,6
entre 80%-100% dos funcionários que manipulam produtos químicos	2

** O escore final é feito pela média das somas dos itens (A+B)+ (C+D)/2

Ere	
Quando da contratação de novos funcionários, qual o percentual de funcionários permanece após o período de experiência	Valor apropriado
Menos de 20% dos funcionários que cumprem o período de experiência permanecem na propriedade	1
entre 20%-40% dos funcionários que cumprem o período de experiência permanecem na propriedade	2
entre 40%-60% dos funcionários que cumprem o período de experiência permanecem na propriedade	3
entre 60%-80% dos funcionários que cumprem o período de experiência permanecem na propriedade	4
entre 80%-100% dos funcionários que cumprem o período de experiência permanecem na propriedade	5

VITA

Luiz Antonio Vieira Queiroz Filho, filho de Luiz Antonio Vieira Queiroz e Maria Tereza Bom Queiroz, nascido em 1 de agosto de 1978, em Uruguaiana – RS. Cursou o ensino fundamental na E.E. Romagueira Corrêa e no Colégio Marista Sant’Ana, onde completou seus estudos, na cidade natal. Em 2009, formou-se em agronomia pela Faculdade de Agronomia, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Durante o período de graduação, realizou estágio em diversas instituições tais com o Instituto Riograndense do Arroz (IRGA), além de empresas privadas na área de produção (GAP-Genética, Rancharia-SP), consultoria em gestão agropecuária (SAFRAS & CIFRAS, Pelotas-RS) e consultoria em produção agropecuária (Vetagro, Uruguaiana-RS). Além disso, entre os anos de 2000-2001, frequentou o curso de Economia da PUCRS, tendo realizado estágio como bolsista de iniciação científica, em projeto de diagnóstico socioeconômico do município de Uruguaiana. Em março de 2010, ingressou no curso de mestrado em zootecnia, sob orientação do professor Dr. Júlio Otávio Jardim Barcellos – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (UFRGS), sendo bolsista da CAPES, onde alcançou grau em fevereiro de 2012, tendo como tema “Parâmetros produtivos do uso de pastagens temperadas irrigadas na terminação de bovinos de corte” (<http://hdl.handle.net/10183/60527>). Entre os anos de 2012-2018, desenvolveu trabalho de assessoria e consultoria, tendo constituído empresa “Queirozpec- Assessoria e consultoria”. Prestou serviço continuado, neste período, para várias empresas com atividade relacionada a produção de bovinos de corte, tendo atuado na área de implantação e manejo de pastagens. Em abril de 2018, ingressou no curso de doutorado, pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – UFRGS, sob orientação dos professores Júlio Otávio Barcellos e coorientação do professor da Universidad de Chile, Dr. Claus Kobrich. Com bolsa de estudos concedida pelo CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, desenvolveu a tese “Avaliação de parâmetros de sustentabilidade em sistemas de produção de bovinos de corte no bioma Pampa brasileiro”. Foi submetido a banca de defesa da tese em maio de 2022.