

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

ANNA ISABEL CAPUTTI PEREIRA SUÑÉ

**RASTREABILIDADE NA CADEIA DA CARNE BOVINA NO RIO GRANDE DO
SUL: PERCEPÇÕES DOS ATORES E ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA
TOMADA DE DECISÃO**

Porto Alegre

2023

ANNA ISABEL CAPUTTI PEREIRA SUÑÉ

Médica Veterinária / URCAMP

Mestre em Zootecnia / UFPel

**RASTREABILIDADE NA CADEIA DA CARNE BOVINA NO RIO GRANDE DO
SUL: PERCEPÇÕES DOS ATORES E ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA
TOMADA DE DECISÃO**

Tese apresentada como requisito para obtenção do Grau de Doutora em Zootecnia, na Faculdade de Agronomia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Júlio Otávio Jardim Barcellos

Porto Alegre

2023

CIP - Catalogação na Publicação

Suñé , Anna Isabel Caputti Pereira
RASTREABILIDADE NA CADEIA DA CARNE BOVINA NO RIO
GRANDE DO SUL: PERCEPÇÕES DOS ATORES E ANÁLISE
MULTICRITÉRIO PARA TOMADA DE DECISÃO / Anna Isabel
Caputti Pereira Suñé . -- 2023.
154 f.
Orientador: Júlio Otávio Jardim Barcellos.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Rastreabilidade . 2. Cadeia Produtiva . 3. Carne
Bovina . 4. Percepção . 5. Análise Multicritério . I.
Barcellos, Júlio Otávio Jardim, orient. II. Título.

Anna Isabel Caputti Pereira Suñe
Mestre em Zootecnia

TESE

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de
DOUTORA EM ZOOTECNIA
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovada em: 28.06.2023
Pela Banca Examinadora

Prof. Júlio O. J. Barcellos

Assinado de forma digital
por Prof. Júlio O. J. Barcellos
Dados: 2023.08.06 19:47:31
-03'00"


JÚLIO OTÁVIO JARDIM BARCELLOS
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador

Homologado em: 09/10/2023
Por


Sergio Luiz Vieira

Assinado de forma digital por
Sergio Luiz Vieira
Dados: 2023.10.20 13:25:40 -03'00"


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

Documento assinado digitalmente
 CLAUDIO FAVARINI RUVIARO
Data: 26/07/2023 11:51:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Cláudio Favarini Ruviaro
UFGD

Documento assinado digitalmente
 GUILHERME CUNHA MALAFAIA
Data: 28/07/2023 12:36:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Guilherme Cunha Malafaia
EMBRAPA

Documento assinado digitalmente
 BERNARDO TODESCHINI
Data: 24/07/2023 10:54:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Bernardo Todeschini
MAPA

CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de Agronomia

Dedico este trabalho aos meus pais. À minha mãe Maria Isabel (*in memoriam*), uma incansável batalhadora que me ensinou a ir em busca dos meus sonhos e ao meu pai José Paulo por ensinar o valor do conhecimento e por dar tantos exemplos virtuosos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por Ele saber como eu me desdobrei para conseguir equilibrar todas as pontas da vida, me conduzindo com muito amor e com a graça dos dons do Espírito Santo.

Quero expressar minha gratidão ao meu marido Alexandre e meus filhos: Martim, Bethina e Antonio, que sempre me estimulam a ir mais longe; vocês são a fonte das minhas alegrias cotidianas e motivação para minhas metas mais desejadas. A minha irmã Claudia que sempre me inspirou nas minhas escolhas profissionais.

Ao meu mestre, Júlio Barcellos, por acreditar e investir seu tempo na minha formação e de tantos outros. Muito obrigada por acreditar no ser humano, por aceitar, acolher e enxergar o que cada um tem de melhor. Obrigada por ser bem mais que um professor. Por ser um educador que ensina com seu próprio exemplo, o caráter e a conduta e com isso projeta a continuidade de um grupo – NESPro, onde se exercem as maiores virtudes da vida que é a solidariedade, a dedicação, o altruísmo e o conhecimento, tendo como frutos os melhores resultados e o sucesso. Obrigada por me acolher neste grupo de excelência onde tantos se revelam como profissionais exemplares.

Agradeço ao Dr. Gustavo Machado, da Universidade da Carolina do Norte, que incansavelmente se dedicou à primeira etapa deste trabalho e não mediu esforços no auxílio das análises e construção do artigo sobre as percepções da rastreabilidade.

Também agradeço o Dr. Luís Gustavo Corbellini que auxiliou com seu conhecimento, acompanhando o delineamento do estudo e ao Professor Flávio Trojan, um verdadeiro mestre me orientando sobre análise multicritério.

Aos colegas do Núcleo de Estudos em Sistemas de Produção de Bovinos de Corte e Cadeia Produtiva (NESPro), em especial ao meu colega Telis de Moçambique, que me emociono ao pensar no valor do conhecimento, e a todos que me ampararam em todas as atividades ligadas ao doutorado, mas também no exercício de atividades do dia-a-dia. Passamos por uma pandemia onde o auxílio mútuo nos fez vencer muitos desafios.

Quero agradecer a minha colega de trabalho Giovana Tagliari Evangelista, que me auxiliou e incentivou para essa conquista, me acompanhando diariamente. E

em nome dela, agradeço a todos os meus compreensivos colegas de trabalho da Inspeção de Defesa Agropecuária de Bagé.

A todos os que participaram da pesquisa sobre percepções e também aos especialistas que gentilmente cederam seus tempos para participar do estudo, muito obrigada.

Enfim, um agradecimento às muitas pessoas que ajudaram a construir a minha trajetória na rastreabilidade.

Muito obrigada!

RASTREABILIDADE NA GESTÃO DA CADEIA DA CARNE BOVINA NO RIO GRANDE DO SUL¹

Autora: MSc. Anna Isabel Caputti Pereira Suñé

Orientador: Dr. Júlio Otávio Jardim Barcellos

RESUMO

Globalmente, identificação individual animal e rastreabilidade são reconhecidas como importantes componentes de segurança do alimento, manejo e saúde dos animais, determinação de origem, *traceback*, certificação e comércio, da mesma forma que desempenha um fundamental papel no controle de emergências sanitárias. A dificuldade do entendimento, a complexidade dos processos e os diferentes objetivos envolvidos, associados com frequentes alterações na legislação brasileira, determinam uma baixa adesão ao sistema voluntário brasileiro. Este trabalho buscou inicialmente a percepção de produtores rurais, membros e colaboradores do serviço veterinário oficial (SVO) do estado do Rio Grande do Sul e a correlação de seus perfis com conceitos e tendências de adoção ou rejeição da rastreabilidade. Os resultados indicaram uma simetria de entendimento entre os dois tipos de público alvo. Foi observado que os produtores mais jovens têm uma percepção mais dirigida aos conceitos de saúde, bem estar animal e sustentabilidade. De modo geral, produtores consideram a legislação, uso de tecnologia e desempenho do serviço veterinário oficial como os principais aspectos na governança pública do processo, e a melhoria da imagem do produto e do país como a principal oportunidade. A partir dos resultados preliminares de percepção, o estudo utilizou uma análise multicritério para a tomada de decisão (MCDA, em inglês) com dez representantes de segmentos da cadeia produtiva da carne bovina do Rio Grande do Sul. Mediante a estruturação do problema, foram apresentados aos *experts*, critérios (7) e alternativas (10), capazes de identificar potenciais soluções para o aumento do engajamento da rastreabilidade regional. A análise resultou nas seguintes perspectivas, definidas pelas intervenções propostas: i) implementação de um escopo legal regional; ii) uso da ferramenta para distensionar a relação entre produtor e indústria; iii) implementação de um esquema de identificação animal por geração nascida por ano; iv) instrumento para gestão da propriedade e certificação. Os mecanismos atuais de fomento à rastreabilidade como a adesão ao SISBOV e bônus de compensação não foram definidos como intervenções eficientes. Os atores da cadeia produtiva do Rio Grande do Sul valorizaram as propostas baseadas em um marco legal, não essencialmente novo, mas gradual, regional e menos burocrático. Percebemos que é preciso trilhar novos caminhos de forma articulada e multidisciplinar, como a identificação na geração de bezerros nascidos e o estreitamento das relações entre o produtor e a indústria. Assim, este trabalho subsidia a tomada de decisão para a construção conjunta de uma política pública regional voltada para a melhoria da rastreabilidade, gerando oportunidades competitivas, definindo o estado como o maior *player* em controle animal e garantindo melhor posicionamento nos mercados.

Palavras-chave: identificação individual, rastreabilidade, cadeia produtiva, carne, percepção, análise multicritério, decisão.

¹Tese de Doutorado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (154 p.) Junho, 2023.

UNDERSTANDING BEEF CHAIN PERCEPTIONS AND PARTICIPATION BEHAVIOR IN TRACEABILITY SYSTEMS IN SOUTHERN BRAZIL²

Author: MSc. Anna Isabel Caputti Pereira Suñé

Advisor: Dr. Júlio Otávio Jardim Barcellos

ABSTRACT

Globally, individual animal identification and traceability are recognized as important components of food safety, animal management and health, origin determination, traceback, certification and trade, just as it plays a fundamental role in controlling health emergencies. The difficulty of understanding and the complexity of the processes, associated with constant changes in Brazilian legislation, determine a low adherence to the Brazilian voluntary system. This work initially researched the perception of rural producers, members and collaborators of the official veterinary service (SVO) in the state of Rio Grande do Sul (RS) and the correlation of their profiles with concepts and trends of adoption or rejection of traceability. The results indicated symmetry of understanding between the two types of target interviewed. It was observed that younger producers have a perception more directed towards the concepts of health, animal welfare and sustainability. In general, producers consider the legislation, use of technology and performance of the official veterinary service as the main aspects in the public governance of the process, and the improvement of the image of the product and the country as the main opportunity. From the preliminary perception results, the study used a multiple criteria analysis for decision making (MCDA) with ten representatives of segments of the beef production chain in RS. By structuring the problem, experts were presented criteria (7) and alternatives/actions (10), capable of identifying potential solutions for increasing engagement in regional traceability. The analysis resulted in the following interventions: i) implementation of a regional legal scope; ii) use of the tool to approach the relationship between producer and industry; iii) implementation of an animal identification scheme per generation born per year; iv) instrument for farm management and certification. Current mechanisms for promoting traceability, such as adherence to SISBOV and compensation bonus, were not defined as efficient interventions. The most visible outcome in this research converges to the structuring of official legislation that, with the use of information technology, can gradually improve sanitary control, approach relationship the producer's with the industry, farm management. Its consequences result in generating competitive opportunities and defining the state as the biggest player in animal control and guaranteeing better positioning in the markets. The actors in the production chain in RS valued a legal framework, not essentially new, but gradual, regional and less bureaucratic. We realize that it is necessary to tread new paths in an articulated and multidisciplinary way, such as the identification in the generation of calves born and the strengthening of relations between the producer and the industry. Thus, this work subsidizes decision-making for the joint construction of a regional public policy aimed at improving traceability and generating competitive opportunities.

Keywords: identification, traceability, beef cattle, meat chain, perceptions, analysis multicriteria, decision-aid

²Doctoral thesis in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (154 p.) June, 2023.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. Rastreabilidade	17
2.1.1. Conceito e sua evolução	17
2.1.2. Inovações existentes para gestão da informação	20
2.1.3 Experiências internacionais e nacionais	23
2.2. Saúde Única – <i>One Health</i>	37
2.3. Mercado internacional e nacional de carne bovina	41
2.4. Rastreabilidade ambiental	46
2.5. Cadeia produtiva da carne bovina no estado do Rio Grande do Sul.....	47
3. HIPÓTESES.....	51
4. OBJETIVOS	51
<i>Understanding beef chain perceptions and participation behavior in traceability systems in southern brazil.....</i>	53
Abstract.....	53
2. <i>Material and methods</i>	58
4. <i>Discussion</i>	69
5. <i>Conclusion</i>	75
<i>Acknowledgments</i>	75
<i>References</i>	77
<i>Traceability alternatives in beef chain: a multicriteria analysis for stakeholders decision-aid in southern brazil.....</i>	90
Abstract	90
1. <i>Introduction</i>	91
3. <i>Results</i>	105
4. <i>Discussion</i>	108
<i>Acknowledgments</i>	115
<i>References</i>	116
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	126
7. APÊNDICES	140
8. Vita	152

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Resumo do histórico da rastreabilidade no Brasil sob a perspectiva legal.	33
--	----

CAPÍTULO II

Table 1. Description of nine variables related to understanding traceability, from across sectional study with farmers and animal health officer of Rio Grande do Sul, south of Brazil.....	60
Table 2. Percentage of respondents (producers and AHO) that choose the variables related to understanding traceability.	62

CAPÍTULO III

Table 1. Criteria and index for multicriteria analysis.....	98
Table 2. Alternative actions to multicriteria analysis and their classifications.	101
Table 3. Performance matrices (evaluation table) comparing the performance of the interventions against the criteria.....	106
Table 4. Preference function, objective, type of variable and parameters applied to each criterion.....	106
Table 5. Descriptive statistics of the weights assigned by the three stakeholders (S4, S8, S9) to each criterion.....	107
Table 6. Descriptive statistics of the weights assigned by three stakeholders (S4, S8, S9) to each criterion.	107
Table 7. ELECTRE table ranking all the alternatives.	108

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. Número de propriedades rastreadas pelo sistema oficial brasileiro SISBOV em março de 2023 (com exceção do estado de SC).	33
Figura 2. Participação do RS no contexto nacional da bovinocultura e da carne bovina.....	48

CAPÍTULO II

Figure 1. The beef producers' motivations are against and in favor of animal-level traceability implementation. The left percentage is the total of the disagreement scales (strongly disagree and disagree) percentage on the right is the total of the agreement scales (strongly agree and agree).....	64
Figure 2. The AHO's motivations are against and in favor of animal-level traceability implementation.	65
Figure 3. The selected variables (technology, costs, policy and image to consumer and society about the product) of AHOs' and producers' principal motivations are against and in favor of animal-level traceability implementation.	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABRAFRIGO	Associação Brasileira de Frigoríficos
BSE	Bovine Spongiform Encephalopathy
CAC	Comissão do Codex Alimentarius
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COVID-19	Coronavirus Disease 2019
DGSANTÉ	Directorate General for Health and Consumer Protection of the European Commission (antes DGSANCO)
DICOSE	División de Controlador de Semovientes
DNA	Desoxyribonucleic Acid
EC	European Commission
EEB	Encefalopatia Espongiforme Bovina
ERAS	Estabelecimento Rural Aprovado no SISBOV
EUA	Estados Unidos da América
FAO	Organização para Alimentação e Agricultura
FARSUL	Federação da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul
FDA	Food and Drug Administration
FMD	Food and mouth disease
FUNDESA	Fundo de Desenvolvimento e Defesa Sanitária Animal
FVO	Food Veterinary Office
GATT	General Agreement on Tariffs and Trade
ICAR	Comitê Internacional para Registro Animal
ID	Sistema de identificação individual
IFAH	International Feed Industry Federation
IICA	Instituto Interamericano de Cooperação Agropecuária
INAC	Instituto Nacional de Carnes
IoT	Internet of Things
ISO	International Organization for Standardization
MCDA	Multicriteria analysis decision aid
MGAP	Ministério de Ganadería Agricultura y Pesca
MLA	Meat and Lamb Australia
NAIT	National Animal Identification and Tracing

NAO	National Audit Office
NESPro	Núcleo de Estudos em Sistemas de Produção de Bovinos de Corte e Cadeia Produtiva
NLIS	National Livestock Identification System
OECD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OIE	Organização Internacional de Epizootias (OMSA fundada como OIE)
OMC	Organização Mundial do Comércio
OMSA	Organização Mundial de Saúde Animal
PGA	Plataforma de Gestão Agropecuária
PIC	Property Identification Code
PNEFA	Programa Nacional de Erradicação e Prevenção da Febre Aftosa
RFID	Radio Frequency Identification
SARC	Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo
SARS	Síndrome Aguda Respiratória
SARS-COV-2	Síndrome Aguda Respiratória Grave - Coronavírus 2
SEAPI	Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação
SENACSA	Servicio Nacional de Calidad y Salud Animal
SICADERGS	Sindicato das Indústrias de Carnes e Derivados no Estado do Rio Grande do Sul
SIRA	Sistema de Identificación y Registro Animal
SISBOV	Sistema Brasileiro de Identificação Individual de bovinos e búfalos MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
SITRAP	Sistema de Trazabilidad del Paraguay
SPS	Medidas Sanitárias e Fitossanitárias
TRACES	TRAdE Control and Expert System
UE	União Europeia
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
US	United States
USDA	United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de identificação (ID) e rastreabilidade de animais se desenvolveram em muitas partes do mundo, especialmente na primeira década do século XXI, por um novo direcionamento de mercado pautado pelo uso de um instrumento com o objetivo de garantir a segurança do alimento (HOBBS, 2016; KARLSEN et al, 2013; RINGSBERG, 2014).

As zoonoses, e doenças infecciosas de modo geral, se originam da interação de populações humanas com animais e ambiente, se constituem em uma ameaça crescente à saúde pública internacional que tendem a aumentar ainda mais com a globalização dos mercados e com as mudanças climáticas (WOOLHOUSE; GOWTAGE-SEQUERIA, 2005). Recentes focos de influenza aviária, SARS e a recente pandemia de SARS-COV-2 têm mostrado as consequências dispendiosas e multisetoriais em todos os continentes (SMITH et al., 2019). A recente pandemia de SARS-COV-2 mostrou uma particular relação com a rastreabilidade, sendo o rastreamento de contatos uma parte crítica da resposta de saúde pública ao COVID-19 (DELUCA et al., 2023), confirmando decisivamente o fortalecimento destes conceitos no pós pandemia. A abordagem multiprofissional e interdisciplinar da premissa “One Health” é necessária para desenvolver uma gestão eficaz para zoonoses (ZINSSTAG, 2021). Esta perspectiva melhora a detecção e o controle de zoonoses por meio de vigilância e comunicação intersetorial e fornece novas opções transetoriais econômicas para o controle de doenças e garante a expansão do desenvolvimento da saúde (ZINSSTAG et al., 2005) e da manutenção transparente dos dados dos fluxos através das fronteiras, que irão promover saúde pública global através de cooperação e solidariedade (PLASEK et al., 2020).

Além de questões específicas de segurança do alimento, outros quesitos estão relacionados à rastreabilidade, como a imagem positiva de um produto, a diferenciação por origem (MIGUELANGELO GIANEZINI et al, 2014), a certificação de produtos oriundos de sistemas de produção “orgânicos”, se os animais foram criados sob a tutela de bem-estar (ANDRIGHETTO CANOZZI et al., 2020), se o produto é típico e tem boa reputação. Empresas de alimentos se beneficiarão de

melhorias na gestão da cadeia de fornecimento de alimentos e garantia de marcas de qualidade (CORALLO et al., 2020b). Mas, além disso, um sistema de rastreabilidade alimentar confiável facilita a segurança e a gestão de crises. Na última década, houve uma crescente preocupação com a biossegurança nos EUA, também em fatores ligados à agricultura, seus canais de marketing, e comércio internacional (BOISVERT; KAY; TURVEY, 2012). Assim, um sistema de rastreabilidade alimentar confiável é uma contribuição tecnológica e científica que promoverá a sustentabilidade agrícola (BOSONA; GEBRESENBET, 2013; VÁZQUEZ et al., 2004).

Ainda assim, a literatura reporta dificuldades de entendimento conceitual de rastreabilidade, o que muitas vezes contribui com a baixa adesão e ou interesse dos produtores rurais. Além de autores definirem rastreabilidade com diferentes conceitos, ainda há facetas relacionadas ao ângulo de visão de cada elo da cadeia produtiva, considerando também a distribuição e o consumidor (BENATIA et al., 2018; KARLSEN; DONNELLY; OLSEN, 2011; MATTEVI; JONES, 2016; MISHRA et al., 2018; OVERBOSCH; CARTER, 2014; TERZI et al., 2007). Várias definições e princípios de rastreabilidade estão sendo aplicados atualmente, que tornam o seu conceito confuso (KARLSEN et al., 2013).

A demanda continua crescendo por parte dos consumidores que não somente buscam alimentos seguros e transparência (ASIOLI et al., 2014), mas especialmente bem estar animal e sustentabilidade ambiental (CASAGRANDA et al, 2023).

No Brasil, há uma discreta adesão ao programa de rastreabilidade oficial brasileiro, o SISBOV, que é voluntário. Contudo, desde 2004 o Brasil assumiu a liderança nas exportações de carne bovina, sendo responsável por cerca de 20% do comércio internacional, destinando para mais 180 países e com o segundo maior rebanho efetivo do mundo (BRASIL, 2019). A baixa adesão pode ser relacionada às sucessivas trocas nas legislações durante a implantação que gerou evasões, à dificuldade de entendimento do processo, à falta de capacitação de recursos humanos, mas especialmente a condição brasileira que garante sua competitividade pelo volume e escala (BARCELLOS et al, 2019; MARQUES et al., 2011) atendendo quantitativamente mercados que não a exigem como requisito obrigatório. Todavia, progressivamente o que se observa é um incremento de demandas específicas de consumo por parte dos consumidores, por percepções variáveis de consumo em

aspectos relacionados à segurança do alimento, seja de um conjunto precedente de requisitos mais fundamentais até requisitos mais específicos como produtos frescos e menos processados, determinação de origem, cumprimento de protocolo *Halal* e produtos oriundos de sistema de produção sustentáveis (MLA, 2020; RUVIARO; BARCELLOS; DEWES, 2014). A dimensão continental do país garante suficiente complexidade para implantação de sistemas de forma horizontal, constituindo neste caso um importante entrave para adoção de medidas adaptadas às tendências e percepções dos importadores mais exigentes. Nesta perspectiva, o princípio de zonificação e compartimentalização, preconizado pela Organização Mundial de Saúde Animal (OMSA, antiga OIE) se constitui em uma ferramenta considerável para representação simplificada de um modelo e a exequível adoção de uma tecnologia.

Em outra perspectiva, em um âmbito regional, o Rio Grande do Sul apresenta características que o desafiam a buscar maior competitividade, pois apresenta condições diferenciadas nos sistemas produtivos (JAURENA et al., 2021), Quanto à produção de carne, é insuficiente para o consumo interno, tem um abate pulverizado através de mais de duzentas indústrias frigoríficas e a entrada de carne de outros estados faz com que perca competitividade por diferencial de preços praticados (NESPRO/UFRGS, 2023).

Em um contexto sanitário, como parte do Plano Estratégico de Controle e Erradicação da Febre Aftosa (BRASIL, 2017), o estado do RS se habilitou para a evolução do controle de Febre Aftosa junto à OMSA através da retirada da vacina, recebendo o status de “livre de febre aftosa que não pratica a vacinação” em Assembleia da organização em 2021. Portanto, cumpre protocolo de medidas que o condiciona a um esforço na manutenção eficiente dos procedimentos que garantam vigilância consistente, bem como o uso de instrumentos que facilitem o controle de movimentação de rebanho, dificultando a reintrodução do vírus, e que proporcione agilidade para conter a disseminação.

O objetivo deste trabalho é descrever as percepções dos diferentes atores da cadeia produtiva do estado do Rio Grande do Sul sobre a adoção da rastreabilidade e definir quais os fatores que mais impactam na implantação, seus desafios e oportunidades. A partir das percepções é possível determinar os principais critérios que servirão de base de avaliação na captura de aspectos relevantes da decisão. Por fim, pretende-se propor estratégias organizacionais, de

coordenação dos agentes da cadeia produtiva baseado em uma análise de decisão multicritério de suporte transdisciplinar e multissetorial à tomada de decisão sobre intervenções em rastreabilidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Rastreabilidade

2.1.1. Conceito e sua evolução

Os sistemas de identificação e registro de animais foram desenvolvidos historicamente por associações de raças para manter detalhes de linhagem dos indivíduos; por organizações de criadores para implementar programas de melhoramento genético para os quais o registro do desempenho é um pré-requisito; por organizações de extensão para dar suporte a pecuaristas na gestão de seus rebanhos; e por instituições de saúde animal para controlar a saúde e vacinações de populações de animais ou indivíduos. Esses programas, no entanto, limitaram-se a alguns produtores e a regiões específicas e não foram implementados de forma integral nos países (FAO, 2016).

Globalmente, a identificação animal e a rastreabilidade são reconhecidas como componentes importantes do gerenciamento da saúde animal e humana, além da segurança do alimento. Várias organizações mundiais estabeleceram diretrizes internacionais de identificação de animais. Essas organizações incluem a OMSA, a Organização Mundial do Comércio (OMC), a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e a Comissão do Codex Alimentarius (CAC).

A OMSA é um organismo intergovernamental com 182 países e territórios membros, publicou um conjunto de princípios gerais para identificação e rastreabilidade de animais para prevenção e controle de doenças em seu Código Sanitário dos Animais Terrestres. A OMSA reconhece a identificação animal e a rastreabilidade como ferramentas para tratar de questões de saúde animal e segurança do alimento e recomenda procedimentos que entre outras coisas, visam: (1) fornecer identificação exclusiva de lotes de animais ou grupos; (2) prever rastreabilidade animal; (3) estabelecer período de nascimento; (4) determinar quando um animal foi introduzido em um estabelecimento (OMSA, 2007).

A OMSA sugere que a identificação animal, o movimento animal e as mudanças no número de animais em estabelecimentos de criação sejam relatadas a uma autoridade central. Um componente significativo do mercado de animais e carne depende da certificação do status de saúde animal para reduzir a probabilidade de transmissão de doenças através do comércio de carne ou animais. A identificação do animal e a rastreabilidade do movimento facilitam a certificação do estado de saúde animal e também dos processos produtivos. A Diretoria-Geral da OMSA declarou (BARCOS, 2001) que: “A identificação animal e a rastreabilidade do produto, desde a fazenda até o prato, devem ser progressivamente implementadas em todo o mundo. Como ferramenta para controlar doenças em animais e segurança alimentar, um sistema de rastreabilidade deve permitir que um produto animal seja rastreado reversamente até a fazenda de origem do animal, e identificadas em toda a cadeia de produção de alimentos. A rastreabilidade constitui o elo entre a saúde animal, a segurança do alimento e as características organolépticas dos alimentos ligadas à sua origem.”

A rastreabilidade de bovídeos (bovinos e bubalinos) é considerada uma ferramenta de fiscalização e de certificação dentro do sistema produtivo. A OMSA recomenda diretrizes específicas no Código Sanitário de Animais Terrestres (OMSA, 2007)

Em uma perspectiva maior, a Organização Mundial do Comércio (OMC), dentro do propósito de regulamentar o comércio internacional de mercadorias, colocou em vigência o Acordo de Medidas Sanitárias e Fitossanitárias (SPS Agreement) destinado a regular o trânsito de produtos agropecuários entre países membros, inclusive de diferentes condições sanitárias. O SPS define os princípios de harmonização de medidas e equivalência entre áreas (artigos 2 e 3), permitindo que os membros exijam de seus parceiros comerciais medidas sanitárias idênticas ou equivalentes às que são implantadas em seu território – caso não exista a equivalência, podem ser levantadas barreiras não-tarifárias, impedindo o livre trânsito de mercadorias. Não raro, esse tipo de medida avilta preços ou mesmo inviabiliza a manutenção de cadeias produtivas em determinadas áreas.

Desde a década de 90, a rastreabilidade é definida como parte estratégica para garantir segurança e qualidade dos alimentos. Todavia o conceito de rastreabilidade ainda não foi definido de forma única na literatura. Várias definições de rastreabilidade vêm do campo acadêmico, regulatório ou do padrão ISO.

Diferentes atores como reguladores, organismos internacionais, associações profissionais e acadêmicos tentaram definir a rastreabilidade (MATTEVI; JONES, 2016) com o significado de que informações podem ser compartilhadas com todos os atores envolvidos em uma cadeia de suprimentos, incluindo o consumidor final (WANG; YE; XIONG, 2016). A rastreabilidade também é considerada uma ferramenta útil para aumentar a transparência dos processos de negócios, garantindo a qualidade e a segurança dos alimentos e produtos, adicionando maior valor percebido a ele. Simultaneamente, ao adotar a ferramenta de rastreabilidade, as empresas podem mostrar mais claramente as etapas e com isso melhorar seus processos (LEHR et al., 2013).

A rastreabilidade é mais frequentemente associada ao conceito de identificar os trajetos percorridos (BENATIA et al., 2018; MISHRA et al., 2018; OVERBOSCH; BLANCHARD, 2014; SALOMIE et al., 2008; TERZI et al., 2007; ZHANG et al., 2008), mas especialmente em países que já implantaram sistemas de identificação nos animais, os interesses de pesquisa estão voltados a melhorias nas capacidades de coletar e armazenar dados sobre produtos e processos durante todas as fases da cadeia de suprimentos. No entanto, alguns autores tomam uma abordagem coletiva e apresentam a rastreabilidade de alimentos como parte de logística (RINGSBERG, 2014), pois é capaz de "capturar", armazenar e transmitir informações adequadas sobre alimentos, rações, animais produtores de alimentos ou substâncias em todas as etapas da cadeia, para que o produto possa ser verificado em um sentido de segurança e controle de qualidade (BOSONA; GEBRESENBET, 2013).

Após uma investigação detalhada da verdadeira definição de rastreabilidade, OLSEN e BORIT (2013) compactaram as definições dizendo que a rastreabilidade é "A capacidade de acessar qualquer ou todas as informações relacionadas com o que está em consideração, ao longo de todo o seu ciclo de vida, por meio de identificações registradas". Rastreabilidade de alimentos demonstra ser de alto potencial para a proteção do consumidor, pois possibilita o *recall*, que permite eliminar os produtos alimentícios não consumíveis e promover a investigação das causas relacionadas à segurança do alimento; constituindo-se parte integral de segurança, qualidade, defesa alimentar e exigência intrínseca da cadeia de fornecimento de alimentos, visto que registros tornam possível fazer o trajeto reverso do alimento e identificar a origem do problema, possibilitando a retirada do mercado de lotes de produtos sob a mesma influência do problema.

Há a expectativa da possibilidade de acessar as informações de rastreabilidade absolutamente centralizadas em toda a cadeia de suprimentos, para agir em casos necessários, todavia, estudos ainda apontam que há dificuldades na manutenção contínua da rastreabilidade em toda a cadeia (ZHAO et al., 2019).

No cenário internacional, o Brasil está projetado para ser o maior exportador de carne e de genética animal, de mercado especializado e com valor agregado. Os avanços globais na cadeia produtiva deverão ser oriundos de uma pecuária altamente técnica, profissional e competitiva, baseada principalmente em tecnologia e qualidade (MALAFAIA et al., 2020). A identificação do gado, que se refere ao processo de reconhecer com precisão o gado individualmente, desempenha um importante papel na análise automática do comportamento, pesagem, saúde, monitoramento e avaliação de bem-estar na pecuária de precisão (QIAO et al., 2019). Na economia global e nas operações de negócios globais, há a necessidade da Indústria 4.0 aumentar drasticamente o nível geral de industrialização, informatização e digitalização da manufatura para alcançar maior eficiência, competência e competitividade (XU et al., 2018).

2.1.2. Inovações existentes para gestão da informação

A identificação do rebanho consiste no processo de reconhecer com precisão individualmente os animais e tem um papel fundamental na análise do comportamento, ganho de peso, monitoramento da saúde e avaliação do bem-estar animal na pecuária de precisão (QIAO et al., 2019).

A identificação individual do gado é necessária para a pecuária de precisão. Os métodos atuais para identificação individual de bovinos exigem tanto a frequência visual, ou simplesmente os brincos auriculares. Para a melhoria da rastreabilidade dos alimentos, a utilização de tecnologias inovadoras tem sido um fator de importância, como a utilização de RFID (*Radio Frequency Identification*) que possibilita que o consumidor conheça o registro completo dos produtos através do smartphone. Técnicas para conhecer a autenticidade alimentar com uma análise de isótopos ou análise das sequências de DNA têm sido descritas (BADIA-MELIS; MISHRA; RUIZ-GARCÍA, 2015; QIAO et al., 2019; ZHANG; LI, 2012).

Em países onde existe a identificação animal, novas tecnologias têm sido usadas para aumentar a capacidade de rastreabilidade nos produtos nas linhas

finais, mas o fluxo contínuo de informação ao longo da cadeia ainda é um desafio no mundo moderno. Muitas vezes os problemas de implantação estão relacionados à dificuldade de centralização de dados, além de outros desafios relacionados ao uso de tecnologias complexas (KAMILARIS; FONTS; PRENAFETA-BOLDY, 2019; KUMARI et al., 2015; ORRÙ et al., 2009; ZHANG et al., 2008).

Os requisitos de rastreabilidade variam dependendo do contexto em consideração. Numa cadeia de abastecimento alimentar, dada a sua complexidade e dinamicidade (AUNG; CHANG, 2014), o uso de um sistema de tecnologia para rastreabilidade de alimentos garante uma disponibilidade de dados mais eficiente, resultando em uma coleta de dados mais regular, confiável e precisa (CORALLO et al., 2020b). As tecnologias mais comuns para reconhecimento e coleta de dados são códigos ópticos (por exemplo, códigos de barras lineares e 2D) ou etiquetas eletromagnéticas (por exemplo, RFID) (KALPANA et al., 2019; KUMARI et al., 2015), respectivamente impressos ou integrados na embalagem. Este tipo de tecnologias, juntamente com as tecnologias de sensores, é capaz de superar, ou limitar, a possibilidade de inserir manualmente uma grande quantidade de informações (ASTILL et al., 2019). De fato, dados podem ser coletados, em grandes quantidades e com pouco esforço, por meio de soluções de software (ALONSO-RORÍS et al., 2016).

Os métodos populares para identificação de animais são os brincos auriculares com/sem um sistema de radiofrequência (CHEN et al., 2015, 2015; HONG et al., 2011), e são tecnologias que determinam a colocação de dispositivos sobre o corpo (SHEN et al., 2020) e as tecnologias de rastreabilidade do produto são códigos de barras um/dois/multidimensionais, que são os principais métodos utilizados para obter informações sobre o produto para o consumidor (DAI et al., 2017). No entanto, a informação sobre animais e produtos correspondentes registradas apenas pelos brincos e código de barras é vulnerável a adulterações e erros. Em particular, a *tag* auricular é separada da carcaça depois que o animal é abatido e alguma informação equivocada pode ser deliberadamente fornecida aos consumidores (BOSONA; GEBRESENBET, 2013; CANAVARI; CASTELLINI; SPADONI, 2010). Uma vez que o animal é dividido em carcaças, um código de barras é impresso e anexado a cada meia carcaça com informações como número de carcaça, número do brinco auricular, origem, fábrica de abate e alguns outros pontos relevantes, incluindo até mesmo o tempo sob armazenamento frio. Há certos

problemas como os dados limitados no código de barras e a fraca integridade do rótulo em ambientes severos. Neste sentido, as técnicas de DNA de rastreabilidade são mais eficazes e precisas em comparação com um sistema de gravação tradicional, porque: i) podem ser usadas para fazer o *traceback* de forma a chegar no indivíduo, raça ou espécie; ii) O DNA é inalterável em toda a cadeia de suprimentos e é relativamente estável, mesmo em temperaturas que chegam a 120 °C; e iii) o método é extremamente sensível com a ajuda da tecnologia de reação em cadeia de polimerase (PCR) e pode ser repetido, padronizado e automatizado (BOSONA; GEBRESENBET, 2013). Portanto, integrar uma técnica de DNA de rastreabilidade com um sistema de gravação comum é uma das tentativas mais promissoras de produzir um sistema de rastreabilidade confiável (BADIA-MELIS; RUIZ-GARCIA, 2016). Este método tem sido aplicado para garantir maior confiabilidade aos sistemas de rastreabilidade de carne Halal (ARANA et al., 2002; GOFFAUX et al., 2005; ORRÙ et al., 2009; ROGBERG-MUÑOZ et al., 2014).

A Internet das Coisas (IoT) é uma rede que combina objetos cotidianos com a capacidade de identificar e interagir uns com os outros para alcançar metas de cooperação (GIUSTO et al., 2010). Seu objetivo é que todos os itens possam ser percebidos e controlados remotamente, e combinados com a internet para formar uma produção inteligente de sistemas vivos. A IoT descreve um mundo onde os humanos estão cercados por máquinas que se comunicam entre si e podem permitir que as pessoas interajam com o mundo digital. O conceito de IoT quebra as ideias tradicionais e entra em um novo campo tecnológico, e propõe uma revolução da indústria da informação mundial, rede de computadores, internet e comunicação móvel (FENG et al., 2020; ZHAO et al., 2019).

Essa percepção de voluntariedade leva a elaboração de várias políticas para a aplicação de um centralizado sistema porque os atores desenvolveram tantas abordagens diferentes e vários sistemas de rastreamento (GOLAN et al., 2004; PAPPA; ILIOPOULOS; MASSOURAS, 2018). Pessoas com maior conhecimento sobre tecnologias e metodologias, se envolvidas na equipe da empresa, provavelmente estariam mais inclinadas a avaliar e implementar voluntariamente soluções para rastreabilidade de alimentos (CORALLO et al., 2020a).

2.1.3 Experiências internacionais e nacionais

Ações no sentido de implementar a rastreabilidade dos alimentos podem ser vistas em todo o mundo, através de melhorias aplicadas aos sistemas de identificação, no estabelecimento de um portal de todos os produtos para recall e retirada de circulação de alimentos não seguros, investimento em tecnologia com o uso da “internet das coisas”, centro de computação em nuvem, sistema de alerta rápido como o europeu. Estes fatos fortalecem ainda mais a convicção da comunidade global na rastreabilidade de alimentos. Portanto, uma vez que a rastreabilidade é uma preocupação bem conhecida para a maioria da indústria alimentícia, estudos visam trazer alguma perspectiva sobre as novas tendências e avanços recentes, apresentando as mais novas tecnologias e técnicas conceituais e mostrando novidades. O acesso a essas informações é fundamental em casos de surtos de doenças e é necessário para o trabalho de agentes de segurança alimentar. Também a rastreabilidade tem impulsionado muitas questões relacionadas ao gerenciamento de crises alimentares, rastreabilidade de produtos a granel, preocupações de qualidade e preservação de identidade, prevenção de fraudes e preocupações antifalsificação nos últimos anos (DABBENE; GAY; TORTIA, 2014).

Pesquisas têm sido conduzidas com a utilização de tecnologias para rastreabilidade genética em toda a cadeia de suprimentos como o método confiável para proteger a integridade do produto oferecido ao consumidor. Nessa linha, a carne certificada como *Halal* apresenta uma série de características que incluem a seleção de materiais dentro de características pré-determinadas, requerimentos de higiene com ênfase em nutrição, sob um marco regulatório islâmico (ZHAO et al., 2018). Baseado nisso, governos e seus departamentos têm voltado à atenção a estes requisitos e demandado soluções efetivas para que a manutenção da informação individual tenha um importante papel na proteção do alimento, uma perfeita correspondência entre as carcaças promovendo autenticidade na informação de produtos cárneos.

A fraude alimentar, impulsionada por oportunidades econômicas, como o escândalo europeu da carne de cavalo, tornou-se cada vez mais grave com o aumento da globalização da cadeia de fornecimento de alimentos. A preocupação com a segurança alimentar e qualidade está crescendo cada vez mais para

consumidores e produtores de carne; assim é necessário um sistema confiável de autenticação e rastreabilidade de alimentos (WALKER, 2017). Um sistema de rastreabilidade alimentar eficaz pode aumentar drasticamente a satisfação do cliente e confiança.

A atual conjuntura global no enfrentamento à pandemia ocasionada pelo COVID-19 resgata todos os valores apresentados em relação aos conceitos de rastreabilidade e monitoramento de movimentações de indivíduos em tempo real, com a utilização de tecnologias que possibilitem agilidade na detecção da origem da enfermidade, contatos e sistemas de alerta. Os sistemas eletrônicos de registro de saúde aumentaram dados de viagem auto relatados para ajudar a identificar pacientes que visitaram recentemente áreas em que a disseminação da comunidade está presente. Os dados de transporte foram usados para simular a propagação de uma doença e estimar o efeito de restrições de viagens locais e intercontinentais. O monitoramento das redes de transporte aéreo, marítimo e terrestre possibilitam a avaliação de vetores para a disseminação de doenças infecciosas e algumas áreas utilizam abordagens tecnológicas inovadoras como a integração dos bancos de dados da saúde com o uso de dados biométricos de entrada e saída. As simulações sugeriram decisões governamentais para o controle da disseminação da enfermidade, através de algoritmos ou modelos, foi possível simular resultados e orientar decisões em emergências de saúde pública (PLASEK et al., 2020).

2.1.3.1 Europa

A União Europeia estabelece uma estratégia global em matéria de segurança dos alimentos, que abrange não só a segurança dos alimentos propriamente dita, mas também a saúde e o bem-estar dos animais e a fitossanidade. A capacidade de rastrear e seguir um alimento, ração e animal que produz alimentos tornaram-se obrigatórios em todas as etapas de produção e distribuição (BADIA-MELIS; MISHRA; RUIZ-GARCÍA, 2015). Esta estratégia assegura a rastreabilidade de todos os gêneros alimentícios, desde a exploração agrícola até à mesa do consumidor, mesmo quando tal implica atravessar as fronteiras internas e externas da UE. Os controles oficiais são realizados pelas autoridades competentes dos países da UE para verificar o cumprimento dos requisitos estabelecidos na legislação da cadeia agroalimentar. A cadeia

agroalimentar engloba atividades compreendendo a produção de alimentos, vai desde plantas e produção animal, até a fabricação e fornecimento de alimentos; incluindo atividades que ocorrem no nível da fazenda, mas também processamento e distribuição para o consumidor. As regras da cadeia agroalimentar abrangem, portanto, a segurança e a qualidade dos alimentos e alimentação animal, a saúde das plantas, a saúde e o bem-estar animal. Também cobrem controles de importação de animais e mercadorias que entram na UE de países terceiros (ou seja, países fora da UE).

Em resposta à crise sanitária, a gestão de riscos tornou-se uma questão central para produtores e distribuidores de alimentos na Europa. As respostas organizacionais aos riscos sanitários que geralmente implicam rastreabilidade têm sido concebidas pelas empresas. Uma das principais tarefas é lidar com a coordenação dos diferentes operadores de uma cadeia alimentar. A União Europeia desenvolveu um quadro regulamentar com o Regulamento 178/2002. Este regulamento estabelece uma rastreabilidade obrigatória considerada como uma ferramenta de gestão de risco. A rastreabilidade que era considerada iniciativa privada tornou-se, portanto, uma obrigação com este regulamento. Este artigo procura avaliar se o problema de coordenação dos operadores em práticas específicas de rastreabilidade que qualquer organização privada de uma cadeia alimentar teve de enfrentar se resolve com a estrita aplicação do Regulamento 178/2002. Para tanto, a análise caracteriza a rastreabilidade obrigatória e as responsabilidades dos operadores definidas pela norma. A tarefa de coordenação e o problema de confiança que ela contém são então descritos. A análise mostra os limites da rastreabilidade obrigatória neste contexto e sugere uma solução (CHARLIER et al., 2006). Os países da UE são responsáveis pela aplicação da legislação da cadeia agroalimentar. As autoridades competentes organizam sistemas oficiais de controle em seu território para verificar se as atividades e mercadorias dos operadores colocados no mercado da UE (produzidos ou importados de países não-UE) cumprem as normas e requisitos relevantes. Todos os operadores de negócios devem garantir o cumprimento das exigências da cadeia agroalimentar da UE em suas atividades diárias. Estão sujeitos a controles oficiais, independentemente do seu tamanho, dependendo do risco representado por diferentes atividades à segurança da cadeia agroalimentar. O papel da UE é assegurar que os sistemas de controle em nível nacional sejam eficazes. Essa é a

tarefa da Diretoria-Geral de Saúde e Segurança Alimentar (DG SANTÉ), por meio de sua Diretoria de Auditorias e Análises de Saúde e Alimentos (anteriormente chamada "Food and Veterinary Office" – FVO). Realiza inspeções nos países da UE e em países não-UE que exportam para a UE para avaliar o cumprimento das normas vigentes (EU, 2020). A nova abordagem é mais integrada. A rastreabilidade dos alimentos é assegurada em qualquer fase de produção com o foco muito dirigido ao consumidor, e à garantia de qualidade deste alimento. (Regulamento EC 1760/2000 e EC/178/2002). O sistema europeu denominado: *TRACES - TRADE CONTROL AND EXPERT SYSTEM* consiste em uma rede disposta na internet, acessada por autoridades veterinárias, que une todos os estágios de movimentação de animais, sêmen, embriões e produtos de origem animal importados ou exportados, como garantia de transparência, permitindo desta forma operacionalizar o controle da rastreabilidade propriamente dita, entre os países do bloco europeu e outros países. Além disso, fornece dados estatísticos consolidados.

2.1.3.2 Oceania

A Austrália foi o país pioneiro em sistemas de identificação de bovinos. Desde 1960 utiliza o sistema de identificação e registro de propriedade – PIC – *property identification code*, número este que era vinculado aos animais da propriedade através de um anel usado na cauda dos animais. Com o passar do tempo, os modelos foram se aperfeiçoando e em 1999, por iniciativa do estado de Victoria inicia-se um programa de identificação individual compulsória, com a obrigatoriedade de identificação individual anterior à primeira movimentação. Em 2002, baseada na história exitosa do estado de Victoria, foi instituída uma base legal obrigatória em nível nacional. Foi criado o NLIS – *National Livestock Identification System* – que hoje totalmente maduro, além de cumprir com suas prerrogativas intrínsecas, como controle de enfermidades exóticas, consiste em fonte de informação para programas de melhoramento genético, certificação, direcionamento de políticas público-privadas para melhorias no cumprimento de especificações de mercado, redução de custos com perdas de carcaças e carnes por questões relacionadas às condenações sejam por questões ligadas à saúde animal ou pelo não cumprimento das especificações da carcaça para dado mercado (NLIS, 2012).

O programa foi pautado em segurança alimentar e acesso a mercados, este com viés muito dirigido a um programa de detecções de resíduos químicos por um sistema que garante o acompanhamento de toda a vida do animal que dá suporte e garantias - inclusive no atendimento a alguns mercados sobre a utilização de hormônios, banidos na Europa, mas pela confiabilidade do sistema é possível mitigar os animais individualmente.

O programa desde a sua implantação determinou o uso da tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification*) - identificação por radiofrequência que permite identificação automática através de sinais de rádio, recuperando e armazenando dados remotamente através de dispositivos – na forma de brinco auricular ou *bolus* ruminal e a utilização de um brinco auricular como um segundo dispositivo contendo a numeração visível é aconselhada como forma de identificação complementar ao dispositivo de baixa frequência.

A Austrália tem um status de saúde animal favorável, livre de muitas das doenças que existem em outras partes do mundo e é reconhecida por ter um serviço de vigilância competente. Nos últimos anos, esse sistema permitiu uma rápida detecção de surtos de gripe equina, aves altamente patogênicas, gripe e doença de Newcastle que permitiu a sua erradicação bem-sucedida (GARNER et al., 2016). Globalmente, a ameaça de incursões em doenças animais está aumentando devido ao aumento dos movimentos humanos e ao aumento do comércio de animais vivos animais e produtos de origem animal. Há um reconhecimento crescente por governos nacionais e jurisdicionais da Austrália e indústrias agrícolas (LANGSTAFF, 2008) que a Austrália precisa fortalecer seus mecanismos de vigilância para mitigar essas ameaças crescentes de biossegurança, continuando a facilitar e aprimorar o comércio. Diante dos recursos estáticos ou em declínio do setor público, é necessário entender melhor as ameaças atuais à biossegurança para garantir que os fundos sejam investidos em quarentena e vigilância, programas que visam essas ameaças. O sistema de vigilância geral pode ser definido como reconhecimento e notificação de casos clínicos suspeitos. A observação atenta dos animais pelo produtor, inspetor, veterinário é particularmente o fator de maior relevância para a detecção oportuna de doenças exóticas e emergentes. Ao modelo da Austrália, uma lei aprovada no Parlamento da Nova Zelândia em 2012 determinou a identificação eletrônica nacional e a rastreabilidade do rebanho. A Lei Nacional de Identificação e Rastreabilidade Animal (NAIT, sigla em inglês) deu as diretrizes para o cumprimento

do esquema compulsório de identificação individual de todos os bovinos de corte e de leite antes de serem movimentados. Baseados no conceito de parceria de indústria e governo, a NAIT foi estruturada como um passo significativo na proteção dos produtores rurais no mercado internacional e no fortalecimento do sistema de biossegurança da Nova Zelândia. O programa foi implantado inicialmente com bovinos e posteriormente foi expandido para cervos (NAIT, 2009).

2.1.3.3 América do Norte

Os sistemas tradicionais de inspeção dos EUA foram projetados para controlar patógenos, todavia alguns outros modelos também se preocupam em fornecer informações sobre outras características “extrínsecas”, informações referentes à origem e também características intrínsecas do produto valorizadas pelo consumidor, como maciez (DICKINSON et al., 2002). Este trabalho empregou o sistema de lances em produtos para avaliar o quanto consumidores estavam dispostos a pagar por informações relacionadas à segurança alimentar e insumos usados no animal, verificando há cerca de 20 anos, uma oportunidade de mercado pelo interesse combinado de produtos saudáveis e características intrínsecas e extrínsecas do produto.

Em setembro de 2011, a agência U.S. *Food and Drug Administration* (FDA) solicitou ao Instituto de Tecnologia de Alimentos para executar projetos pilotos de rastreabilidade de produtos e atender a crescente exigência de rastreabilidade para agricultura e alimentos (BHATT et al., 2013). Embora que ações futuras do FDA dos EUA sejam desconhecidas, a indústria espera que sejam implementadas melhorias no rastreamento do produto. Enquanto a habilidade de rapidamente ligar produtos em toda a cadeia de suprimentos serve como um objetivo ideal, ainda há preocupações substanciais a serem abordadas, particularmente no que diz respeito à confidencialidade dos dados.

Desde o início dos 2000, os EUA têm dispensado grandes investimentos em biossegurança em um contexto de combate ao bioterrorismo, onde recursos têm sido depositados em programas de prevenção e monitoramento incluindo o setor agropecuário e alimentos, pois as consequências econômicas abrangem controle nas divisas domésticas, embargos comerciais entre países que tentam proteger suas indústrias agrícolas e cadeias de alimentos. As consequências econômicas que

acompanham a descoberta de um caso de febre aftosa, em qualquer um dos estados contíguos, imediatamente levam ao sacrifício de rebanhos e embargos comerciais. Os EUA tiveram o último caso em 1929, mas ainda assim estimam impactos de uma possível reintrodução do agente pela importância destes choques no sistema nacional alimentar e pela representatividade econômica não exclusivamente voltado aos impactos regionais, mas também avaliando as consequências globais, que podem ser hipoteticamente estimadas em perdas de cerca de 12 bilhões de dólares, incluindo fatores diretos, indiretos, desemprego e oportunidade de mercado para outras nações (BOISVERT; KAY; TURVEY, 2012). Através da aprovação de marco legal (Lei 9 CFR Parts 71, 77, 78, and 90), os EUA instituíram em 2011 a obrigatoriedade da identificação individual e rastreabilidade no trânsito interestadual incluindo bovinos e bisões, caprinos e ovinos, suínos, equídeos, cervos e aves, animais destinados a eventos de aglomeração e abatedouros, com o propósito de melhorar a rastreabilidade no país. Os procedimentos oficiais de identificação animal e rastreabilidade nos EUA foram tradicionalmente relacionados aos programas de controle de enfermidades, como a brucelose, e a sua erradicação levou a uma diminuição da identificação e rastreabilidade (APHIS, 2010).

2.1.3.4 América Latina

A República Oriental do Uruguai implantou sistema de rastreabilidade compulsória, baseado em legislação própria, sob a tutela legal do "Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca" (MGAP). O sistema definiu medida uniforme sobre todas as propriedades rurais com bovinos, garantindo a manutenção do patrimônio social que é a saúde dos rebanhos, viabilizando a cadeia produtiva. O Uruguai tem na produção de carne e exportação um dos pilares da economia. Uma das atividades econômicas consideradas de maior importância no Uruguai é a pecuária. As carnes provenientes deste país são importadas por vários países há mais de 30 anos, e por sua vez baseado neste enfoque de exportação, o Uruguai há muitos anos trabalha para melhorar a rastreabilidade de sua produção, a qual permite ao consumidor conhecer a origem do produto, bem como certificar a qualidade e inocuidade dos alimentos. O modelo institucional que se desenvolveu no Uruguai foi possível por ação do setor público e legislações nacionais, assim como inovações

do setor produtor, logrando êxito nos mercados internacionais. O Uruguai sempre trabalhou com muita clareza em seus objetivos, os quais dão sustentabilidade e impacto positivo na economia nacional, bem como capacitação dos envolvidos. Em 2009 foi desenvolvido pelo Ministério de Ganadería, Agricultura e Pesca do Uruguai (MGAP) e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) um termo de cooperação que retrata as experiências deste país no intuito de servir como um instrumento para apoio aos países da América. Inicialmente em 2006, o Uruguai desenvolveu o plano piloto de rastreabilidade que naquele momento tinha um caráter voluntário. Plano este baseado em acordo firmado entre este país e a União Europeia, pois baseado em auditorias anteriores, havia alguns questionamentos sobre a forma de identificação grupal e naquele momento foi solicitado um sistema que oferecesse maiores garantias. Atualmente, o Uruguai tem 100% do seu rebanho bovino identificado individualmente (IICA, 2009). Portanto, diferentemente do Brasil e Argentina, o Uruguai tem um sistema obrigatório que iniciou com a identificação dos terneiros nascidos a partir de 1º de setembro de 2006. Não existem certificadoras ou empresas intermediárias e o sistema é gerido pelo Ministério da Agricultura do Uruguai. Os brincos e dispositivos eletrônicos são distribuídos pelos correios (Correos) e todo o processo é subsidiado pelo governo. A rastreabilidade é realizada pelo Sistema de Identificación y Registro Animal (SIRA), administrado pelo MGAP e normatizado pela Lei 17.997 e Resolução Ministerial nº 10569 ambos de 2006 (IICA, 2009).

O SIRA é um sistema que se baseia em quatro pontos básicos: a identificação animal e individual; a identificação das propriedades, em um sistema denominado DICOSE – División de Controlador de Semovientes que através do Ministério das Finanças possibilitou a interface de dados completos de georreferenciamento com o MGAP e permitindo através do cruzamento de informações entre órgãos, a robusta identificação geográfica pela delimitação em polígonos de todas as propriedades rurais através de suas matrículas de campo registradas; o registro de informações quanto à propriedade, proprietário, animais (raça, sexo, idade de nascimento) e ocorrência de eventos (alimentação e vacinas) também se constitui em um dos pilares básicos e a movimentação e mudança de propriedades de animais arrematam o sistema através do controle individual de trânsito. Toda movimentação é realizada por um operador habilitado pelo MGAP,

são eles que geram a autorização de embarque e carregam o sistema sobre as transferências dos indivíduos em questão.

A implantação da rastreabilidade foi estruturada para ocorrer em duas etapas, onde a primeira consiste na identificação individual dos bovinos, registro de suas movimentações e ocorrências durante a vida do animal e a segunda implantada a partir de 2010 que consiste no acompanhamento do processamento e produção, ou seja, identificação e registro da carne, sendo esta etapa de competência do Instituto Nacional da Carne (INAC). Esta etapa denomina-se Cajas Negras e possibilita que o produtor quase que em tempo real acompanhe dados do abate de seus animais, incluindo peso vivo, peso de carcaça, rendimento e perdas na toalete, conferindo transparência ao processo para qualquer elo da cadeia, sejam produtores ou consumidores.

Neste sentido, os países exportadores com sistemas de produção extensivos, como o Uruguai, precisam aplicar a ciência para fornecer carne segura e de alta qualidade com eficiência (DEL CAMPO et al., 2014).

A adesão na Argentina é voluntária, sendo obrigatória para produtores que fornecem gado para a UE. Em 2007 todos os bezerros do país começaram a ser identificados individualmente, mas só está habilitada à exportação a propriedade com 100% por rebanho identificado. A mesma é vistoriada por um veterinário credenciado em um intervalo de até 180 dias e tem toda a movimentação controlada em um livro de registro que espelha a base de dados oficial. Os bezerros identificados a partir deste sistema nacional não necessariamente estarão aptos, pois somente as propriedades definidas como “trazadas” são as habilitadas para tal, são denominadas “Establecimiento Rural Proveedor de Ganado para Faena”, que se assemelham às propriedades ERAS do Brasil. As demais são identificadas como “caravaneadas” e não estão aptas à exportação. Neste sistema voluntário, somente as propriedades que cumprem as com as medidas de equivalência europeias estão aptas à exportação, diferentemente do Uruguai que pelo caráter obrigatório chancela todo o país e propriedade rural à exportação.

O Sistema de *Trazabilidad del Paraguay* (SITRAP) também se caracteriza pela identificação individual de bovinos e pelo conjunto de práticas destinadas a conhecer a origem, movimento assim como conhecer informações sanitárias e nutricionais desde seu nascimento até o abate. O organismo executor é a Associação Rural do Paraguai e o ente regulador e fiscalizador é o SENACSA

(Servicio Nacional de Calidad y Salud Animal). O sistema é de adesão voluntária e a identificação do estabelecimento, do proprietário e dos números de ordem dos indivíduos são impressos nos brincos respeitando uma codificação alfanumérica. O Paraguai totaliza cerca de 400 propriedades e 1,5 milhão de animais (PARAGUAY, 2020). Aqui sim é um caso aparte, pois um país precisou construir a credibilidade e participar do jogo internacional da carne bovina. Então, pode ser uma estratégia de competitividade de um país pequeno para concorrer no mercado.

2.1.3.4.1. Brasil

Com a crescente internacionalização na comercialização de carne bovina nos anos 2000, foram desenvolvidos sistemas de certificação, especialmente pautadas pelas relações comerciais com a UE, denominados de "sistemas de rastreabilidade bovina". Em janeiro de 2002, através da Instrução Normativa nº 01, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), promulgou o Sistema Brasileiro de Identificação e Certificação de Origem Bovina e Bubalino – SISBOV (NICOLOSO et al., 2012). Não obstante, o histórico da rastreabilidade no Brasil é marcado pela percepção de muitas dificuldades sob o ponto de vista cultural, econômico ou operacional, até mesmo no estágio preliminar de identificação dos animais. O produtor não vislumbra vantagens em cumprir requisitos específicos para acessar mercados diferenciados; ou em se adaptar a estes sistemas por questões gerenciais e sanitárias, porque muitas vezes o sentido não foi compreendido (KARLSEN et al., 2013). A maior dificuldade dos produtores começa ainda antes do cumprimento adequado do processo, ou seja, na adesão ao SISBOV, demonstrado pelo baixo número de propriedades rastreadas no país (FIGURA 1). Observar as regras de rastreamento implica em custos tais como a colocação dos brincos de identificação e a manutenção de dados no sistema que exige um aprendizado. Em sistemas de adesão voluntária o êxito e a sustentabilidade do programa estão pautados basicamente no interesse do produtor.

Número de propriedades rastreadas (SISBOV) por Unidade Federativa no Brasil em 2023

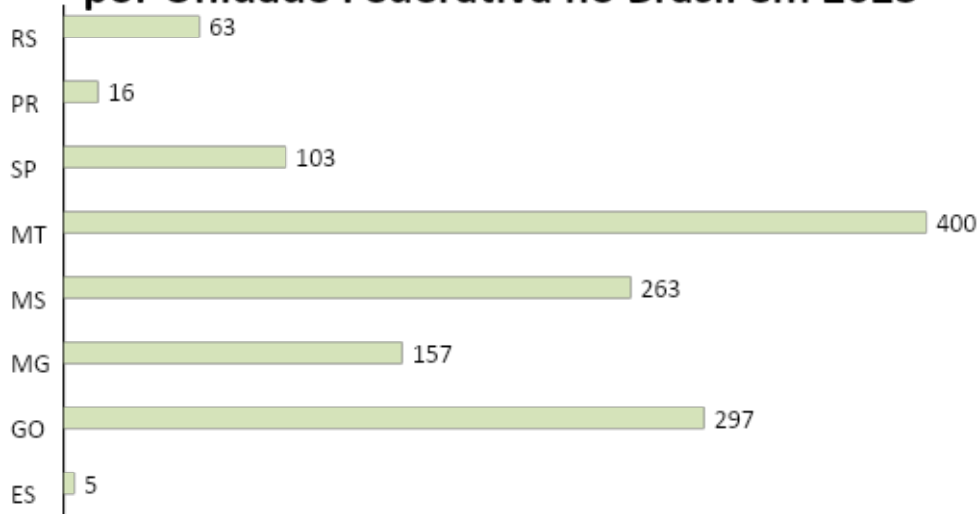


Figura 1. Número de propriedades rastreadas pelo sistema oficial brasileiro SISBOV em março de 2023 (com exceção do estado de SC).

Fonte: MAPA, 2023

Tabela 1. Resumo do histórico da rastreabilidade no Brasil sob a perspectiva legal.

ANO	Legislação Federal	Ações
2001		Aprovação do Sistema SIRB pela empresa gaúcha PLANEJAR.
2002	IN Ministerial 01 IN SDA 21 IN 47	Instituição do SISBOV; Definição de critérios e parâmetros para o credenciamento das certificadoras; Aprovação de instruções para supervisão e controle operacional do SISBOV e certificadoras.
2003	Portaria SDA 23 IN 59 IN 17 IN 88	Instituição do Comitê técnico Consultivo do SISBOV; Definição de obrigatoriedade de inclusão de importados no SISBOV; Alteração do prazo de adesão para exportação a UE; Definição de calendário de ingresso e permanência dos animais na base de dados (BND).
2004	IN 21 IN 25 IN ministerial 138 e 159 e portaria 68 e 72 IN SDA 77	Definição de novas normas operacionais, como cadastramento do produtor, estabelecimento rural, definição dos códigos de identificação, inclusão na BND, trânsito. Categorização de risco em relação à Encefalopatia Espongiforme Bovina (EEB); Criação de grupo de trabalho para redação do manual operacional e auditoria das certificadoras do SISBOV; Mudança de prazos para exportação.
2006	IN 17	Criação do Estabelecimento Rural Aprovado pelo SISBOV (ERAS), que apresenta todos os animais identificados individualmente e registra todos os animais movimentados, nascidos e mortos.

2008	IN 24	Troca a responsabilidade de gestão do SISBOV para a Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA) do MAPA. Confere a competência do médico veterinário do órgão estadual de defesa para a realização de auditorias técnicas.
2009	Lei 12097	Publicada para oficializar instrumentos de rastreabilidade como: Nota Fiscal, GTA, marca a fogo, tatuagem ou outra forma permanente de marcação, registro de inspeção e registro de produtos.
2009	IN 14	Revoga o artigo 72 da IN 17 e possibilita o novo credenciamento de uma propriedade descredenciada, a partir do ajuste de saldo em consonância com o órgão estadual de defesa, em 90 dias.
2018	IN 51	Em vigor. Revoga a IN 17, mas mantém os conceitos de ERAS – Estabelecimento Rural Aprovado pelo SISBOV e ERC – Estabelecimento Rural Cadastrado. Mantém procedimentos da IN 17, mantém adesão voluntária e identificação individual de todos os animais, registros de saída, entrada e morte do estabelecimento. Esta normativa define o SISBOV como sistema oficial de identificação de bovídeos do Brasil.

Uma das estratégias para a expansão das exportações para a conquista de novos mercados ou mesmo para manutenção de mercados já estabelecidos é voltada ao cumprimento de medidas sanitárias, através da demonstração de um serviço de defesa sanitário coeso, estruturado, voltado ao controle de enfermidades e defesa do consumidor. Incluindo infraestrutura logística e de pessoal nos frigoríficos de inspeção federal, condição sem a qual não há exportação. Portanto, o resultado positivo no incremento da produção nos últimos anos deve ser proporcional à capacidade doméstica de monitoramento das questões sanitárias, bem como à adequada interlocução para acordos comerciais pautados em excelência de Defesa Sanitária Animal (BARCELLOS et al., 2020). As políticas públicas são impulsionadoras das mudanças, mas sistemas voluntários normalmente têm baixa adesão.

No âmbito nacional, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA – visando estabelecer normas para a produção de carne bovina com garantia mais especificamente do cumprimento de medidas de equivalência e, publicou a Instrução Normativa nº 17 (IN 17), em 14/07/2006, com estrutura operacional para o Serviço Brasileiro de Rastreabilidade da Cadeia Produtiva de Bovinos e Bubalinos. Com a normativa, surge o conceito de Estabelecimento Rural Aprovado no SISBOV (ERAS), de caráter optativo e voltado especificamente para a União Europeia. O conteúdo e o conceito de controle individual do rebanho foram implantados no país através desta normativa, mas o caráter voluntário determinou que somente algumas propriedades estivessem aptas para comercialização. Apenas o Estado de Santa

Catarina optou pela identificação animal compulsória, em um viés de controle de rebanho, como um dos pilares da manutenção do status internacional de “livre de febre aftosa sem vacinação”. Todavia com o objetivo de realizar algumas adequações nesta normativa, o Mapa publicou em 2018 a Instrução Normativa 51 (IN 51) que revogou a IN 17, sem muitas alterações, todavia definiu o sistema oficial de identificação individual do país, normatizando questões técnicas de numeração dos elementos de identificação em acordo com os padrões internacionais ISO 11784 e 11785 e ICAR (*International Committee for Animal Recording*), como a definição dos três primeiros dígitos numéricos do Brasil de acordo com ISO país – 076 - e definindo a Plataforma de Gestão Agropecuária – PGA – como base de dados oficial para registro das informações a ser controlada pela Secretaria de Defesa Agropecuária do MAPA. Esta normativa mantém os conceitos de controle individual de população, de rebanho de movimentação, de uso de fármacos e controle de períodos de carência na propriedade, como a anterior, somente agrega mais instrumentos para a utilização da nova base de dados e vincula no seu escopo legal as legislações que tratam da gestão da informação oficial do Brasil (Decreto 7623 de 2011). Também na nova normativa alguns procedimentos do processo são eliminados na tentativa de diminuir encargos administrativos burocráticos para os entes executores, bem como são definidas com mais clareza algumas sanções para casos do não cumprimento das normas. Desta forma a normativa abre a possibilidade da utilização de um sistema de identificação individual oficial sem o cumprimento integral do protocolo ERAS – que é o acordado com o mercado europeu para habilitar à exportação – sem a necessidade do cumprimento de requisitos administrativos exigidos neste protocolo, como no estado de Santa Catarina, que adota a identificação individual brasileira com a utilização de brincos com numeração SISBOV fornecida pelo MAPA sem necessariamente cumprir o protocolo ERAS, mas com a compatibilidade para ingressar por adesão ao protocolo de habilitação à exportação para UE a qualquer momento.

No plano regional, o Rio Grande do Sul possui cadeias de produção bovídeas – carne e leite – já consolidadas, com alto consumo interno e com balizador de preços no mercado interno (para outros estados) e externo (China, Estados Unidos, UE, Chile, Uruguai, e outros países), envolvendo milhares de pessoas. Alguns municípios possuem mais de 70% de sua economia no setor primário. Assim, a aplicação de medidas que garantam a sanidade dos rebanhos,

facilitando os controles e gerando garantias sanitárias que permitam a manutenção e expansão dos mercados consumidores – se possível os de maior valor agregado – se constitui em instrumento de qualificação do produto. Esses mercados têm níveis diferenciados de exigências em garantias sanitárias, o que exige a aplicação de ferramentas como sistemas de identificação, que produz reflexos positivos em todos os elos da cadeia de produção.

Sistemas maduros são percebidos através do desempenho aprimorado da cadeia de suprimentos, possibilitado pelo fluxo de informações relacionadas ao desempenho das carcaças e à saúde animal após o abate, além de um depósito de informações centralizadas, que atende atividades personalizadas de pesquisa, desenvolvimento e extensão para cadeias de suprimentos e áreas geográficas que enfrentam problemas específicos. E que sob uma ótica pública serve de base para definição de diretrizes de políticas alicerçadas em dados reais e benchmarking de desempenho regional, estadual ou nacional.

O impacto das questões sanitárias nos acordos comerciais, consolida a rastreabilidade como uma ferramenta de rápida recuperação de mercados, pela precisão em georreferenciar e controlar um foco, mas principalmente fornecer informações e garantias aos mercados para pronta recuperação. Em maio de 2000, Rio Grande do Sul e Santa Catarina haviam suspenso a vacinação para conquistar o Certificado de Zona Livre de Febre Aftosa Sem Vacinação, junto à OMSA. Entretanto, o reaparecimento da doença neste mesmo ano resultou na suspensão do certificado que garantiria aos Estados o status de Zona Livre Sem Vacinação, resultando na paralisação dos contratos de exportação de carne e derivados para o Chile, Arábia Saudita, Rússia e países da União Europeia (ANDREATTA, 2003). Outro fator que influenciou a diminuição do CR foi o déficit da balança comercial brasileira (WTO, 2013).

No entanto, em 2007, a OMSA reconheceu a Primeira Zona Livre de Febre Aftosa sem Vacinação do país – o Estado de Santa Catarina, que se mantém até hoje. Dessa forma, se despegou da realidade brasileira no quesito sanitário e na rastreabilidade, por uma gestão voltada ao risco, após a retirada da vacina, identificou e rastreou as um pouco mais 4 milhões de cabeças do estado, no propósito de controle de rebanho e movimentação mais eficaz.

Contudo a implementação de sistemas de rastreabilidade traz várias vantagens, mas também desafios (MATTEVI; JONES, 2016), o que explica a

dificuldade de implantação e evolução do sistema em diversos países. Ao avaliar o processo de adoção de um sistema de rastreabilidade, é crucial entender as dificuldades e benefícios existentes. Deve-se considerar que qualquer incerteza sobre os custos e benefícios da implementação de sistemas de rastreabilidade pode levar em conta as discrepâncias entre os resultados esperados e os reais (ASIOLI; BOECKER; CANAVARI, 2014; CORALLO et al., 2020b).

Os benefícios obtidos com a rastreabilidade para alimentos de alto risco e alto valor superam em muito o custo da rastreabilidade. Muitos países emergentes estão atrasados no desenvolvimento e na implementação de padrões de segurança e rastreabilidade de alimentos, limitando assim as exportações de produtos alimentícios, onde a má regulamentação do uso de produtos químicos, poluentes e uma acentuada falta de capacitação de mão de obra restringem a participação dos produtores e processadores. Um dos maiores desafios da rastreabilidade da cadeia de suprimentos é a troca de informações em um formato padronizado entre os vários elos da cadeia. Essas informações precisam ser trocadas de maneira precisa, eficaz e eletrônica (AUNG; CHANG, 2014; MOE, 1998).

2.2. Saúde Única – *One Health*

As condições sustentáveis para o controle e erradicação de enfermidades, proteção dos rebanhos, considerados patrimônios nacionais, e da sociedade brasileira, pela garantia do fornecimento de alimentos seguros à população, pautam programas de desenvolvimento estratégico do país (CAPORALE; GIOVANNINI; ZEPEDA, 2012). A OMSA define vigilância epidemiológica como a investigação contínua de uma população para a detecção da ocorrência da doença/infecção com propósitos de prevenção e controle. A vigilância ativa, segundo a FAO, envolve por sua vez, esforços intensivos para detectar a presença ou comprovar a ausência da doença ou infecção. Esse termo é empregado, geralmente, para o levantamento de dados produzidos especialmente para investigação epidemiológica dos rebanhos, incluindo a busca deliberada e detalhada de evidências da doença na população animal com objetivo de confirmar sua presença ou ausência (CORTÊS, 1993; BARLETT; JUDGE, 1997).

Os sistemas de registro de animais estão atraindo interesse mundial em praticamente todos os países, independente da renda. Nos países de alta renda, os

sistemas de registro de animais foram historicamente desenvolvidos por associações de raças e programas de melhoramento genético e organizações de saúde animal para erradicar doenças como brucelose, tuberculose e paraplexia enzoótica dos ovinos. Esses programas, no entanto, limitaram-se aos produtores participantes de associações ou em áreas nas quais existiam certos riscos de doenças e raramente eram implementadas em todo o país. Surtos recentes de encefalopatia espongiforme bovina (EEB ou doença da vaca louca), febre aftosa, peste suína clássica e peste suína africana e gripe aviária de alta patogenicidade, resultaram em enormes perdas em termos de número de animais abatidos e destruídos e acesso diminuído aos mercados internacionais. Muitos desses países implementaram subsequentemente sistemas nacionais de registro de animais que visam facilitar a rastreabilidade completa de todos os animais e seus produtos (FAO, 2016).

A abordagem “One Health” reconhece as ligações íntimas entre os sistemas de saúde humana, animal e ambiental e propõe um enfoque internacional, interdisciplinar e intersetorial para vigilância, monitoramento, prevenção, controle e mitigação de doenças emergentes e reemergentes. Nos últimos anos, esta abordagem tem sido adotada por várias organizações nacionais e internacionais como uma forma promissora de melhorar as intervenções de saúde pública (ZINSSTAG, 2021).

Exatamente nesse escopo que a rastreabilidade consiste em uma ferramenta precisa para o controle das movimentações, principal forma preventiva de controlar enfermidades, bem como permite que ações corretivas sejam implementadas de maneira rápida e eficaz. Quando um problema potencial de segurança alimentar é identificado, seja por uma empresa de alimentos ou pelo serviço veterinário oficial (SVO), um sistema eficaz de rastreabilidade pode ajudar a isolar e impedir que produtos contaminados cheguem aos consumidores, dando credibilidade ao sistema de defesa agropecuária do país.

A febre aftosa é uma doença de notificação obrigatória que acomete animais biungulados, implica importantes perdas econômicas e é considerada uma das doenças de rebanho mais contagiosas (ALEXANDERSEN et al., 2003; KITCHING, 1998). Por tais características, trata-se de um importante bloqueio sanitário no comércio internacional de produtos de origem animal. O surgimento da febre aftosa nos rebanhos de um país causa prejuízos financeiros locais para a população, com

o sacrifício sanitário de animais, prejuízos comerciais pelas barreiras sanitárias e os seus custos decorrentes do alto poder infectante do vírus (HAYAMA et al., 2012).

Em um contexto recente, o Estado do Rio Grande do Sul, por meio de seu serviço veterinário oficial e a ação dos pecuaristas, recebeu junto à OMSA, o status de “livre de Febre Aftosa sem vacinação, prospectando benefícios diretos à cadeia que envolve a pecuária de corte e a suinocultura. Para isto, atos normativos foram publicados proibindo o ingresso de animais vacinados para aftosa no RS e a comercialização e uso de vacina no território gaúcho. Essas ações foram estrategicamente determinadas através do Plano Estratégico do Programa Nacional de Erradicação e Prevenção da Febre Aftosa (PNEFA), lançado em 2017 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, em um caminho para a erradicação da enfermidade (BRASIL, 2020). O objetivo foi “criar e manter condições sustentáveis para garantir o status de país livre da febre aftosa e ampliar as zonas livres de febre aftosa sem vacinação, protegendo o patrimônio pecuário nacional e gerando o máximo de benefícios aos atores envolvidos e à sociedade brasileira”. Suas bases são alinhadas com o Código Sanitário para Animais Terrestres e convergem com os esforços para a erradicação da doença na América do Sul. Um dos seus objetivos é a retirada gradual da vacinação contra a febre aftosa, em todo o território brasileiro, que implica na adoção de diversas ações a serem desenvolvidas em âmbito municipal, estadual e nacional (BARCELLOS et al., 2020).

O maior trânsito de pessoas, animais e mercadorias implica no aumento de riscos de transmissão internacional de Febre Aftosa. Tal risco compromete os países na sua capacidade de exportar animais e produtos de origem animal, dificultando o acesso aos lucrativos mercados internacionais. Já os países livres de febre aftosa veem suas despesas aumentarem consideravelmente quando surtos esporádicos ocorrem e se faz necessário recuperar o status sanitário anterior. Enquanto os países livres de febre aftosa desfrutam de vantagens comerciais que este estatuto lhes traz, a manutenção dele os deixa mais vulneráveis à entrada e disseminação do vírus (OMSA).

Com a ocorrência de focos na Ásia (China, Mongólia, Coreia do Sul e Japão) em 2010, estudos foram conduzidos para estimar os custos de controle e as perdas diretas para a agricultura que resultaram em 2,8 bilhões de dólares na Coreia do Sul, elevando o preço da carne suína no país e aumento das importações (IFAH, 2012). Epidemias de febre aftosa no Japão causaram graves danos à indústria pecuária

local e às indústrias relacionadas, durante essa epidemia, cerca de 37 mil bovinos e 174 mil suínos foram abatidos nessas fazendas, atingindo um total de 290 mil animais susceptíveis abatidos durante a epidemia (HAYAMA et al., 2012).

O surto de 2001 de febre aftosa na Europa, embora concentrado na Grã-Bretanha, espalhou-se para a França, República da Irlanda, Países Baixos e Irlanda do Norte (SCOTT; CHRISTIE; MIDMORE, 2004). Após a epidemia, agricultores e outras pessoas afetadas pela crise tiveram a vida acompanhada por sofrimento, sentimento de perda, medo de um novo desastre, perda de confiança nas autoridades e no sistema de controle (IFAH, 2012). Para conter a epidemia de febre aftosa que se alastrou pelo Reino Unido naquele ano, o país dispôs mais de US \$11 bilhões e sacrificou mais de seis milhões de animais ao longo de sete meses e meio. Um estudo de 2002 do "National Audit Office" do Reino Unido estimou os custos diretos em US \$4,3 bilhões e os custos indiretos em US \$7,2 bilhões. Devido à capacidade de o vírus ser transmitido por objetos inanimados, como roupas ou rodas de veículos, o público foi desencorajado a visitar o campo durante a epidemia. Como resultado, as receitas do turismo rural caíram 14,5% em 2001 em comparação com o mesmo período do ano anterior, chegando a uma perda para o setor de £ 179 milhões por semana ou £ 7,7 bilhões ao longo do ano (NAO, 2002).

A demora no diagnóstico primário no foco inglês foi determinante para a evolução da doença e elevação dos custos. O papel de possíveis fatores na facilitação da entrada do vírus têm sido discutido como a redução significativa no número de pesquisadores em febre aftosa naquele país desde 1981; a redução das equipes veterinárias oficiais – que diminuiu a inspeção de rotina e vigilância; e a decisão dos países ocidentais da UE de não mais vacinarem seu gado contra a febre aftosa (SPIER, 2001). Ainda no ano de 2001 o Uruguai foi afetado pela mesma doença. Vinte mil animais foram abatidos e US \$730 milhões foram gastos para conter a doença (IFAH, 2002).

Muitos países que têm a Febre Aftosa erradicada há muitos anos, continuam realizando pesquisas para estimar e melhorar sistemas que evitem a reintrodução do vírus ou auxiliem no controle da enfermidade, tendo em vista o grande impacto social e econômico que promove esta enfermidade. (CARPENTER et al., 2011) citam que depois de 21 dias para cada hora para a qual permanece sem ser detectado o foco resultaria em um custo adicional de 2000 animais abatidos e 565 milhões de dólares em perdas.

A experiência mostra que a detecção precoce e a capacidade rápida de resposta frente a um surto de uma doença, aumenta a eficiência em emergência sanitária e reduz impactos sociais, econômicos e ambientais associados ao foco (CARPENTER et al., 2011; FERGUSON; DONNELLY; ANDERSON, 2001; HOWARD; DONNELLY, 2000).

Além disso, os movimentos domésticos e de animais silvestres são importantes na disseminação de doenças (FÈVRE et al., 2006). Depois da detecção de qualquer doença transfronteiriça, as autoridades de saúde animal precisam identificar rapidamente quais animais estão envolvidos, onde os animais infectados estão localizados, e quais outros animais podem ter sido expostos à doença. Normalmente uma investigação de surto é concluída quando a doença é rastreada de volta à sua fonte (traceback) e para frente para avaliar potencial de novas infecções (CAPORALE; GIOVANNINI; ZEPEDA, 2012; ELBERS et al., 2001).

Traçando um paralelo com a situação atual ocasionada pela pandemia causada pelo SARs-COVID19, os países que utilizam tecnologias para a manutenção de um sistema de vigilância amplo e sensível, realização de rastreamento rápido e eficaz de contato de indivíduos, orientação clara e consistente pelos oficiais de saúde, possibilitou a tomada de decisões racionais a partir de informações locais profundas sobre população e ambiente, apresentando melhores resultados no enfrentamento ao COVID-19 (PLASEK et al, 2020).

2.3. Mercado internacional e nacional de carne bovina

O Brasil, ainda que esteja classificado entre as economias emergentes e em desenvolvimento (IMF, 2022), encontra-se entre os quatro maiores produtores de gado de corte do mundo. Estima-se que Brasil, China, União Europeia e Estados Unidos produzirão aproximadamente 60% da carne mundial até 2029. O Brasil é um dos três países das Américas onde a capacidade de produção de gado de corte deve aumentar até 2029; os outros países são Argentina e Estados Unidos (OECD-FAO, 2020). Espera-se que 81% a mais de carne bovina seja produzida neste período, nos países em desenvolvimento em relação a 2020 (CASAGRANDA et al., 2023).

Desde a década de 1990, a cadeia produtiva da bovinocultura de corte brasileira passou por uma modernização tecnológica em seus sistemas de produção

e organização, resultando em maior produtividade, melhor qualidade da carne e maior competitividade. Este cenário deve-se às condições climáticas favoráveis do país, disponibilidade de terras a preços baixos, oferta de mão de obra adequada e tecnologia de produção adaptada a um país tropical (MALAFAIA et al., 2021).

A produção mundial de carne bovina subiu para 71,1 milhões de toneladas em 2018, aumento de 2,1% em relação a 2017, e tem origem principalmente em cinco países: Brasil, Estados Unidos da América, Argentina, União Europeia e Austrália. A produção brasileira de carne bovina cresceu 4,0% em 2018, perfazendo 9,9 milhões de toneladas. Essa expansão foi atribuída principalmente a um maior abate de animais, principalmente de fêmeas, e um aumento da demanda de importação, induzido por preços competitivos oferecidos aos mercados internacionais (FAO, 2016). O Brasil expandiu a exportação em 2018 em 11,3% especialmente por questões relacionadas ao aumento de demanda pela China, em virtude dos surtos de Peste Suína Africana.

Pode-se observar que a partir de 2002, as exportações brasileiras de carne bovina tiveram um crescimento expressivo, favorecido pelo cenário mundial. Conforme POLAQUINI; SOUZA; GEBARA (2006) esse aumento foi resultado i) da diminuição das áreas com febre aftosa no país, ii) da implantação de sistemas de controle de qualidade para atender os mercados mais exigentes, iii) das deficiências no abastecimento de carne bovina decorrentes de surtos EEB na UE e iv) das crises econômicas e sanitárias na Argentina. Nesse período, a Argentina, um dos principais produtores mundiais de carne bovina, perdeu espaço no mercado internacional devido aos surtos de febre aftosa e sobrevalorização da moeda, proporcionando ao Brasil um crescimento nas exportações de carne bovina para os EUA (SCHROEDER; TONSOR, 2012; PAULA; FAVERET, 2001).

A Peste Suína Africana teve uma influência dinâmica e rápida sobre o mercado global de carne, com a demanda de importação chinesa impulsionando a inflação de preços em todas as principais proteínas em 2019. A demanda chinesa levou a uma enorme mudança comercial, pivotando grandes nações exportadoras para o mercado. Isso deixou vários mercados tradicionais com um déficit de oferta de carne (MLA, 2020).

Os principais objetivos da OMC são facilitar as negociações de comércio justo, estabelecer regras de comércio e resolver disputas comerciais. A OMC apoia uma posição sobre o comércio que, de acordo com o GATT (Acordo Geral de Tarifas

e Comércio), permite que os governos imponham restrições ou requisitos comerciais para proteger a vida ou a saúde humana, animal ou vegetal. Tais padrões não podem ser protecionistas da concorrência de importação, mas devem basear-se na ciência. Os países membros são incentivados pelo Acordo de Medidas Sanitárias e Fitossanitárias (SPS) a empregar padrões, diretrizes e recomendações internacionais em suas políticas comerciais. A OMC reconhece a OMSA como organização internacional que estabelece diretrizes para a proteção da saúde animal e o Codex como base para os padrões de segurança alimentar. Componentes importantes do SPS da OMC incluem: “O Acordo SPS da OMC concede aos países membros o direito de implementar a rastreabilidade como uma medida SPS. No entanto, esse direito é acompanhado de certas obrigações. As medidas devem basear-se na avaliação dos riscos e ser cientificamente justificadas, apropriadas às circunstâncias, não mais restritivas do comércio do que o necessário e aplicado de forma consistente, inclusive entre o país que impõe a medida e outros países (SCHROEDER; TONSOR, 2012). O consumo global de carne bovina deve crescer a uma taxa média de 1,1% ao ano até 2023 (OCDE-FAO, 2019), apoiado por crescimento populacional e de renda. Seis dos 10 melhores mercados de exportação têm previsão de crescimento do produto interno bruto a mais de 2% no próximo ano (FMI). Em relação a 2019, o consumo global de carne bovina deve crescer em 3,3 milhões de toneladas até 2023. No entanto, a participação da carne bovina no consumo de carne bovina deve diminuir ligeiramente (queda de 0,1%) devido à expansão mais rápida da produção de aves.

Os níveis de consumo de carne bovina variam em todo o mundo, mas são frequentemente determinados por uma combinação de fatores, incluindo:

- crescimento econômico e poder de compra do consumidor;
- crescimento populacional e demografia;
- preferências alimentares do consumidor associadas à cultura e religião;
- um histórico de produção local de carne e familiaridade do consumidor;
- concorrência de outras proteínas e preços relativos;
- política comercial e acesso ao mercado;
- urbanização e desenvolvimento de cadeias frias.

A demanda por produtos agroalimentares aumentou substancialmente na Ásia ao longo dos séculos 20 e 21 como resultado do crescimento populacional, aumento da renda e urbanização. Prevê-se que essa tendência continue em 2050,

porém a uma taxa menor do que nas décadas anteriores devido à mudança demográfica e à medida que o Leste Asiático experimenta um crescimento econômico menos rápido (ABARES, 2023), ainda assim é estimado o aumento da demanda por carnes em 50%.

Cada vez mais, no entanto, o consumo nos mercados desenvolvidos é também guiado por percepções de saúde, ambientais e reivindicações sobre sistemas de criação de animais (MLA, 2020).

A FAO através do manual de Boas Práticas de Fabricação para a Indústria de Carne orienta a indústria na implementação de padrões crescentes de qualidade e segurança para o mercado. O guia detalha os mecanismos de identificação e rastreabilidade de animais como o novo padrão que está se tornando uma norma no gerenciamento da saúde animal e nas garantias do consumidor. BARCOS (2001) fornece informações semelhantes, detalhando um sistema de identificação animal.

A importância do mercado pecuário para a economia brasileira somada aos elevados custos e impactos decorrentes da contenção de um surto de febre aftosa justifica todo o esforço envidado pelo governo e pela cadeia pecuária na manutenção de um serviço de defesa sanitária forte e eficiente com vistas a manter a febre aftosa fora das fronteiras nacionais. Entretanto, a carne bovina pode ser exportada como um produto seguro mesmo quando proveniente de países ou zonas que não estão livres de febre aftosa, desde que sejam tomadas precauções para reduzir a probabilidade de abate de animais infectados e que se cumpram os procedimentos da OMSA durante a preparação da mercadoria, como a vigência de um programa oficial de controle da febre aftosa com vacinação sistemática obrigatória do gado e algumas condições mais específicas. O que pode ser exemplificado pelo Uruguai que mesmo diante de focos de febre aftosa no ano 2001, retomou a vacinação, mas implementou mediante a identificação individual a rastreabilidade da carne conquistando um ambiente de transparência e segurança que ampliou no decorrer dos anos o acesso a diferentes mercados, alcançando os mais exigentes como Coreia do Sul e Japão.

O cenário de demanda crescente por alimentos saudáveis e baratos incentivará a expansão da agricultura, exigindo uma pecuária cada vez mais eficiente. Somente a partir de um produto diferenciado, alinhado aos desejos dos consumidores, é que a integração entre os agentes da cadeia produtiva será possível, orientada para entregar esse produto (BARCELLOS et al., 2019).

Para os consumidores, esses benefícios incluem segurança alimentar garantida e aprimorada transparência sobre todos os produtos e processos, informações confiáveis sobre produtos alimentícios devido à maior confiabilidade garantida pela gestão da informação. A rastreabilidade também favorece governos, tornando-os capazes de tomar medidas imediatas para remover riscos à população, diagnosticar problemas na produção e repassar responsabilidades, garantir aos consumidores a qualidade dos produtos, mantendo a confiança do mercado e do consumidor (CORALLO et al., 2020b). A pecuária tem sido bombardeada por questões ambientais e de bem estar animal, o que demonstra mais necessidade do uso de ferramentas tecnológicas para provar à sociedade de forma válida e confiável os meios dos sistemas produtivos. A indústria pecuária global está enfrentando um crescente escrutínio público de sustentabilidade e dos impactos ambientais da produção animal (SALTER, 2017) e em relação à saúde, tratamento ético e bem-estar dos animais de fazenda (HOCQUETTE et al., 2018; ROBERTSON, 2003). Enquanto os produtores se concentram em maximizar a rentabilidade produtiva nas empresas pecuárias, nas boas práticas de produção, nas expectativas dos consumidores e na legislação, também altos padrões de bem-estar animal são exigidos. Há uma pulverização ao redor do mundo de questionamentos sobre os sistemas produtivos, o que demonstra também a necessidade do uso de soluções tecnológicas para validar sistemas sustentáveis. Em muitos países, leis nacionais e participação nos mercados internacionais demandam mais conformidade e manutenção do registro de dados informativos (BAHLO et al., 2019; NASH et al., 2011; NIKKILÄ et al., 2012).

O agronegócio vive um momento em que a orientação para o mercado sugere uma mudança para a qualidade do produto aliada à quantidade. A cadeia produtiva da pecuária de corte é um dos principais exemplos de produtos que sofrem efeitos adversos (ROBLES, 2010). Na avaliação de megatendências para 2040, prospecta-se a priorização por produtos de qualidade, onde o consumidor posiciona-se exigindo produtos mais naturais e com menos aditivos (MALAFAIA et al., 2021).

Em princípio, as decisões evoluem como um equilíbrio na consideração de interesses, benefícios e custos. O equilíbrio se desenvolve por meio de atividades de empresas no estabelecimento de recursos de rastreamento e rastreamento dentro

de uma estrutura regulatória estabelecida por políticas e grupos setoriais para perseguir seus interesses (FRITZ; SCHIEFER, 2009).

2.4. Rastreabilidade ambiental

Ainda relacionado ao perfil do consumidor, observa-se uma tendência de mudança de paradigma, o que torna a demanda por alimento que se origina de áreas de conformidade ambiental, em que não há desmatamento, no mesmo patamar que a demanda por um alimento seguro sob o ponto de vista sanitário, que inclua garantias de higiene, saúde, gerenciamento de resíduos.

Na arena política internacional cada vez mais polarizada, tornou-se difícil encontrar um terreno comum para resolver as questões ambientais do Brasil, que tem implicações globais, bem como locais. Compradores internacionais de *commodities* agrícolas brasileiras têm levantado preocupações sobre produtos “contaminados” pelo desmatamento (isto é, desmatamento ocorrido durante o processo de produção do produto) (RAJÃO et al., 2020). As críticas da União Europeia (UE) ao governo brasileiro reforçam as demandas pelo boicote aos produtos brasileiros e pela não ratificação do acordo comercial firmado em 2019 entre a UE e o Mercosul, o bloco comercial sul-americano. Entre as preocupações está a de que o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) provenientes do desmatamento e dos incêndios florestais no Brasil poderia anular os esforços de mitigação das mudanças climáticas da UE. O governo brasileiro e o agronegócio afirmam que as leis nacionais garantem altos padrões de conservação, mas independente disso o que se percebe por parte dos compradores são proibições comerciais de produtos em que não se comprovem a origem (SOARES-FILHO et al., 2014).

Estudos nos biomas Amazônico e Cerrado demonstram que apenas 2% (17.557) de todas as propriedades em ambos os biomas são responsáveis por 62% de todo o desmatamento potencialmente ilegal. É uma porção pequena, mas muito destrutiva do setor que representa uma ameaça às perspectivas econômicas do agronegócio brasileiro, além de causar danos ambientais regionais com consequências globais (RAJÃO et al., 2020). Para condução deste estudo foi necessário avaliar a movimentação coletiva de bovinos a partir da GTA (Guia de Trânsito Animal) e o CAR (Cadastro Ambiental Rural) em um escopo intrínseco de rastreabilidade, para efeito de comprovação de origem, mas também de acompanhamento durante todo o processo de produção.

A maioria das propriedades agrícolas do Brasil é livre de desmatamento (RAJÃO et al, 2020), e o bioma Pampa brasileiro (BPB) que ocupa a metade sul do estado do Rio Grande do Sul, com uma área aproximada de 176,5 mil km² (IBGE, 2004) tem na pecuária a principal forma de preservação. O modelo de produção agropecuário no BPB é similar ao restante do Brasil, especialmente em relação à produção de bovinos de corte com base em alimentação a pasto, em campos nativos, é base para a atividade pecuária (EMBRAPA, 2021).

Na tentativa de conferir transparência e garantir a manutenção de mercados, a indústria de carne brasileira vêm implementando procedimentos para comprovar de forma clara a origem dos bovinos, no entanto alternativas isoladas geram burocracia e muitas vezes não são suficientes para manutenção da confiabilidade e comprovação da conformidade ambiental.

No âmbito público brasileiro, incentivos são delineados para as instituições financeiras com um reforço ao estímulo e fortalecimento dos sistemas de produção ambientalmente sustentáveis, com redução das taxas de juros para recuperação de pastagens e premiação para os produtores rurais que adotam práticas agropecuárias consideradas mais sustentáveis e rastreabilidade dos bovinos (PLANO SAFRA, 2023).

Os desafios do século XXI estão claramente pautados na produção e oferta de alimentos com sustentabilidade e o cenário regulatório global sinaliza fortemente para o cumprimento de medidas que comprovem com transparência e tecnologia esta realidade.

2.5. Cadeia produtiva da carne bovina no estado do Rio Grande do Sul

A bovinocultura de corte no Rio Grande do Sul tem forte apelo histórico, cultural e econômico, se destacando como elemento relevante da identidade e da economia local. A atividade é uma importante integrante das oportunidades e da matriz econômica local (RETAMOSO, 2017), empregando 13,6 mil funcionários em estabelecimentos rurais e 9,8 mil na indústria do abate (FEIX et al. 2022), sendo o valor bruto da produção agropecuária (VBP) da bovinocultura de corte no RS de R\$ 8,07 bilhões em 2021 (RIO GRANDE DO SUL, 2022) em um rebanho de 12,3 milhões de cabeças (SDA, 2023).

A pecuária é importante atividade protetora e indutora de preservação sustentável à biodiversidade e aos serviços ecossistêmicos do bioma Pampa (PILLAR e LANGE, 2015) e geograficamente, os maiores rebanhos se concentram neste bioma nas regiões sul e sudoeste do estado.

Sem uma pecuária forte, bem manejada, mas ao mesmo tempo produtiva, competitiva e rentável, muda a ocupação da terra e se transformam os campos do Pampa (NABINGER, 2018). Portanto, a bovinocultura de corte é uma alternativa econômica potencialmente viável e sustentável, que preserva e protege a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos do bioma Pampa (CARVALHO et al., 2014; JAURENA et al., 2021).

Todavia, enquanto o Brasil segue avançando, ampliando a produção e o acesso a mercados, o Rio Grande do Sul, por sua vez, diminuiu sua participação no cenário nacional, decresceu rebanho, de forma relativa e absoluta, diminuiu a sua fatia na produção de carne bovina nacional, e é muito pouco relevante nas exportações brasileiras de carne bovina in natura (Figura 2). Não sendo autossuficiente em termos do abastecimento de seu mercado regional, depende da carne bovina produzida em outros estados brasileiros para complementar a oferta que é demandada internamente pelo varejo gaúcho (NESPRO/UFRGS, 2023).

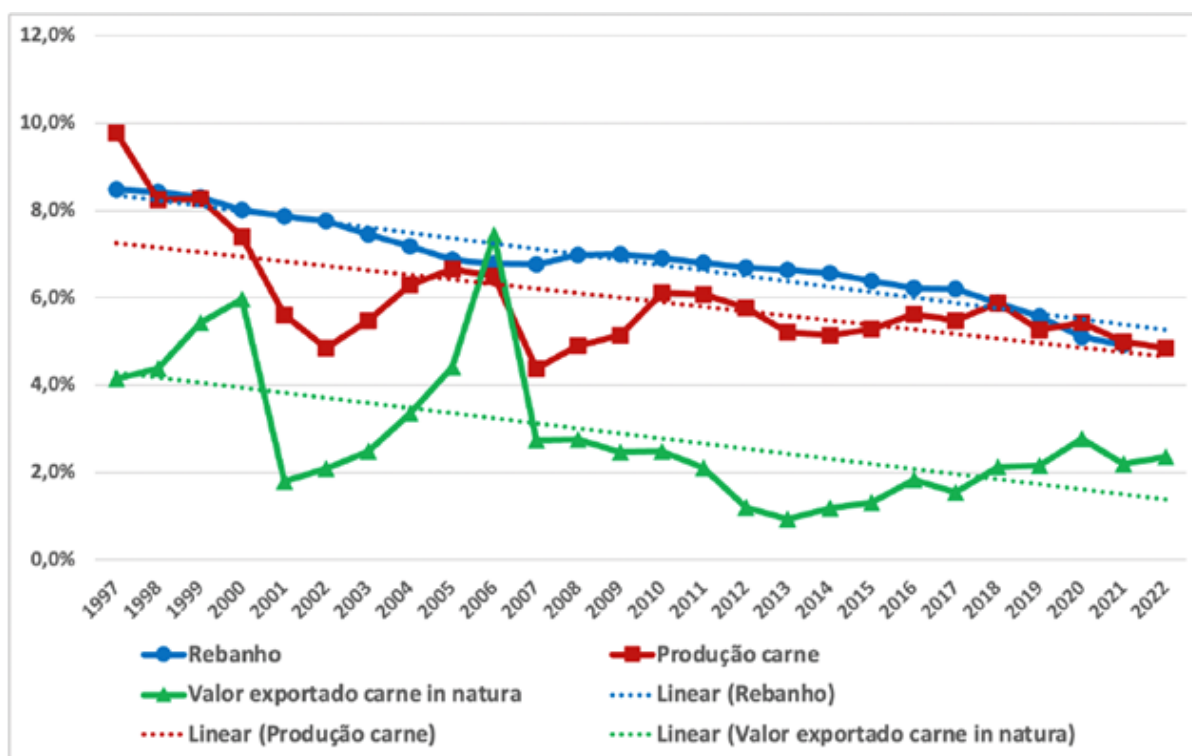


Figura 2. Participação do RS no contexto nacional da bovinocultura e da carne bovina.

Fonte: NESPRO/UFRGS. **Carta Conjuntural NESPro Bovinocultura de Corte do RS N. 6 (out-dez/2022).**

No primeiro trimestre de 2023, o RS totalizou 31,7 mil toneladas em exportação de carnes e derivados bovinos, com uma representatividade de 5% em relação ao Brasil e um decréscimo de 27% em relação ao mesmo período no ano passado (ABRAFRIGO, 2023).

A evolução do status sanitário é uma oportunidade para o acesso a mercados não atendidos, como o circuito de comercialização não aftósico (ROCHA, 2017), como Japão e Coreia que notadamente praticam preços mais altos. Todavia exige consistente e sincronizado esforço entre os entes da cadeia produtiva em busca de sua manutenção. Um dos critérios básicos e objetivos para definirmos competitividade, segundo Farina (1999), é a capacidade de ampliação, ou ao menos de manutenção, de fatia de mercado, tanto interno como externo, e com a realização de lucro positivo. Em outras palavras, defender posição, ou preferencialmente crescer, de forma sustentável e sadia, lucrativa. Frente a este cenário, a rastreabilidade pode ser uma oportunidade específica para um melhor posicionamento da carne bovina no Rio Grande do Sul.

A agregação de valor e a diferenciação de produto na cadeia produtiva são elementos importantes dos preços, margens, e do desempenho econômico obtido, e uma consequência das estratégias escolhidas pela cadeia e por seus agentes (PORTER, 2014).

Os modelos de comércio internacional de commodities agrícolas postulam a existência de um preço internacional representativo para cada mercado, isto é, cumprem com a lei de um único preço. A segmentação sanitária e a diferenciação de produto do mercado internacional da carne vacinada determinam a existência de diferentes preços internacionais (ALFARO et al., 2003)

A transição sustentável da pecuária no Brasil requer novas abordagens às preocupações biológicas e predominantemente sociais. Até o momento, a pesquisa se concentrou nos fatores fisiológicos que, por exemplo, influenciam os padrões de distribuição do gado nas pastagens, mas minimizaram os aspectos sociais. Apesar da forte cultura da pecuária no Brasil, os desafios ambientais contemporâneos, as preferências e perspectivas do consumidor requerem melhorias biotecnológicas, mas também organizacionais e sociais que aumentem a transparência e a

rastreabilidade nas cadeias de fornecimento de carne bovina e o conhecimento do mercado (KNOLL et al., 2018).

Entende-se que o caminho estratégico para a cadeia local é o da diferenciação com agregação de valor. Um conjunto de recursos existentes localmente permite o desenho de uma proposta de valor ao mercado consumidor neste sentido, com atributos de qualidade, sustentabilidade e origem controlada, entre outros. Este composto, no entanto, exige visão estratégica, foco nos consumidores, comunicação adequada, planejamento e coordenação entre os agentes, além do desenho de ativos específicos a serem transacionados. Somente assim é possível que a diferenciação seja sustentada, e a proposta de valor entregue de forma consistente e coerente (WAGNER et. al., 2023).

3. HIPÓTESES

A dificuldade de compreensão da cadeia produtiva de carne bovina e complexidade dos processos envolvidos sobre rastreabilidade determinam o limitado progresso no Brasil.

Algumas intervenções podem aumentar a identificação individual e rastreabilidade melhorando a gestão da informação em todas as etapas de produção e distribuição de carne bovina, gerando benefícios à cadeia produtiva.

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL:

Evoluir decisões baseadas nos interesses dos diferentes segmentos representativos e propor estratégias organizacionais, de suporte multisetorial sobre intervenções em rastreabilidade, podendo amparar políticas públicas voltadas às necessidades do Rio Grande do Sul frente aos desafios futuros.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Descrever as percepções dos diferentes atores da cadeia produtiva da carne sobre o entendimento, desafios e oportunidades da rastreabilidade em bovinos de corte do Rio Grande do Sul.

Definir as melhores intervenções para implantação da rastreabilidade, a partir de uma análise multicritério.

CAPÍTULO II³

³ Elaborado conforme as normas da revista Preventive Veterinary Medicine (Apêndice)

UNDERSTANDING BEEF CHAIN PERCEPTIONS AND PARTICIPATION BEHAVIOR IN TRACEABILITY SYSTEMS IN SOUTHERN BRAZIL

Anna Isabel Caputti Pereira Suñé¹, Gustavo Machado², Julio Otavio Jardim Barcellos¹

¹Department of Animal Science, *Graduate Program in Animal Science*, Center for Studies in Production Systems for Beef Cattle and Productive Chain - NESPro, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil.

²Department of Population Health and Pathobiology, College of Veterinary Medicine, North Carolina State University, Raleigh, NC, USA.

Corresponding author: annapsune@gmail.com

Abstract

The aim of this work is to describe the perceptions of different actors in the beef chain in the state of Rio Grande do Sul, Brazil, about traceability and the decision-making based on understanding the concept. Globally, animal unique identification and traceability are recognized as important components of food safety, animal management and health, determination of origin, traceback, certification, and trade, while in the same way individual animal traceability systems play a major role in responding to animal health emergencies. Even today there is a difficulty in understanding, given the multifaceted concept, which, combined with constant changes in Brazilian legislation, ensured the low adherence to the voluntary individual identification program. This study is a description of farmers profiles,

members and collaborators of Animal Health Officials (AHO), and the correlation of profiles with concepts and trends of adoption and rejection of the traceability. The survey underlines that the main reason for facilitating traceability in the food supply chain is legislation, technology, traceback (backward tracing or product tracking), and health control by farmers and AHO. The results indicated that the understanding of health, environment, welfare, and sustainability is more easily perceived by young farmers. Producers are mainly concerned with legislation, use of technology and the performance of the official veterinary service, demonstrating the interest in public governance of the process. The most visible outcome in this research converges towards a reinforcement and restructuring of official laws, which favor the use of technology to improve the process aimed to improve sanitary control and its consequences to refine Brazil as a major player in animal control and trade worldwide.

Keywords: animal identification, traceability, food safety, legislation, perception, beef chain.

1. Introduction

Globally, animal unique identification (ID), and traceability are recognized as important components of animal management and pivotal to business continuity in the livestock and meat market (Olsen and Borit, 2018; VALLAT, 2008). Major world animal health, trade, and food safety organizations have formally recognized and actively promoted the importance of animal identification and traceability systems (Boisvert et al., 2012; Schroeder and Tonsor, 2012; Opara and Mazaud, 2001; Sun and Wang, 2019), as a valuable tool necessary for global food safety (Pappa et al.,

2018). These systems have been employed by major beef exporters and are increasingly being adopted by key beef importing countries, especially European Union (EU) (Badia-Melis et al., 2015; Schroeder and Tonsor, 2012; Walker, 2017).

In addition to food safety, animal traceability can also enhance commodity value, for example, animals raised under specific welfare programs have price advantages and it also can reach more valuable markets (Fritz and Schiefer, 2009; Pascucci, 2010; Saak, 2016; Walker, 2017). Thus, food animal companies are likely to benefit from improvements in food supply chain management and quality brand assurance when traceability is implemented (Corallo et al., 2020), while in the same way, individual animal traceability systems enhance animal health emergencies responses such as the introduction of foreign animal diseases (Chaters et al., 2019; Siegrist et al., 2018).

The definition of traceability has been introduced by different organizations, regulatory agencies, and academics (EU food law, 2002; ISO, 1994; ISO, 2005; Moe, 1998). However, the conceptual understanding of traceability is complex and too well described, which often contributes to the low adherence or stakeholder engagement to national traceability program. In addition to authors defining traceability with different concepts, there are still facets related to the perspective of each link in the production chain, also considering distribution and consumers (Benatia et al., 2018; Karlsen et al., 2013; Mattevi and Jones, 2016; Mishra et al., 2018; Overbosch and Carter, 2014). Indeed, the existing studies are mainly concerned with practical implementation and the theoretical concepts derived from non-clear understanding of the process (Islam and Cullen, 2021).

After a detailed investigation of the true definition of traceability Olsen and Borit (2013), came with a compendium of all the definitions saying that traceability is

“The ability to access any or all information relating to that which is under consideration, throughout its entire life cycle, by means of recorded identifications”. In the European Parliament Regulation N 178-2002, product traceability is defined as: “The ability to trace, over all the steps: production, transformation, distribution and transport of a food product, ...”. As mentioned above, product traceability is the ability of tracking and tracing product trajectories at any time. However, it exists several definitions and standards on how to track and trace product behaviour (Benatia et al., 2018). Also, traceability has driven many issues related to food crisis management, traceability of bulk products, quality and identity-preservation concerns and fraud prevention and anti-counterfeiting concerns in the past years (Dabbene et al., 2014). In principle, the tracing capability allows, for any product and from any stage within the value chain, to identify the initial source (backward tracing or traceback) (Moe et al., 1998) and, eventually, its final destination (forward tracing). The tracking capability allows, to identify for any product, the actual location at any given time. Together, these capabilities constitute the functionalities of a ‘tracking and tracing system’ (Fritz and Schiefer, 2009). Tracking is the ability to follow the downstream path of a product along the supply chain, while tracing refers to the ability to determine the origin and characteristics of a particular product, obtained by referring to records held upstream in the supply chain. This means, for example, enabling the system to traceback so as to discover the cause of a problem and to prevent it from happening again, or to trigger a proper recall of potentially unsafe products, thus protecting public health (Bechini et al., 2008). Tracking refers to the ability to follow the downstream path of a product along the supply chain, possibly according to some specific criteria. This is a crucial factor, e.g., for an efficient recall of faulty products.

Tracing, on the other hand, refers to the ability to determine the origin and characteristics of a particular product.

In Brazil, all farm-to-farm, between-farm, sale yards and slaughterhouse animal movements are traced and regulated by Brazilian Agricultural Policy Law 8171/1991. Animal movement is permitted electronically, every movement is then tracked from a single origin to a single destination site. The electronic movement record includes information about the seller and or buyer farm names, owner names, municipalities, dates of sale, number of heads, and purpose (e.g.: slaughter, fattening) (Cardenas et al., 2022; Vale et al., 2019). The national individual level traceability program named “System of Identification and Certification of Bovines and Buffaloes (SISBOV)” is also available in Brazil, but it is a voluntary program, created by Normative Instruction (NI) 17/2006, updated by NI 51/2018. This system imposes an operational structure to adhere strict requirements for Brazilian traceability, where all animals have a unique identification, and all individual movements must be reported.

Currently, the implementation of animal identification and tracing systems qualifies a compartmentalized region and countries to obtain a reliable protocol that guarantees consistent animal surveillance. Therefore, it has an emerging opportunity for beef export market maintenance and growth in the future, by seeking to improve competitiveness based on the use of technology and quality to add value to the product. Traceability of food products has become the focus of regional and national legislation, many research projects and technology development initiatives has been used to improve truthful information to oversee traceability, and also to spread in the scientific community (Olsen and Borit, 2018). The aim of this work is to investigate the perceptions of producers and animal health officials about the relevance of

animal-level traceability and the benefits of animal movement traceability from farm-to-table. Determine animal movement is the main tool used to control diseases and multi-host contact networks may elucidate the potential of disease spread through farms within multiple hosts (Cardenas et al., 2022; Van Steenwinkel et al., 2011). More specifically, we aimed to evaluate the rate of willingness to the adoption of traceability and its feasibility. Therefore, this study is a first step towards achieving a better understanding of the behavior psychosocial and understanding motivations of the farmers and veterinary authorities and their collaborators to identify challenges and opportunities in the southern state of Brazil. The other steps concern the definition of more relevant, acceptable and feasible criteria for defining how to do.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 Study design

The research used data from a 2021 survey applied to 243 producers and animal 124 health officials (AHO) in the Rio Grande do Sul, Brazil. The development of sampling procedure and questionnaire distribution included stakeholders from the Secretariat of Agriculture, Livestock, and Rural Development Farms in the state of Rio Grande do Sul. Two different questionnaires were designed to access specific issues regarding the implementation of traceability at the animal level for two target groups, beef producers and AHO. For producers, the number of employees and issues related with internet access were included in the surveys. Beef producers were the target audience for this study, which included a diverse range of beef production types (e.g.: breeding, rearing, fattening, or complete cycle); farmers who responded were only counted if answers had at least one farm within the state of Rio Grande do Sul. The AHO survey included information about the respondent's

addresses, and about their role as an AHO federal meat inspectors, agricultural defense, administrative agents, field agents, and veterinarian practitioners (qualified veterinarian by the official service).

The surveys were available in electronic format (*google form*) and distributed among the target groups via email, via *WhatsApp*[™] application, and shared among cattle associations via e-newsletters, and social media. All questions were required to be answered to be considered as a complete questionnaire (Supplementary Information Tables S1 and S2). The data was collected between July 19 and October 29, 2021.

2.2 Questionnaire design

The questionnaire was developed using a three-stage process. All of stages in this process involved collating and adapting questions from the study by Corallo et al. (2020) and similar published studies (Islam and Cullen, 2021; Nita et al., 2022; Olsen and Borit, 2013; Pudenz et al., 2021; Tree et al., 2022) to develop a draft questionnaire relevant to beef producers and AHO in Brazil. Academics and researchers were then involved in the second stage of development, reviewing the questions in accordance with the study objectives; profile (1), the role of traceability (2), implementation (3), challenges (4), and opportunities (5). The last stage in the questionnaire development involved pretesting the questionnaire for clarity with three farmers, three AHO, and three researchers from Center for Studies in Production Systems for Beef Cattle and Productive Chain (*NESPro*), Federal University of Rio Grande do Sul. The final questionnaire version consisted of 29 questions for producers and 30 questions AHO divided into five sections, with section one referring to the farmer's profile and AHO, respectively; section two regarding the role and importance of traceability (**Table 1**); section three information about the

implementation of traceability; section four challenges and roadblocks of traceability, and section five direct benefits and opportunities.

Section one was related to the demographics of respondents' including general description using multiple-choice questions to identify the gender, age, the role of farm or institution if they were a practice owner, education level, profession, a region in which they practiced activity, number of employees, and use of the internet.

Table 1. Description of nine variables related to understanding traceability, from across sectional study with farmers and animal health officer of Rio Grande do Sul, south of Brazil.

Variable name	Description
1. Food security	A health control tool that helps to contain diseases through better monitoring of movements, maintenance of health status and access to demanding markets. Tool to control disease and provide health guarantee in trade
2. Disease control and sanitary guarantee	A health control tool that helps to contain diseases through better monitoring of movements, maintenance of health status, and access to demanding markets? Tool to control disease and provide health guarantee in trade
3. Determination of origin	Provide information on the geographic location of origin farm and production system
4. Farm management	Tool to assist in the management of rural property (weight gain, stock control, births, purchases, transfers between farms and sales)
5. Certification	Is focused on quality control aimed at certification programs (origin, breeds, production system, sustainability, animal welfare)
6. Maintenance of health status (FMD)	Assists in controlling the maintenance of FMD-free status, preventing reintroduction and/or containing spread
7. Access to market	Is the main way to access demanding market
8. Public Security (theft control)	Traceability helps the competent bodies in the control of cattle theft
9. Production chain organization and product evaluation	Main tool to generate a reliable information matrix for the organization of the production chain and the definition of public policies and mechanisms for valuing the product and pricing

2.3 Attitudes, perceptions, and concerns towards traceability

The animal identification and traceability systems, in addition to being linked to food safety, through sanitary control, are also related to other issues. The second section aims to assess the perception of the various traceability concepts or their association in a scope of understanding criteria.

At the beginning of each section, there was a multiple-choice question formulated to descriptively define the understanding of the concept (section two), relevant criteria for implementation (section three), and key challenges (section four), and key opportunities (section five). In the challenges section, two multiple-choice questions were formulated, totaling 5 descriptive questions, excluding the questions of section one.

Additionally, we correlated profile characteristics with relevant aspects of the concept of traceability and criteria for implementation. With this conceptual research structure, we propose to describe the perceptions of farmers and AHO on the implementation of traceability at animal-level (**Table 2**).

2.4 Decision-making drivers

From the relationship of social and cognitive factors, we reached the perceptions that demonstrate the respective intentions of use, acceptance of the technology, and behavior of adoption or rejection, considering the sample as representative of the social and practical constructors in the decision-making process. The assessment of multiple-choice questions about the role of traceability, implementation, challenges, and benefits demonstrates the understanding, capability, policy effect, and finally, an evaluation of the trends of adoption and rejection was considered as decision criteria (Prosser et al., 2022).

2.5 Data processing and analysis

With the survey data, we used descriptive statistical analysis to describe and benchmark the two groups, producers and AHO. First, we used all five-point Likert-type scales (strongly disagree, disagree, neutral, agree, and strongly agree) to evaluate the variations of viewpoints among producers by grouping them by gender, age, region, education level, profession, and main purpose. In the same way, we grouped the AHO population into groups by gender, age, region, education level, main purpose and duties. In addition, we also used the criteria: policy, use of technology, costs e positive perception of consumer and society to benchmark both groups regarding their perceptions of challenge and opportunity. We performed the statistical analyses in *R* software (R Core Team, 2021), more specifically all *Likert* analyses used the *Likert* (Bryer and Speerschneider, 2016). We also used *ggplot2* package v3.3.5 (Wickham, 2016). The percentage of responses was calculated to describe the questionnaire response rate; profile; the role of traceability; implementation, challenges, and opportunities.

3. Results

3.1 Descriptive statistics

Overall, we received 243 responses from producers and 124 responses from AHO (Description of participants' profile is shown as Supplementary Material (**Table S2**)). We selected nine variables to explore the response perception about traceability (see, **Table 1**). The distribution for both producers and AHO on understanding traceability are described in **Table 2**.

Table 2. Percentage of respondents (producers and AHO) that choose the variables related to understanding traceability.

Variable name	Farmers % (n)	AHO % (n)
Food security	54.7 (133)	59.7 (74)
Disease control e sanitary guarantee	49.8 (121)	85.5 (106)
Determination of origin	68.3 (166)	81.5 (101)
Farm management	56.8 (138)	58.0 (46.8)
Certification	43.6 (106)	59.7 (74)
Maintenance of health status (FMD)	38.3 (93)	60.5 (75)
Access to market	63.0 (153)	53.2 (66)
Public Security (Theft control)	48.6 (118)	0.8 (1)
Organization of production chain and product valuation	0.8 (2)	1.6 (2)

The higher education levels were noted among 80.2% producers having a college or university degree, the respective percentage for the AHO correspond as 33.9%. Regarding gender, we obtained responses from 84% of male and 16% from female farmers, while for AHO the distribution was 52.4% and 47.6%, respectively. As for the size of the farm, 36.6% were small-size farms, 38.7 medium-size, and 24.7% were large properties.

The producer's perspective on the main perception of animal-level traceability is showed in **Figure 1**. Traceback, use of technology and health control by AHO are showed in **Figure 2**. We notice a uniformity of perception between the AHO and the different generations when evaluation was conducted by age; however, in the producers group, we observed that the younger generation (20-30 years old) consider themes related to animal health, health status, competitiveness and consumer perception more important, while older generations attach more importance to issues related to the origin and management (Supplementary Material **Figures S1, S2**).

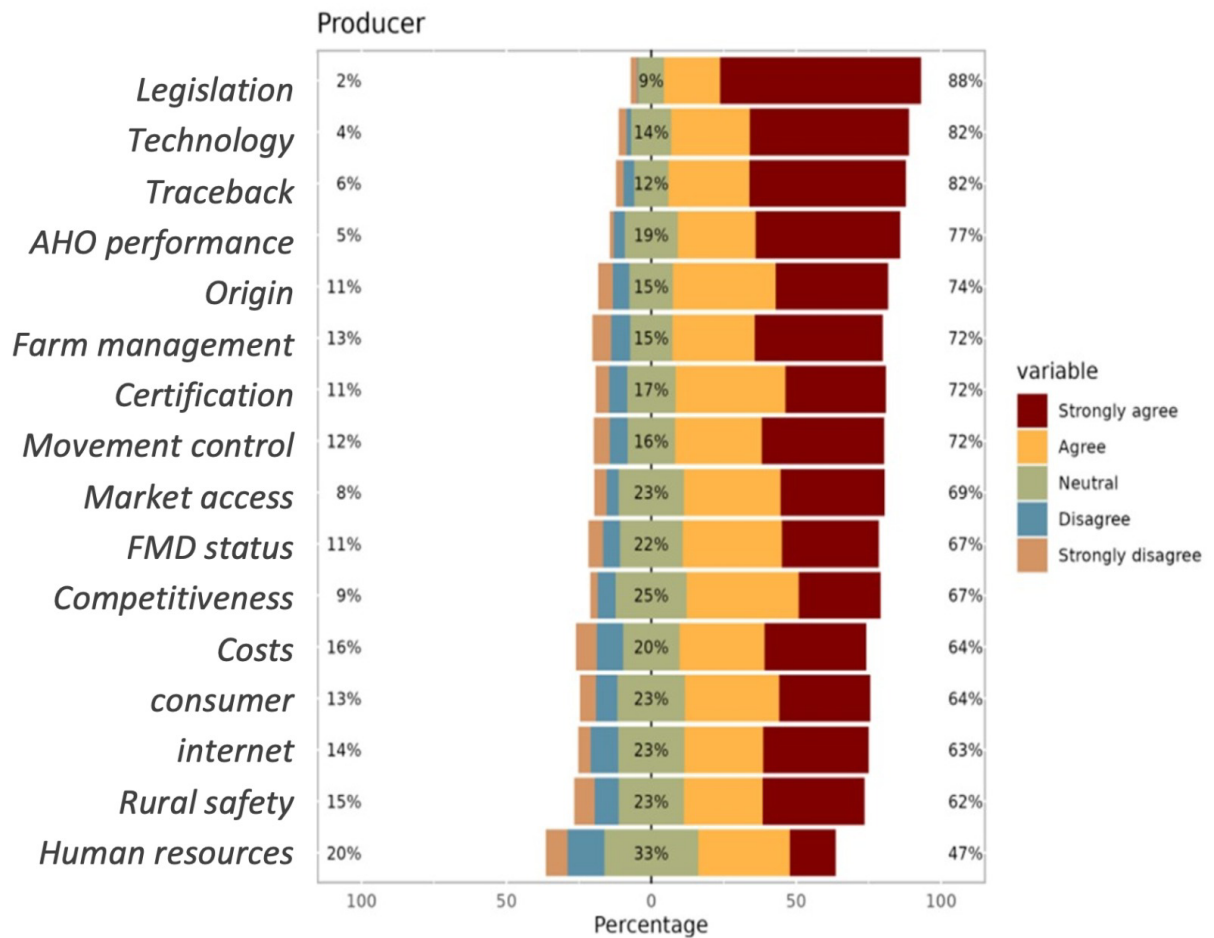


Figure 1. The beef producers' motivations are against and in favor of animal-level traceability implementation. The left percentage is the total of the disagreement scales (strongly disagree and disagree) percentage on the right is the total of the agreement scales (strongly agree and agree).

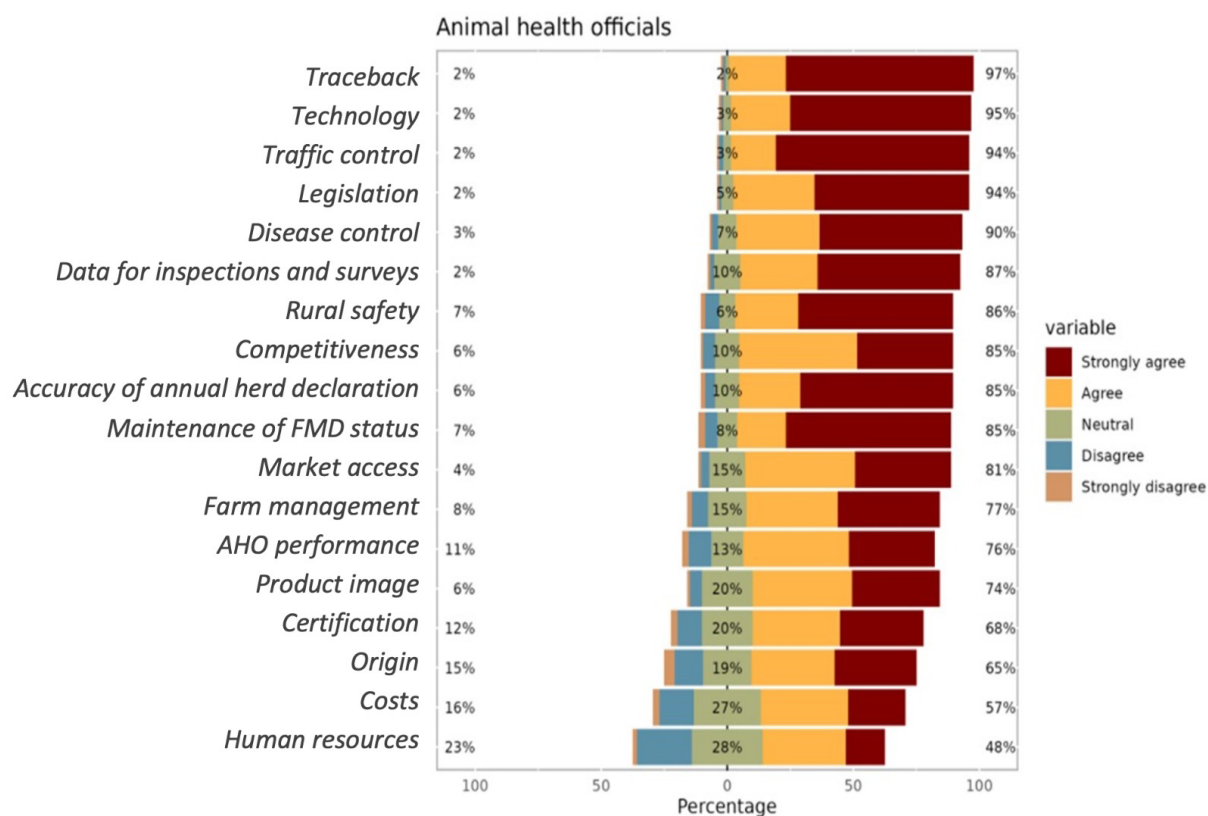


Figure 2. The AHO's motivations are against and in favor of animal-level traceability implementation.

The left percentage is the total of the disagreement scales (strongly disagree and disagree) percentage on the right is the total of the agreement scales (strongly agree and agree).

For the AHO population, the majority view the implementation of animal-level traceability as serving to follow the entire product path (tracking), including the initial stages (animal identification to the product on the gondola). The other three most important variable were the use of technology, including ear tags, chips and system and traceability how a health control tool that helps in the containment of diseases, better monitoring of movements, maintenance of health status and compliance with health guarantees for access to demanding markets, considering the official standards that lead to implementation need to be easy to apply.

Overall, the performance of official service was pointed out by both the producers and the AHO as the main challenge (77% and 76%) to the detriment of other aspects such as human resources that 47% of producers and 48% of AHO agreed as challenge of animal-level traceability is to make it operational that would be necessary, but 33%, and 28% were neutral about this issue, respectively. The importance of traceability as a public safety tool was pointed out mainly by the AHO (86%), while producers agreed with it at 62%. Respondents do not attribute costs as the main barriers to the implementation of a traceability system, not even with the costs of technologies that accompany the product to its destination. Other variables are indicated with a higher level of agreement. Issues related to FMD status and sanitary control were strongly related by the AHO (90% e 94%, respectively) while producers agreed on levels of 67% e 72%.

Producer female respondents in all items demonstrated higher levels of agreement with the criteria related to traceability compared to male. The items with the highest level of an agreement are related to legislation (90% female and 88% male), particularly to the fact that policy should be easy to apply. The ability of product traceability (87%, 81% respectively) and the application of technology to project better results, such the uses of animal ear tag and chip, is a reliable tool to facilitate management of the rural property. Our data showed that both genders agreeing approximately 70% that there are difficulties in the performance of official services, such as inadequate legislation, administrative burdens as in the current SISBOV, constant exchange of rules and/or lack of information. Thus, the greatest operational difficulty of producers is the performance of official service where 30% declare themselves neutral when human resources is used to operationalize the system. As for the AHO, the female gender also showed greater agreement with

most aspects in relation to the male gender. The relationship with traceback was 98% for females and 95% for males, legislation 95% and 92%, health control 97% and 92%, FMD status 88% and 82%, food crisis 86% and 77%, respectively.

There was a difference between the different age generations of producers, between 20 to 30 years old; 31 to 50, 51 to 70, and over 70, in which producers over 51 years of age demonstrate a higher level of agreement with issues related to the ability to go through the reverse path of the product, traceback and determination of origin (88%). In contrast, the younger generation, from 20 to 30 years old, chooses at levels of greater agreement with issues related to health control, the use of traceability as a tool to maintain the FMD-free status without vaccination, control of food crises, competitiveness, certification, and consumer confidence. No significant variations were observed in the different generations of AHO, with 100% agreement on the maintenance of FMD status, health control, traceback and official service performance by the younger generation.

Producers with higher educational levels are mainly concerned with legislation, the use of technology, and the performance of the official veterinary service, while those with an elementary level focus on health control, a mechanism to help the competent bodies in the control of theft and solution in case of crisis food.

The variation in the size of the farm made it possible to demonstrate different profiles, as large-size farms showed greater motivation connected to the criterion of legislation, use of technology, and farm management. Small farms showed more connection with items related to health control, maintenance of health status, competitiveness, trust, and it also concerned with costs and connectivity.

3.2 Trends of adoption and rejection

We identified the most significant factors influencing the behavior of farmers and AHO in the implementation, adoption, and perception of traceability benefits and challenges. Considering these effects, the main behavioral intentions that motivate both producers and animal health officers focus on issues related to policy, use of technology, costs and image of the product. For implementation, producers and AHO respectively consider policy (88% and 94%) and technology (82% and 95%) as the most relevant aspects, being these factors more expressive than the challenge relative costs (64% and 74%). Producers are motivated about policy and technology, the same to AHO. While opportunities are described based on the perception of benefits, both groups defined health control and improving the image of the product and Brazil as the most relevant criteria (64% to producers and 74% to AHO). Data are shown in **Figure 3**.

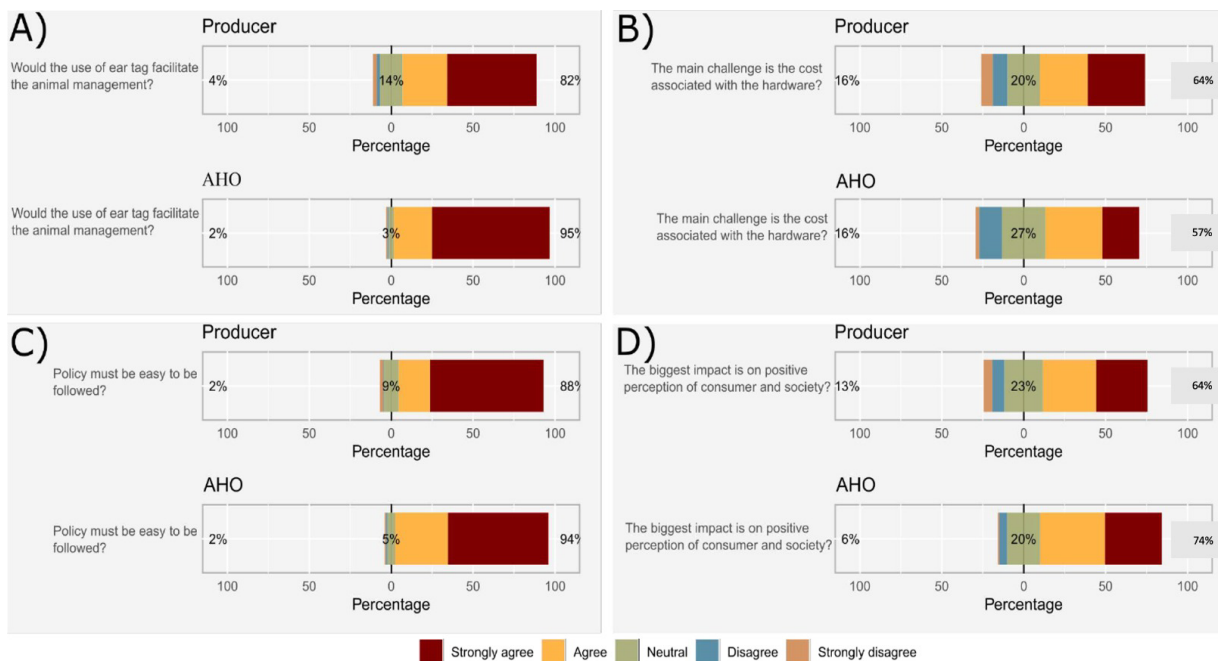


Figure 3. The selected variables (technology, costs, policy and image to consumer and society about the product) of AHOs' and producers' principal motivations are against and in favor of animal-level traceability implementation.

4. DISCUSSION

This study identifies the main opportunities and bottlenecks for the implementation of animal-level traceability system in the Rio Grande do Sul.

1. Policy and how that effect implementation.
2. Technology, costs
3. Image to consumer and society about the product.

We found high connectivity in perceptions of producers and AHO to consider both as the most relevant issues for law enforcement and policies, and use of technologies. Perhaps, “legislation” and “technology” do not appear as a problem but as a solution and considered two factors are the most important for implementation of traceability system. Criteria such as human resources and costs were less relevant in both groups' interviews and did not present themselves as main challenges. Regulatory requirements on traceability, that include use and definitions of the type of technology, were particularly relevant to stipulate the model of a traceability system, which leads to greater public participation.

The research presented herein can support managers in understanding incentives and opportunities for implementing a program, and it also to improve the product image and country as a marketing opportunity. The image of the product and the country was determined as a major motivation for a program, because there are several current problems that involve the product itself, but also related to the increasing concern for the environment (Ruviano et al., 2014). The use of a tool that certifies that guarantees legitimacy for the entire chain and consumer confidence would be an achievement towards efficiency and production improvement.

Major beef exporters and importers have developed mandatory animal identification and traceability systems; however, Brazil is one of the few exporting

countries that has a voluntary traceability system and low acceptance of the program. Difficult of program implementation in the country can be related to the successive changes in policy during the implementation that generated evasions and the difficulty of understanding the process, but especially the Brazilian condition is crucial to guarantee its competitiveness by large volume and scale trade (Barcellos et al., 2019). Facilitating conditions such as equipment resources described in the survey as the use of technology, knowledge, and skills that farmers have a significant positive impact on the perceived ease of use. Although, the most relevant factor among producers is that traceability policy (88%) should be easy to apply, which demonstrates an intention for systems to have shared governance with the public service, unlike what is available today, which consists of a voluntary program.

The correct execution of the voluntary system brings the necessity to reorganize economic exchange among supply chain agents, through the introduction of new modes of vertical coordination and also to provide a new transaction governance strategies (Banterle and Stranieri, 2008). The implementation of specific agreements, called supply chain agreements, centralization of the traceability system management, which, due to its complexity, generates information asymmetry, and cannot achieve expressive representation ((Feng et al., 2020; Zhao et al., 2019). More precisely, voluntary traceability can refer to different levels of complexity, i.e., from simple rules to complex procedures (Charlebois et al., 2014).

The younger generation (20-30 years old) of the respondents demonstrated a concern with sanitary issues, competitiveness, and consumer trust. The growth of food safety and quality level related to the adoption of voluntary traceability determines an increase in supply chain competitiveness (Fritz and Schiefer, 2009) and facilitates the acceptance of the processors to comply with the retailing request

(Banterle and Stranieri, 2008). The agri-food chain today is significantly different from many years ago (Pappa et al., 2018), and the understanding of health, environment, welfare, and sustainability is more easily perceived by young people. Changing consumer demands, knowledge-intensive technology, integration, and globalization have all contributed to the evolution of the different segments of the chain (Charlier et al., 2006), which include input suppliers, agricultural producers, food processors, and food distributors (Hobbs and Hobbs, 2004). More elementary educational levels also judge health control and status maintenance and foot-and-mouth disease as the most relevant, possibly originating from communication extension programs demonstrated in media such as successive vaccination campaigns against foot-and-mouth disease (Ritter et al., 2017).

Sanitary issues, such as maintenance of FMD status and disease control, as well as concerns about image appear more strongly in small farmers. They are the same ones that point to internet connectivity and training, which shows that a possible government reason can be particularly important for small producers. Indeed, the union of many small-scale producers with the use of a tool that certifies production may guarantee an improvement of the image of the product and the country. It has already been shown that one of the factors that differentiate farms with a low and high level of competitiveness is the lower access to innovative technology and low investments in herd genetics (Marques et al., 2011). Similarly, we demonstrated that medium and larger producers have concerns about policy and the use of technology (ear tag, electronic technologic system). In fact, having more systems is less farmer-friendly, and more expensive and the quality increasing profitability is the main motivation that stimulates the use of new technology (Pierpaoli et al., 2013).

Drivers such as food safety and quality, regulatory, social, economic, and technological concerns (Hobbs and Hobbs, 2004, Pappa et al., 2018), and barriers such as resource/capacity, information, standard and awareness limitations, and benefits such as, market and consumer satisfaction, regulatory fulfillment, improved recall and risk management, transparency of supply chain (Chryssochoidis et al., 2009), of the ET systems have been identified in the literature, which factors influence the actual installation and operation of an ET system and their correlation, still remains an open question.

Aspects strongly linked to animal health appear as motivators of the entire system in the conception of the AHO. Maintenance of FMD status appears with 90% agreement between the veterinary service. The safety of food should be a non-negotiable priority for food and beverage manufacturers, and food safety regulating authorities. Although thousands of people have been employed and engaged in food safety management research and management around the world, that comprises millions of dollars invested and tests conducted by governmental agencies and non-governmental organizations (NGOs), food safety still remains an issue of paramount importance and public health priority (Yiannas, 2009). Initiatives such as the One Health concept which guarantees the integration of human, animal and environmental concerns that mitigate issues of food safety and risk management to avoid supply chain disruption (Zinsstag et al., 2020) has gained traction. Legal status (policy) must be improved and easy to apply to appear with the same relevance as health control (94% agreement level) exposing that voluntary programs usually have low accession despite their importance for identifying possible routes of disease transmission (Van Steenwinkel et al., 2011). Therefore, sustainability and

environmental issues have been deemed to be the new drivers influencing food consumption (Liu et al., 2015; Malafaia et al., 2021).

This survey can be used to evaluate if the respective regulatory requirements fulfill both the specifications of a traceability system and of animal identification, and traceability system scheme. Hence, it is useful for policymakers at any management level for analyzing the content of regulatory requirements under technologies and approaches of farmers and animal health services. In addition, the framework is replicable for any regulatory requirements. Considering the current evolution of the Rio Grande do Sul status as "Free of foot-and-mouth disease without vaccination" has been applied to estimate the possible effects of the implementation of traceability in improving the controls, biosecurity, and maintenance of the livestock. On the other hand, communication strategies become very important, and challenges may include a lack of trust and maintaining awareness when the country becomes "FMD-free without vaccination" status. This deserves crucial attention from veterinary services and as well as for other interested parties (Corbellini et al., 2020).

The motivation criteria that drive the producers and the AHO, direct towards the image of Brazil and the product, appears as the most important factor related to opportunity, followed by sanitary and health controls. In this context, traceability systems are helpful to build food firms' reputations and allocate liability for food safety events along the supply chain (Saak, 2016). Currently, strategic resource is seen as the greatest opportunity to positively impact on consumers and society through improved trust; however, among all the dimensions of trust in the different actors in the production chain, trust in farmers is usually higher. Therefore, campaigns aimed at building confidence in farmers can reinforce the position of the food category (Carfora et al., 2019).

Further remarks and limitations

Our results are extremely important for policymakers; we identified the main bottlenecks that have been associated with the low adoption of individual-level animal traceability. The ability of traceability systems to either add value to industry sectors along the supply chain, increase demand, and/or offer other tangible benefits to market participants is often nebulously evaluated in previous studies (Boisvert et al., 2012; Schroeder and Tonsor, 2012; Wang and Li, 2006; Zhao et al., 2018). The need to effectively prevent and control animal disease outbreaks, and the role of traceability from a generally defined standpoint, is a greater point of consensus within the industry (Mitchell et al., 2021); however, in this work the consensus was also demonstrated in other segments. Findings show that government policies aimed at increasing traceability and in this sense, expanding business opportunities.

Very positive statement

Based on the results of the perceptions of this study, the engagement of the actors in the production chain in search of political governance is remarkable, to open up opportunities for new markets and maintain transparency in health issues as well as in production systems. Biosecurity efforts must be implemented, concentrating forces not only on an animal species, but between species in order to protect networks.

Limitations

The study has a regional character, as the research was performed in a state of Brazil. Another limitation was that it did not include the industry approach and perspective, to contribute a more complete analysis of the whole beef chain.

5. CONCLUSION

We concluded that the most visible outcome is that perceptions of both segments of the chain studied converge towards a reinforcement and restructuring of official laws, which favor the use of technology to improve the process aimed at improving sanitary control and its consequences such as improving the image of Brazil.

Describe the perceptions of the different actors and get a full picture of important components of the whole beef chain, for better understanding, relieving tensions and proposing implementation of the agenda through the engagement of the actors, is a crucial information to achieve advance in the implementation of a feasible system with acceptance and compliance to adapt to global demands for liability, quality assurance and consumer confidence.

This is unlike many countries where the government's sponsorship played an important role in the shift to do traceability in the beef chain. Our findings fill an important gap in the literature and provide a framework for those interested in studying implementation traceability in a region.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to acknowledge participating companies, veterinarians, and producers for useful discussion about the role of traceability in the production system, origin, control of diseases, food safety, market access, and competitiveness.

Authors' contributions

AICPS, JOJB, and GM conceived the study. JOJB and GM participated in the design of the study. AICPS prepared population and movement data while also developing

the initial modeling computer codes adapted here to model ASF. ALS and GM conducted data processing, and cleaning, designed the model, and simulated scenarios with the assistance of ASF and NC. ALS and GM designed the computational analysis. AICPS, JOJB and GM wrote and edited the manuscript. All authors discussed the results and critically reviewed the manuscript. GM secured the funding.

Conflict of interest

All authors confirm that there are no conflicts of interest to declare.

Ethical statement

The authors confirm the ethical policies of the journal, as noted on the journal's author guidelines page. Since this work did not involve animal sampling nor questionnaire data collection by the researchers, there was no need for ethics permits.

Data Availability Statement

The data that support the findings of this study are not publicly available and are protected by confidential agreements, therefore, are not available.

Funding

The primary funding support of this project is from UFRGS and NCSU. This study was supported by The Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) and The Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel/ CAPES, Brazil.

REFERENCES

- Aung, M.M., Chang, Y.S., 2014. Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. *Food Control* 39, 172–184. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.007>
- Alimentarius, Codex, 1994. Joint FAO/WHO food standards programme. Codex Committee on methods of Analysis and Sampling: 19th session, Budapest, Hungary, Criteria for evaluating acceptable methods for evaluating acceptable methods for codex purposes.
- Bai, H., Zhou, G., Hu, Y., Sun, A., Xu, X., Liu, X., Lu, C., 2017. Traceability technologies for farm animals and their products in China. *Food Control* 79, 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.02.040>
- Badia-Melis, R., Mishra, P., Ruiz-García, L., 2015. Food traceability: New trends and recent advances. A review. *Food Control* 57, 393–401. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.05.005>
- Banterle, A., Stranieri, S., 2008. The consequences of a voluntary traceability system for supply chain relationships. An application of transaction cost economics. *Food Policy* 33, 560–569. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2008.06.002>
- Barcellos, J. O. J.; Oliveira, T. E.; Rocha, M. K.; Lima, J. A.; Fernandes, V. S., 2019. Bovinocultura de corte: cadeia produtiva & sistemas de produção. Guaíba: Agrolivros, 304 p.
- Bechini, A., Cimino, M.G.C.A., Marcelloni, F., Tomasi, A., 2008. Patterns and technologies for enabling supply chain traceability through collaborative e-business. *Information and Software Technology* 50, 342–359. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2007.02.017>
- Benatia, M.A., De Sa, V.E., Baudry, D., Delalin, H., Halftermeyer, P., 2018. A framework for big data driven product traceability system, in: 2018 4th

International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing (ATSIP). Presented at the 2018 4th International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing (ATSIP), pp. 1–7. <https://doi.org/10.1109/ATSIP.2018.8364340>

Boisvert, R.N., Kay, D., Turvey, C.G., 2012. Macroeconomic costs to large scale disruptions of food production: The case of foot- and-mouth disease in the United States. *Economic Modelling* 29, 1921–1930. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.06.007>

Bosona, T., Gebresenbet, G., 2013. Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. *Food Control* 33, 32–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.02.004>

Cardenas, N.C., Sykes, A.L., Lopes, F.P.N., Machado, G., 2022. Multiple species animal movements: network properties, disease dynamics and the impact of targeted control actions. *Vet Res* 53, 14. <https://doi.org/10.1186/s13567-022-01031-2>

Caporale, V., Giovannini, A., Zepeda, C., 2012. Surveillance strategies for foot and mouth disease to prove absence of disease and absence of viral circulation: -EN- -FR- Les stratégies de surveillance de la fièvre aphteuse visant à démontrer l'absence de la maladie et l'absence de circulation virale -ES- Estrategias de vigilancia de la fiebre aftosa para demostrar la ausencia de enfermedad y de circulación de virus. *Rev. Sci. Tech. OIE* 31, 747–759. <https://doi.org/10.20506/rst.31.3.2156>

Carfora, V., Cavallo, C., Caso, D., Del Giudice, T., De Devitiis, B., Viscecchia, R., Nardone, G., Cicia, G., 2019. Explaining consumer purchase behavior for organic milk: Including trust and green self-identity within the theory of planned behavior. *Food Quality and Preference* 76, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.03.006>

- Charlebois, S., Sterling, B., Haratifar, S., Naing, S.K., 2014. Comparison of Global Food Traceability Regulations and Requirements. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 13, 1104–1123. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12101>
- Charlier, C., Valceschini, E., Charlier, C., Valceschini, E., 2006. Traceability, Trust and Coordination in a Food Chain. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.7718>
- Chaters, G.L., Johnson, P.C.D., Cleaveland, S., Crispell, J., de Glanville, W.A., Doherty, T., Matthews, L., Mohr, S., Nyasebwa, O.M., Rossi, G., Salvador, L.C.M., Swai, E., Kao, R.R., 2019. Analysing livestock network data for infectious disease control: an argument for routine data collection in emerging economies. *Phil. Trans. R. Soc. B* 374, 20180264. <https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0264>
- Chrysochoidis, G., Karagiannaki, A., Pramataris, K., Kehagia, O., 2009. A cost-benefit evaluation framework of an electronic-based traceability system. *British Food Journal* 111, 565–582. <https://doi.org/10.1108/00070700910966023>
- Clavijo, A., Sanchez-Vazquez, M.J., Buzanovsky, L.P., Martini, M., Pompei, J.C., Cosivi, O., 2017. Current Status and Future Prospects to Achieve Foot-and-Mouth Disease Eradication in South America. *Transbound Emerg Dis* 64, 31–36. <https://doi.org/10.1111/tbed.12345>
- Corallo, A., Latino, M.E., Menegoli, M., Striani, F., 2020. What factors impact on technological traceability systems diffusion in the agrifood industry? An Italian survey. *Journal of Rural Studies* 75, 30–47. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.02.006>
- Corbellini, L.G., Fernández, F., Vitale, E., Moreira Olmos, C., Charbonnier, P., Iriarte Barbosa, M.V., Riet-Correa, F., 2020. Shifting to foot-and-mouth disease-free status without vaccination: Application of the PROMETHEE method to assist in the development of a foot-and-mouth national program in Uruguay.

Preventive Veterinary Medicine 181, 105082.
<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105082>

Dabbene, F., Gay, P., Tortia, C., 2014. Traceability issues in food supply chain management: A review. *Biosystems Engineering* 120, 65–80.
<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.09.006>

da S. Mariante, A., Egito, A.A., 2002. Animal genetic resources in Brazil: result of five centuries of natural selection. *Theriogenology* 57, 223–235.
[https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(01\)00668-9](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(01)00668-9)

Davis, F.D., 1989. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly* 13, 319.
<https://doi.org/10.2307/249008>

Delpont, M., Racicot, M., Durivage, A., Fornili, L., Guerin, J.-L., Vaillancourt, J.-P., Paul, M.C., 2021. Determinants of biosecurity practices in French duck farms after a H5N8 Highly Pathogenic Avian Influenza epidemic: The effect of farmer knowledge, attitudes and personality traits. *Transboundary and Emerging Diseases* 68, 51–61. <https://doi.org/10.1111/tbed.13462>

EU, Food Law, 2002. Regulation, E. C. No 178, 2002 from European Parliament and of the Council of 28 January 2002 laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety. *Off J Eur Communities*, v. 50, p. 1-24.

Feng, H., Wang, X., Duan, Y., Zhang, J., Zhang, X., 2020. Applying blockchain technology to improve agri-food traceability: A review of development methods, benefits and challenges. *Journal of Cleaner Production* 260, 121031. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121031>

Fritz, M., Schiefer, G., 2009. Tracking, tracing, and business process interests in food commodities: A multi-level decision complexity. *International Journal of*

Production Economics 117, 317–329.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.10.015>

Garner, M.G., East, I.J., Kompas, T., Ha, P.V., Roche, S.E., Nguyen, H.T.M., 2016. Comparison of alternatives to passive surveillance to detect foot and mouth disease incursions in Victoria, Australia. *Preventive Veterinary Medicine* 128, 78–86. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.04.009>

Golan, E.H., Krissoff, B., Kuchler, F., Calvin, L., Nelson, K.E., Price, G.K., 2004. Traceability in the u.s. food supply: economic theory and industry studies. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.33939>

Hennessy, D.A., Roosen, J., Jensen, H.H., 2003. Systemic failure in the provision of safe food. *Food Policy* 28, 77–96. [https://doi.org/10.1016/S0306-9192\(03\)00003-4](https://doi.org/10.1016/S0306-9192(03)00003-4)

Hobbs, J.E., 2016. Effective Use of Food Traceability in Meat Supply Chains, in: *Advances in Food Traceability Techniques and Technologies*. Elsevier, pp. 321–335. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100310-7.00017-X>

Hobbs, J.E., Bailey, D., Dickinson, D.L., Haghiri, M., 2005. Traceability in the Canadian Red Meat Sector: Do Consumers Care? *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie* 53, 47–65. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7976.2005.00412.x>

Hobbs, J.E., 2004. Information asymmetry and the role of traceability systems. *Agribusiness* 20, 397–415. <https://doi.org/10.1002/agr.20020>

Hobbs, J.E., Hobbs, J.E., 2004. Traceability in the Canadian Red Meat Sector. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.55304>

ISO, 2007. ISO 22005 (2007) International Organization for Standardization (2007) Traceability in the feed and food chain-General principles and basic requirements for system design and implementation.

- ISO, 1994. ISO 9001 (1994) International Organization for Standardization (1994).
Quality
Management and Quality Assurance-Vocabulary
- Islam, S., Cullen, J.M., 2021. Food traceability: A generic theoretical framework.
Food Control 123, 107848. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107848>
- Bryer, J., Speerschneider, K., (2016) likert: Analysis and Visualization Likert Items.
v1.3.5 Retriever from: <https://cran.r-project.org/web/packages/likert/> (2016)
- Karlsen, K.M., Dreyer, B., Olsen, P., Elvevoll, E.O., 2013. Literature review: Does a
common theoretical framework to implement food traceability exist?
FoodControl 32, 409–417. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.12.011>
- Liu, R., Hoefkens, C., Verbeke, W., 2015. Chinese consumers' understanding and
use of a food nutrition label and their determinants. Food Quality and
Preference 41, 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.11.007>
- Lucchese-Cheung, T., de Aguiar, L.K., Lima, L.C. de, Spers, E.E., Quevedo-Silva, F.,
Alves, F.V., Giolo de Almeida, R., 2021. Brazilian Carbon Neutral Beef as an
Innovative Product: Consumption Perspectives Based on Intentions'
Framework. Journal of Food Products Marketing 27, 384–398.
<https://doi.org/10.1080/10454446.2022.2033663>
- Manos, B., Manikas, I., 2010. Traceability in the Greek fresh produce sector: drivers
and constraints. British Food Journal 112, 640–652.
<https://doi.org/10.1108/00070701011052727>
- Mair, P., Leeuw, J.D., 2019. Gifi: Multivariate Analysis with Optimal Scaling v0.3-9
(Version 0.3-9). <http://r-forge.r-project.org/projects/psychor/>.

- 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* 253, 104704. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104704>
- 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. *Agricultural Systems* 104, 689–693. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.08.002>
- Mattevi, M., Jones, J.A., 2016. Traceability in the food supply chain: Awareness and attitudes of UK Small and Medium-sized Enterprises. *Food Control* 64, 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.12.014>
- Mazé, A., 2002. Retailers' branding strategies: Contract design, organizational change and learning. *Journal on Chain and Network Science* 2, 33–45. <https://doi.org/10.3920/JCNS2002.x016>
- Mitchell, J., Tonsor, G.T., Schulz, L., 2021. The market for traceability with applications to U.S. feeder cattle. *European Review of Agricultural Economics* 48, 447–476. <https://doi.org/10.1093/erae/jbaa027>
- Mishra, D.K., Henry, S., Sekhari, A., Ouzrout, Y., 2018. Traceability as an integral part of supply chain logistics management: an analytical review. *arXiv:1811.06358 [cs]*.
- Moe, T., 1998. Perspectives on traceability in food manufacture. *Trends in Food Science & Technology* 9, 211–214. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(98\)00037-5](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(98)00037-5)
- MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2006
Instrução Normativa 17, de 13 de julho de 2006. Brasília, DF, Brasil
- MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), 1991
Lei de Política Agrícola. Brasília, DF, Brasil

- MLA, 2022. Meat and Livestock Australia , Australian Meat Safety: Animal Health and Welfare – National Livestock Identification (NLIS). Retriever from <http://www.australianmeatsafety.com/nlis/html>
- Nita, A., Fineran, S., Rozyłowicz, L., 2022. Researchers' perspective on the main strengths and weaknesses of Environmental Impact Assessment (EIA) procedures. *Environmental Impact Assessment Review* 92, 106690. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106690>
- Olsen, P., Borit, M., 2018. The components of a food traceability system. *Trends in Food Science & Technology* 77, 143–149. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.004>
- Olsen, P., Borit, M., 2013. How to define traceability. *Trends in Food Science & Technology* 29, 142–150. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.10.003>
- OMSA, 2008. OIE Organization for Animal Health. OIE Terrestrial Animal Health Standards Commission (the Code Commission). Retriever from <https://www.woah.org/en/home/>
- Opara, L. U., 2003. Traceability in agriculture and food supply chain: a review of basic concepts, technological implications, and future prospects. pp. 289-296.
- Opara, L.U., Mazaud, F., 2001. Food Traceability from Field to Plate. *Outlook Agric* 30, 239–247. <https://doi.org/10.5367/000000001101293724>
- Overbosch, P., Carter, J., 2014. Food Safety Assurance Systems: Recall Systems and Disposal of Food, in: Motarjemi, Y. (Ed.), *Encyclopedia of Food Safety*. Academic Press, Waltham, pp. 309–314. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00367-X>
- Pappa, I.C., Iliopoulos, C., Massouras, T., 2018. What determines the acceptance and use of electronic traceability systems in agri-food supply chains? *Journal of Rural Studies* 58, 123–135. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2018.01.001>

- Pascucci, S., 2010. Governance Structure, Perception, and Innovation in Credence Food Transactions: The Role of Food Community Networks. *International Journal on Food System Dynamics* Vol 1, 224-236 Pages. <https://doi.org/10.18461/IJFSD.V1I3.136>
- Pierpaoli, E., Carli, G., Pignatti, E., Canavari, M., 2013. Drivers of Precision Agriculture Technologies Adoption: A Literature Review. *Procedia Technology* 8, 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.11.010>
- Pudenz, C.C., Mitchell, J.L., Schulz, L.L., Tonsor, G.T., 2021. U.S. Cattle Producer Adoption of Secure Beef Supply Plan Enhanced Biosecurity Practices and Foot-and-Mouth Disease Preparedness. *Frontiers in Veterinary Science* 8.
- Prosser, N.S., Green, M.J., Ferguson, E., Tildesley, M.J., Hill, E.M., Keeling, M.J., Kaler, J., 2022. Cattle farmer psychosocial profiles and their association with control strategies for bovine viral diarrhoea. *Journal of Dairy Science* 0. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21386>
- Qian, J., Ruiz-Garcia, L., Fan, B., Robla Villalba, J.I., McCarthy, U., Zhang, B., Yu, Q., Wu, W., 2020. Food traceability system from governmental, corporate, and consumer perspectives in the European Union and China: A comparative review. *Trends in Food Science & Technology* 99, 402–412. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.025>
- Ravishankar, N., Mujja, A., Lewis, M.G., Sreekumaran Nair, N., 2014. A tool to measure complexity in public health interventions. *Clinical Epidemiology and Global Health* 2, 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2014.04.001>
- R Core Team, 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <https://www.R-project.org/>.

- Ritter, C., Jansen, J., Roche, S., Kelton, D.F., Adams, C.L., Orsel, K., Erskine, R.J., Benedictus, G., Lam, T.J.G.M., Barkema, H.W., 2017. Invited review: Determinants of farmers' adoption of management-based strategies for infectious disease prevention and control. *Journal of Dairy Science* 100, 3329–3347. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11977>
- Ruviaro, C.F., Barcellos, J.O.J., Dewes, H., 2014. Market-oriented cattle traceability in the Brazilian Legal Amazon. *Land Use Policy* 38, 104–110. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.08.019>
- Saak, A.E., 2016. Traceability and reputation in supply chains. *International Journal of Production Economics* 177, 149–162. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.04.008>
- Salomie, I., Dinsoreanu, M., Pop, C.B., Suci, S.L., 2008. Model and SOA solutions for traceability in logistic chains, in: *Proceedings of the 10th International Conference on Information Integration and Web-Based Applications & Services, liWAS '08*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, pp. 339–344. <https://doi.org/10.1145/1497308.1497370>
- Schroeder, T.C., Tonsor, G.T., 2012. International cattle ID and traceability: Competitive implications for the US. *Food Policy* 37, 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2011.10.005>
- Segerson, K., 1999. Mandatory versus voluntary approaches to food safety. *Agribusiness* 15, 53–70. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6297\(199924\)15:1<53::AID-AGR4>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6297(199924)15:1<53::AID-AGR4>3.0.CO;2-G)
- Siegrist, M., Hübner, P., Hartmann, C., 2018. Risk Prioritization in the Food Domain Using Deliberative and Survey Methods: Differences between Experts and Laypeople: Risk Prioritization. *Risk Analysis* 38, 504–524. <https://doi.org/10.1111/risa.12857>

- Sun, S., Wang, X., 2019. Promoting traceability for food supply chain with certification. *Journal of Cleaner Production* 217, 658–665. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.296>
- Stranieri, S., Cavaliere, A., Banterle, A., 2016. Voluntary traceability standards and the role of economic incentives. *British Food Journal* 118. <https://doi.org/10.1108/BFJ-04-2015-0151>
- Terzi, S., Panetto, H., Morel, G., Garetti, M., 2007. A holonic metamodel for product traceability in Product Lifecycle Management. *International Journal of Product Lifecycle Management* 2, 253–289. <https://doi.org/10.1504/IJPLM.2007.016292>
- Tree, M., McDougall, S., Beggs, D.S., Robertson, I.D., Lam, T.J.G.M., Aleri, J.W., 2022. Antimicrobial use on Australian dairy cattle farms – A survey of veterinarians. *Preventive Veterinary Medicine* 202, 105610. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2022.105610>
- Vale, P., Gibbs, H., Vale, R., Christie, M., Florence, E., Munger, J., Sabaini, D., 2019. The Expansion of Intensive Beef Farming to the Brazilian Amazon. *Global Environmental Change* 57, 101922. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.05.006>
- Van Steenwinkel, S., Ribbens, S., Ducheyne, E., Goossens, E., Dewulf, J., 2011. Assessing biosecurity practices, movements and densities of poultry sites across Belgium, resulting in different farm risk-groups for infectious disease introduction and spread. *Preventive Veterinary Medicine* 98, 259–270. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.12.004>
- Vázquez, J.F., Pérez, T., Ureña, F., Gudín, E., Albornoz, J., Domínguez, A., 2004. Practical Application of DNA Fingerprinting To Trace Beef. *Journal of Food Protection* 67, 972–979. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.5.972>

- Walker, G.S., 2017. Food authentication and traceability: An Asian and Australian perspective. *Food Control*, FAO/IAEA International Symposium on Food Safety and Quality: Applications of Nuclear and Related Techniques, Vienna, Austria, 10-13 November 2014 72, 168–172. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.01.028>
- Wang, X., Li, D., O'Brien, C., 2009. Optimisation of traceability and operations planning: an integrated model for perishable food production. *International Journal of Production Research* 47, 2865–2886. <https://doi.org/10.1080/00207540701725075>
- Wang, X., Li, D., 2006. Value Added on Food Traceability: a Supply Chain Management Approach, in: 2006 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics. Presented at the 2006 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics, pp. 493–498. <https://doi.org/10.1109/SOLI.2006.329074>
- Wickham, H., 2016. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag, New York, <https://ggplot2.tidyverse.org/>.
- Yiannas, F., 2009. *Food Safety Culture*. Springer New York, New York, NY. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-72867-4>
- Zinsstag, J. (Ed.), 2021. *One health: the theory and practice of integrated health approaches*, Second edition. ed. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, UK ; Boston, MA, USA.
- Zhao, J., Xu, Z., You, X., Zhao, Y., He, W., Zhao, L., Chen, A., Yang, S., 2019. Genetic traceability practices in a large-size beef company in China. *Food Chemistry* 277, 222–228. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.007>
- Zhou, D., Song, H., Wang, J., Li, Z., Xu, S., Ji, X., Hou, X., Xu, J., 2019. Biosafety and biosecurity. *Journal of Biosafety and Biosecurity* 1, 15–18. <https://doi.org/10.1016/j.jobb.2019.01.001>

CAPÍTULO III⁴

⁴ Elaborado conforme as normas da revista Livestock Science (Apêndice)

TRACEABILITY ALTERNATIVES IN BEEF CHAIN: A MULTICRITERIA ANALYSIS FOR STAKEHOLDERS DECISION-AID IN SOUTHERN BRAZIL

Anna Isabel Caputti Pereira Suñé¹, Télis Adolfo Cumbe¹, Luís Gustavo Corbellini², Flávio Trojan³, Júlio Otávio Jardim Barcellos¹

¹Department of Animal Science, *Graduate Program in Animal Science*, Center for Studies in Production Systems for Beef Cattle and Productive Chain - NESPro, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil.

²Department of Statistics and Epidemiology, College of Veterinary Medicine, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil.

³Post graduate program of production engineering, College of production engineering, Federal University of Technology - Ponta Grossa, PR, Brazil

Corresponding author: annapsune@gmail.com

ABSTRACT

The aim of this work is to present the context, objectives, criteria, alternatives and results of a study on the use of Multiple-criteria Decision Analysis (MCDA) to define more effective measures for success in implementing individual identification and traceability in South Brazil, by government authorities and cross-cutting interests stakeholders. Cattle identification and traceability is the consequence of a long line of developments in the improvement of food quality and safety management and it has

emerged as a new index of quality and a basis for trade. Nowadays the world has great sensitivity and increased consciousness, focusing increasing attention on securing the global food supply and posing challenges for policy makers, producers and processors. However, for most cattle producers, bovine traceability presents numerous uncertainties, mainly in relation to commercialization, market guarantees and new farm management practices to be effective and ensure a reasonable cost-benefit ratio compatible with the production system, which notably caused little participation. This study uses MCDA to structure the problem and helps to identify critical issues and potential solutions to improve traceability in the south of Brazil. The analysis highlighted the following perspectives: i) the implementation of a legal framework regional; ii) the use of a tool for the producer-industry approach relationship; iii) implementation of a scheme for the individual identification of animals born gradually by generation per year; and iv) Instrument to improve farm management and establishment certification. The existing mechanisms for traceability in Brazil, such as joining current SISBOV and the bonus compensation system did not did not prove to be efficient alternatives for engagement of traceability.

Keywords: traceability, multicriteria analysis, decision-aid, stakeholder, beef chain, benefits, costs, opportunities.

1. INTRODUCTION

Cattle identification and traceability is rapidly becoming a global standard (Schroeder and Tonsor, 2012). The emergence of traceability concept is the consequence of a long line of developments in the improvement of food quality and safety management

(Girish and Barbuddhe, 2020) and it has emerged as a new index of quality and a basis for trade (Mattevi and Jones, 2016). Nowadays the world has great sensitivity and increased consciousness, focusing increasing attention on securing the global food supply and posing challenges for policy makers, producers and processors. Consumers are demanding more and more information about the origins and ingredient attributes of their food products (Wang and Li, 2006) and is an interdisciplinary concept of promoting documented transparency in sustainable agriculture and food safety (Liu et al., 2019; Miguelangelo Gianezini et al., 2014). Understanding sources of sustained competitive advantage has become a major area of research in strategic management (Barney, 1991).

“Traceable meat” means the meat is produced from an identified animal reared on a registered farm and has information pertaining to its origin and processing (Bosona and Gebresenbet, 2013; Karlsen et al., 2013; Moe, 1998; Opara and Mazaud, 2001). Several countries have implemented stringent livestock traceability system in the last two decades (EU, 2002; NLIS, 2012; NAIT, 2009). Key drivers for the implementation of traceability by different countries are control of contagious diseases like bovine spongiform encephalopathy and foot and mouth disease, and to boost the export prospects in international markets. European Union countries were among the first to implement a mandatory livestock traceability system in 2000 (EU, 2002). Subsequently other countries followed, albeit in different formats. Food safety policy by the US Department of Agriculture and the Food and Drug Administration in the USA is currently based on a combination of voluntary measures undertaken by producers and regulatory measures imposed (Segerson, 1999), but notably voluntary systems abdicate a greater scale of traceability leaving

countries a vulnerable position relative to competing export countries with respect to demonstrated animal traceability.

In this context, the Brazilian agribusiness seeks to maintain external competitiveness and to satisfy growing domestic demands, currently aiming to increase official traceability through the recent approval of a protocol compatible with the voluntary Brazilian system called SISBOV (Official System of Individual Identification of Cattle and Buffaloes, in Portuguese). However, for most cattle producers, bovine traceability presents numerous uncertainties, mainly in relation to commercialization, market guarantees and new management practices that must be adopted within the property for the system to be effective and ensure a reasonable cost-benefit ratio compatible with the production system, which notably caused little participation (Nicoloso et al., 2012).

In addition to the conceptual difficulties reported in the literature, traceability needs a coordinated arrangement of multiple factors of mutual liability of the different stakeholders, such as legislation and logistics, which will perform better with the use of technology. The perception of costs (including human resources) must be focused on the best image, reputation and consumer trust of the product (Corallo et al., 2021, 2020) and consequent profit. Policy changes are necessary specifically to incorporate traceability into existing food safety regulations and trade agreements. This will require further investments in information technology for data capture, storage and retrieval (Opara and Mazaud, 2001).

The complexity and acceptability of interventions are key criteria for implementing a successful system. Traceability brings opportunities but also challenges (Mattevi and Jones, 2016). The criteria constitute the basis of evaluation and should capture aspects relevant to the decision (Marsh et al., 2016). They are

important because the best actions are those that perform better than the other alternatives in meeting most of the criteria. For our problem, the best-ranked alternatives are theoretically the most effective ones, that is, they met the proposed objectives.

The decision-making process in organizations involves a series of objectives, points of view and criteria to which decision makers are subject in their daily lives. Over the past six decades, numerous methodologies have been developed with Multiple Criteria Decision Aid - (MCDA) (Mousseau, 1994), with the aim of helping Decision Makers (DM) in the decision-making process. Multiple criteria decision aid (MCDA) must be seen from a different perspective. Its aim is, above all, to enable us to enhance the degree of conformity and coherence between the evolution of a decision-making process and the value systems and objectives of those involved in this process. The purpose of decision-aid is, therefore, to help us make our way in the presence of ambiguity, uncertainty and an abundance of bifurcations. We shall analyze multiple criteria concepts, models and procedures from both these viewpoints. The objective of multiple criteria approaches is to help us to make better decisions (Roy, 1990). When it comes to choosing between several alternatives, the DM will always look for the optimal solution for the studied problem. This implies three types of solutions: a) each alternative is exclusive in relation to the others; b) a set of solutions can be fixed for all situations; and c) the solutions can be ranked from alternatives or performance by experts (Almeida-Dias et al., 2012; Basilio and Pereira, 2019; Infante et al., 2014).

The sorting problem in the Multi-criteria Decision Analysis (MCDA) has been used to address issues whose solutions involve the allocation of alternatives in classes. Traditional multicriteria methods are commonly used for this task, such as

ELECTRE TRI, AHP-Sort, UTADIS, PROMETHEE, GAYA, etc. While using these approaches to perform the sorting procedure, the decision-makers define profiles (thresholds) for classes to compare the alternatives within these profiles (TROJAN et al, 2023).

This paper aims to present the context, objectives, methods and results of a study on the use of MCDA to define more effective measures for success in implementing individual identification and traceability in South Brazil, by government authorities and cross-cutting interests.

2. Material and Methods

2.1 Study design

The study was conducted between December 2022 and May 2023 with the general objective of identifying and evaluating, based on criteria, which actions are presented as better to increase traceability. The aim of this study is to rank different strategies and interventions by stakeholders to support decision-making and build public policies. The MCDA process comprised several steps grouped into two phases as described in previous publications (Aenishaenslin et al., 2013; Corbellini et al., 2020).

Firstly, this co-construction process is related to the definition of the characteristic actions, which represents the set of categories that the decision maker considers necessary to use for regrouping the actions. Secondly, this co-construction process also concerns the way of defining criteria, by assigning values to the indifference and preference thresholds, the veto thresholds (if they exist), and an

intrinsic weight to each criterion in the pre-defined coherent family of criteria (Almeida-Dias et al., 2012).

The present study applied a multi-criteria decision analysis (MCDA) to obtain the ranking of the alternatives to implementation traceability in a state of Brazil, for purposes in a proposal to improve competitiveness and adapt to the growing demands for food safety, animal welfare and environmental sustainability. MCDA methods allow a comparison of interventions or alternatives based on multiple criteria (Aenishaenslin et al., 2013).

2.1.1 Identify stakeholders

The methodology was applied to understand experts' views on the efficiency of actions to improve traceability. For this, ten stakeholders (called S1 a S10) were selected due to their representativeness in the various segments of the beef production chain in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. For the formation of the team of stakeholders, the participants were representatives of the Agricultural Commission of the Agricultural Federation of the state of Rio Grande do Sul (FARSUL in portuguese); representative of the Union of Meat Industries of Rio Grande do Sul (SICADERGS in portuguese); the Rio Grande do Sul Agricultural Development and Defense Fund (FUNDESA in portuguese); representative of the federal institution Brazilian Agricultural Research Company (EMBRAPA in portuguese); representative of the Superintendence of the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA in portuguese); Representative of the Department of Agricultural Defense of the State Department of Agriculture and Livestock (SEAPI in portuguese); and Angus and Hereford breeder association representatives, completing the focal group with the main high-ranking positions representing each

segment of the chain of a state of Brazil. A participatory approach (focus groups, individual interviews, questionnaires) with a group of stakeholders was adopted for this study.

2.1.2 Identify criteria and alternatives

The criteria constitute the basis of evaluation and should capture aspects relevant to the decision (Marsh et al., 2016). They are important because the best actions are those that perform better than the other alternatives in meeting most of the criteria. For our problem, the best-ranked alternatives are theoretically the most effective ones, that is, they met the proposed objectives. The criteria were grouped into “operacional” (OP), “economic” (ECON) and social criteria” (SOC), including important dimensions such as Policy, Logistics, Feasibility, Costs (public and private), Human Resources and Acceptability (**Table 1**) that should be considered when planning public policies (Corbellini et al., 2020; Peters et al., 2013). The “complexity index” (Table S1, Supplementary material 2) considers the type of production system/population covered by the intervention, with complexity increasing if the system is less specialized (Ravishankar et al., 2014). It also considers the context of the alternative, which includes aspects such as if an action requires the cooperation of the interested parties to be effective or if it is necessary for more than one organization to be involved in an intervention or an attempt at political influence. The frequency and duration of the alternative action (e.g., whether a strategy occurs a few times each year or more frequently) and types of settings where the alternative is delivered also were included in the index. Index values were normalized to 100 using the rule of three, where 13 (maximum value) represents 100, and the calculated index is the unknown value “x”.

Table 3. Criteria and index for multicriteria analysis

Group	Criteria	Description	Index
Operational	Legislation	Standards that ensure compliance and auditable basic principles of traceability, but that are easier and with less administrative charges	0-3 (nil; low; moderate; high)
	Logistic	Distribution of identification elements, communication and recording of information, continuity of information together with the product to the consumer	0-3 (nil; low; moderate; high)
	Complexity	The complexity index includes actions involving different types of producers, income distribution, number of organizations involved, stakeholder engagement	Numeric 0-100
Economics	Public costs	Annual cost of alternative public sector actions, considering direct primary costs, communication campaigns, continuing education	Numeric
	Private costs	Private sector costs (farmers and industry) considering actions for investment in animal identification and technology	Numeric
Social	Human resources	People continuously qualified and trained to support animal identification, registration, communication of occurrences as well as reception in the industry and follow-up of the product until the final stages	0-3 (nil; low; moderate; high)
	Acceptability	The potential benefits or damages of an action are important to stakeholders (producers and industry)	1=Low; 2 = Neutral, and 3 = High

Four main intervention areas were first identified to address traceability in a comprehensive manner: Animal identification (ID), Communication strategies (COM); Meat chain management (CM); and Monitoring and control (MON) (**Table 2**). Animal identification is a premise for the traceability model, therefore alternatives that involve the promotion of the official Brazilian System (SISBOV), programs that start identification from generations born (SIRA, 2006) and the use of technology (eartag RFID) (Bagchi et al., 2007; Hong et al., 2011; Kalpana et al., 2019), are important alternatives to be considered as interventions. Preventive communication strategies refers to all modes of communication implemented by public health authorities and private sector in a coordinated action with shared liability for better training of those involved, formation of multipliers focused on knowledge in traceability, its executive actions and compliance (Corbellini et al., 2020). Other actions coordinated symmetrically by the meat chain, such as the creation of a program to implement mandatory identification (EU, 2002, NAIT, 2009; NLIS, 2012) and/or a joint management program aimed at improving access to information, from the farm until retail (Corallo et al., 2020; Saak, 2016). Bonus compensation programs (Golan et al., 2004; Hobbs et al., 2005; Mitchell et al., 2021) for producers with advanced systems, is presented as an alternative in many countries, including Brazil. The promotion of some procedures to be applied in the industry to reach the transparency of information (Hobbs, 2016; Vale et al., 2019), using traceability as a tool, stretching the industry x producer relationship (Charlier, 2006), like carcass yield. On the other hand, there are more restricted alternatives that may interest only one member: such as improving property management by increasing information records (Bahlo et al., 2019; De Nadai Fernandes et al., 2020; Hocquette et al., 2018); or improving network

analysis to control more detailed movement (Cardenas et al., 2022; Fèvre et al., 2006; Grisi Filho, 2012) for sanitary defense purposes.

They are field interventions which can be implemented to improve identification and traceability and their consequences such as food safety, origin determination, transparency and consumer confidence.

Table 4. Alternative actions to multicriteria analysis and their classifications.

Code	Classification	Alternative action	Description - Short name
ID1	Identification	Joined current SISBOV	Increased adherence to the current Brazilian identification system due to improvements in legislation, awards or bonuses
ID2	Identification	ID identification for born generation	Implementation of a scheme for the individual identification of animals born gradually by generation per year
ID3	Identification	Use of RFID (ID chip and ISO)	Investment in the Agricultural Management Platform (PGA) in technology so that it can receive the numbering provided for in IN 51/2018 and institutionalize the use of RFID
COM	Communication	Continuing education for farm programs, private veterinarians and bodies of security	Design a program for continuing education that includes criteria for selecting who will provide training in specific subjects based on knowledge and teaching skills in traceability and individual identification.
CM1	Chain management	Legal framework to implementation regional	Regional strategy to ensure an increase in the number of animals identified in a region or state
CM2	Chain management	Origin determination, recall of products, export restoration after sanitary conditions, transparency	Information on the specific origin of the meat on its consumer label. Instrument for recalling products due to a health crisis or fraud. Process that provides reliability to the final consumer
CM3	Chain management	Producer x industry relationship approach	Availability of information relevant to individually identified animals, their products and by-products
CM4	Chain management	Bonus Program	Bonus for producers with advanced traceability systems
MON1	Monitoring and control	Livestock movement control	Improved movement control. Introduction of formal use of network analysis with individual breakdown for routine official veterinary services
MON2	Monitoring and control	Instrument to improve farm management and establishment certification	Detailed recording of information about stock, entry and exit, as well as individual linkage to reproductive, nutritional or genetic data, as well as a useful tool for validating and certifying the rural property

2.1.4 Questionnaire design

The questionnaires were prepared and access to each participant was provided by QR CODE. Therefore, a first questionnaire was intended for the valuation of each of the alternatives according to each criterion, based on the proposed indices. Due to the measurement characteristic of the complexity criterion (0-100), it was applied separately in a second questionnaire (Table S1).

2.1.4 Evaluation performance of strategies

On May 10, 2023, a hybrid model meeting was held, with the physical and remote presence of all stakeholders. Through a panel, the theme was contextualized through the structuring of the problem and presentation of the actor's perception of traceability, as well as proposed criteria and alternatives to this study. A survey was administered in three rounds, two questionnaires applied in the same meeting and the last one applied in individual interviews to weighting criteria.

The stakeholders choose ordinal values in the legislation, logistics (nil; low; moderate; high) and acceptability criteria (low, neutral, high). The numerical measurement criteria, such as complexity, had the index normalized to 100, and the criteria related to costs was indexed in cardinal numbers based on Brazilian currency (R\$) converted to American dollars (US\$) by estimated costs per bovine head for implementation. Number of people needed to perform an intervention was the question asked to determine the ordinal classification of the human resources criterion, where nil - 0-9; low - 10 to 25; moderate - 26 to 50; high - 51 to 100 people.

2.1.5 Weighting criteria

Perhaps the most creative task in making a decision is to choose the factors that are important for that decision. In the Analytic Hierarchy Process (AHP) we arrange these factors, once selected, in a hierarchic structure descending from an overall goal to criteria, subcriteria and alternatives in successive levels (Saaty, 1990). Weights were derived from three representatives (from distinct sectors) of stakeholders' opinions expressed in online meetings (S4, S8, S9). Three stakeholders were selected and by screen sharing received a matrix in Microsoft Excel including all of the criteria. The criteria were evaluated relative to each other in the matrix. The stakeholders were requested to compare the criteria in matrix using the analytical hierarchical process algorithm (Saaty, 1977). Briefly, the relative importance of each criterion was assigned a numerical value, from 1/9 (extremely less important) to 9 (extremely more important), with the value reflecting the strength of the preference for each criterion. For example, one stakeholder judged that the "Legislation" criterion was strongly more important than the "Public cost" criterion. After the comparisons, matrix operations were performed according to Saaty's methodology (Saaty, 1977) to produce a set of weights to sum to 1. A consistency ratio (CR) (Saaty, 1990) was calculated to determine the degree of consistency of the experts, with values less than 0.1 considered tolerable.

2.2 Data processing and analyses

The intervention scores and weighting schemes set by stakeholders can be combined to produce three sets of results of particular interest in our study: 1) group

rankings of the interventions, representing an ordered ranking of most preferred to least preferred intervention that takes all weighting schemes and intervention performance scores into account; 2) performance of the criteria evaluated by stakeholders to define their weights. Intervention scores represent the relative performance of an intervention with respect to another, and as such scores do not have individual meanings by themselves (Aenishaenslin et al., 2013).

2.2.1 Multicriteria analysis

The application of a MCDA had the objective of eliminating the compensatory effect of the criteria, avoiding that success in one criterion compensated for failure in another.

Based on the results of the valuations of the alternatives and criteria presented to the stakeholders by the questionnaires, an evaluation table was created containing the values of each alternative in relation to each one of the criteria, considering the respective weights.

To establish the performance of the interventions, the J-Electre software was used, which from the collected data generated the matrices of agreement, disagreement, credibility and final rank, of the ELECTRE II method (Almeida-Dias et al., 2010). The acronym ELECTRE stands for Elimination and Choice as an Expression of Reality (Elimination et Choix Traduisant la Réalité). It consists of a family of methods belonging to the area of Multicriteria Decision Making Assistance (MDMA) that was developed and applied, for the first time, by Bernard Roy in the 1960s with the purpose of solving a problem of choosing the best action

(alternatives) of a set of actions, taking into account several criteria that influenced the choice (Roy, 1990).

Electre Tri-C is composed of two joint rules, called descending rule and ascending rule. Each one of these rules selects only one category for a possible assignment of an action. They are used conjointly in order to highlight the highest category and the lowest category, which can appear potentially appropriate to receive an action. These two extreme categories can be the same. When they differ, this means that the assignment of such an action remains ill-determined within a range of possible categories taking into account the way that the set of characteristic actions defines the categories (Almeida-Dias et al., 2010).

Regarding the direction of preferences, the criteria "Legislation" and "Acceptability" represent benefits, while "Logistics", "Complexity", "Costs" and "Human resources" represent costs. All values were normalized using the following formulas:

$$n_{ij} = \frac{r_{ij} - r_j^{\min}}{r_j^{\max} - r_j^{\min}} \quad \text{for benefit}$$

$$n_{ij} = \frac{r_j^{\max} - r_{ij}}{r_j^{\max} - r_j^{\min}} \quad \text{for cost}$$

3. RESULTS

Table 3 presents the performance values of alternatives on each criterion (evaluation table). The performance values on criteria vary based on the alternative, but some conclusions can be drawn. For example, the alternative "Farm management animal and certification" (MON2) had the highest annual cost (US\$2.71/animal). Further, the alternative "System to recall and origin determination" (CM2) had the highest value

for the “Complexity” criterion (index = 74.038), which means that according to the index, this is the most complex alternative. Table 4 contains the preference function, objective, type of variable and parameters applied for each criterion. The preference function “level criterion” was applied for all qualitative criteria, and “linear preference and indifference area” was applied for all quantitative criteria. The objectives set for the criteria “Public costs”, “Private costs”, and “Complexity” were minimized, which means that lower values are preferred over higher values.

Table 5. Performance matrices (evaluation table) comparing the performance of the interventions against the criteria.

Code	Alternative action - Short name	OP1	OP2	OP3	ECON1	ECON2	SOC1	SOC2
ID1	Joined current SISBOV	2.2	2	73.08	\$2.08	\$2.08	2.5	2.7
ID2	ID identification for born generation	2.7	2.3	69.23	\$1.25	\$1.25	2.4	2.8
ID3	Use of RFID	2.6	2.4	64.42	\$1.46	\$1.46	2.6	2.3
COM	Continuing education	2.2	2.5	74.04	\$0.02	\$0.01	2.5	2.7
CM1	Legal framework regional	2.4	2.5	68.27	\$0.01	\$0.00	2.8	2.8
CM2	Origin determination and recall	2.5	2.5	74.04	\$0.01	\$0.02	2.8	2.7
CM3	Producer x industry approach	2.2	2.3	60.58	\$0.01	\$0.02	2.4	2.6
CM4	Bonus Program	2.3	1.8	55.77	\$6.25	\$6.25	2.2	2.8
MON1	Livestock movement control	2.9	2.2	63.46	\$0.02	\$0.00	2.8	2.6
MON2	Farm management and certification	2.6	2	64.42	\$0.00	\$2.71	2.7	2.8

Table 6. Preference function, objective, type of variable and parameters applied to each criterion.

Group	Criterion (short name)	Objective	Type	Preference direction	Index
Operational	OP1	Maximizing	Qualitative	Benefits	0-3 (nil; low; moderate; high)
	OP2	Minimizing	Qualitative	Costs	0-3 (nil; low; moderate; high)
	OP3	Minimizing	Quantitative	Costs	Numeric (0-100)
Economics	ECON1	Minimizing	Quantitative	Costs	Numeric U\$/head
	ECON2	Minimizing	Quantitative	Costs	Numeric U\$/head
Social	SOC1	Minimizing	Qualitative	Costs	0-3 (nil; low; moderate; high)
	SOC2	Maximizing	Qualitative	Benefits	1=Low; 2 = Neutral, and 3 = High

Table 7. Descriptive statistics of the weights assigned by the three stakeholders (S4, S8, S9) to each criterion.

Criterion (short name)	Average (%)	Standard deviation (%)	Coefficient of variation (%)
OP1	17.80	13.32	74.84
OP2	3.30	1.38	41.72
OP3	12.70	7.38	58.14
ECON1	4.50	2.79	61.91
ECON2	27.70	4.39	15.85
SOC1	9.00	5.75	63.90
SOC2	25.10	13.91	55.43
Total (%)	100		

Table 5 presents the descriptive statistics of the weights assigned by the stakeholders to each criterion. The CR calculated for each stakeholder in each comparison matrix varied from 0,226 to 4,640. Among the results, “Acceptability” had the highest weight (26.5 %) and the lowest coefficient of variation of all criteria, followed by “Private Costs” (26,2%), “Legislation” (17.8%) and “Complexity” (12.8%).

Table 8. Descriptive statistics of the weights assigned by three stakeholders (S4, S8, S9) to each criterion.

Criterion (short name)	Decisor 1 (%)	Decisor 2 (%)	Decisor 2 (%)	Average (%)
OP1	13.80	35.70	3.80	17.80
OP2	5.20	2.10	2.50	3.30
OP3	8.80	6.20	23.00	12.70
ECON1	2.30	2.70	8.40	4.50
ECON2	22.70	27.10	33.40	27.70
SOC1	4.10	17.10	5.90	9.00
SOC2	43.00	9.10	23.00	25.10

Total (%)	100.00	100.00	100.00	100.00
-----------	--------	--------	--------	--------

Table 7 is a ELECTREII table with the concordance and discordance, including the complete ranking. The 10 alternatives the first two preferred interventions related to supply chain management. The identification of animals by born generation appears in third place and monitoring and control actions in fourth and fifth place. The promotion to join the current sisbov was the alternative that occupied the last position.

Table 9. ELECTRE table ranking all the alternatives.

Ranking ELECTRE II					Order adjustment	Final Ranking
Code	Alternatives	Ascend.	Descend.	Average	11-avg	
CM1	Legal framework regional	1	1	1	10	1
CM3	Producer x industry approach	1	2	1.5	9.5	2
ID2	ID identification for born generation	2	3	2.5	8.5	3
MON2	Farm management and certification	3	4	3.5	7.5	4
MON1	Livestock movement control	1	7	4	7	5
CM4	Bonus Program	4	5	4.5	6.5	6
CM2	Origin determination and recall	6	4	5	6	7
COM	Continuing education	5	6	5.5	5.5	8
ID3	Use of RFID	7	8	7.5	3.5	9
ID1	Joined current SISBOV	8	9	8.5	2.5	10

4. DISCUSSION

This study identifies the main actions and alternatives for improvement and engagement for the implementation of traceability in a state in the south of Brazil

defined by a multicriteria analysis by the stakeholders of the meat production chain in a region.

It is the application of the ELECTRE II methodology to support decision-making multicriteria decision (Roy, 1990), considering all possible alternatives and, within a global, raises a prioritization of the most appropriate, in a balanced way with the pre-established criteria, guiding a procedure with possible strategies of solution for implementing traceability system. So, the model proposed in this study enables management to gain an overview of the business and become able to make cross-functional decisions (Almeida-Dias et al., 2010, Trojan et al., 2023).

The ELECTRE II method provides a complete ordering of the alternatives through the construction of two complete preorders, one descending, of the best alternatives for the worst (Ranks) and another, built from the least favorable towards the best (Rankw). Alternatives are analyzed against Ranks and Rankw in various interactions. Those that pass both tests are assigned an order, and they are removed from the ordering process. Analysis that restarts with the remaining alternatives, until all have been sorted (Almeida-Dias et al., 2012, Morais and Almeida, 2006).

The list of criteria could probably be generalized or adapted for use with other supply chain arrangement problems. This observation reinforces the fact that MCDA methods have the potential to improve public decisions in line with the most recent national recommendations for evaluating public policies. Recently in Brazil, organizations representing the production chain, within the scope of the Meat Production Chain, consensually signaled that the individual traceability of cattle needs to advance in the country, not restricted to producers seeking access to markets such as the European Union, proposing a simplified individual protocol, even

with the use of RFID technology, with guarantees in the principles of equivalence measures and therefore more consenting (OF. CSCBov, 03/2023).

The general criteria categories demonstrate the comprehensiveness of the models and support the use of MCDA methods as concrete applications of methodologies for an organizational arrangement of many opportune systems for the meat chain. The observed variations in stakeholder's weighting of criteria was expected and can be explained as a result of differences in values, perspectives, objectives and expertise of the participating stakeholders, which is desirable within an interdisciplinary and multi-sectoral approach (Aenishaenslin et al., 2013). "Acceptability" and "Private Cost" were criteria of greater weight followed by the "Legislation", even so, the performance matrix of the interventions was evaluated, the action construction of a "Legal Framework Regional" for the local implementation of a traceability model appeared as the first most viable alternative for better performance in deployment, evidencing acceptability is a necessary but not sufficient condition for effectiveness of an intervention (Sekhon et al., 2017). To make this alternative viable, two aspects are involved: The principle of compartmentalization advised by the OMSA and the regulation of Law 12097 of 2009 (MAPA, 2009), that provides protocols can be presented for approval by the Ministry of Agriculture and Supply to be executed through the database called Agricultural Management Platform (PGA in portuguese), both in line with the current project presented by the meat sector chamber in Brazil. The individual identification by generation born, ranked 3rd, even with a great relationship with public cost and private cost, demonstrates that for an improvement it is necessary to assume new guidelines and paths. Some gaps are the result of an efficient balancing of traceability costs and benefits (Golan et al., 2004).

The traceability system in the farming and food supply chain can be described as the documented identification of the operations which lead to the production and sale of a product (Bertollini et al., 2006). The main fact that differentiates food supply chains from other chains is that there is a continuous change in the quality from the time the raw materials leave the grower to the time the product reaches the consumer (Apaiah et al., 2005, Trienekens and Omta, 2002). Perishables such as produce, meat, fish, milk and more can change hands many times before reaching the consumer. When dealing with commercial relations between the producer and the industry, many aspects can be conflicting if there is no established relationship of trust. This study demonstrated the importance of distinguishing this relationship from the use of an instrument that provides transparency to the process through recording and improving the quality of information (FSA, 2002), since the second most motivating intervention for the implementation of traceability was the approach between producer and slaughterhouse. It is important to have a tool that can take into account multiple goals for a product (Apaiah, et al. 2004) and the participating enterprises form a network that is mutually co-operative and the enterprises are inter-dependent not only for their raw materials but for services and information. Porter (1980) defined a value chain—consisting of five operations that together prepare a commodity for a specific consumer: production/inbound logistics, production, outbound/distribution logistics, marketing and sales.

Monitoring and control alternatives such as movement control through network analysis and property management and certification ranked in 4th and 5th position demonstrate the attentive look to the growing demands in animal health (Cardenas et al., 2022), animal welfare and environmental sustainability (Apaiah et al., 2005, Fritz and Schiefer, 2009). Constructive dialogue between all interested stakeholders,

including citizens and consumers, needs to be fostered to design more sustainable meat production systems (Hötzel and Vandresen, 2022).

The existing mechanisms for traceability in Brazil, such as joining current SISBOV (10th position) and the Compensation Bonus system (6th position) demonstrated that these are not the most efficient alternatives for engagement of traceability. Some of the problems and obstacles facing Brazilian cattle producers in this SISBOV implementation process refer to the Brazilian geography, the spatial distribution of the herd, the sociocultural aspects of Brazil and the lack of an efficient information system, a fact that prevents some producers from updating. in relation to Brazilian and world events (SARTO, 2002).

The development of product identification technologies offers great opportunities to advance the food traceability system. The most recent development is IT based traceability systems, Radio Frequency Identification (RFID) technology, offers a number of significant advantages, accuracy and reliability, over existing methods in the collection and collating of product identification data particularly in the application areas of automation (BAGCHI et al, 2007), but the costs associated with putting traceability systems into place are seen as barriers for supply chain actors especially for small-scale producers from less developed countries (Aung and Chang, 2014) and in this study the use of RFID isolated as an action proposed, was not chosen as an alternative with good performance for the intended purpose. In this paper, the actions were evaluated without compensatory effects (Basilio and Pereira, 2019). The technological innovations are helping to reduce the costs of such systems, despite the different perception here in this paper, but institutional and philosophical barriers have delayed their adoption (Golan et al., 2004).

More sophisticated customer demand chains and electronic business pose new challenges to supply chain management (Kankan et al., 2023) which demonstrates that the concern with determination of origin and retail product recall is still not a decisive factor for increase of traceability by the perception of compliance with the initial precepts, as animal identification. The application of traceability in the reverse direction (traceback) can be conducted by other policy options that can encourage firms to strengthen their safety and traceability systems without requiring any specific process for doing so. For example, standards for mock recalls (in which firms must prove that they can locate and remove all hypothetically contaminated food from the food supply within a certain amount of time) give firms the freedom to develop efficient traceback systems while ensuring that such systems satisfy social objectives (Corallo et al., 2021, Golan et al., 2004).

Following Asioli et al., 2014, we distinguish between four groups of traceability propositions: regulatory, gradual, risk management, and farm management.

Further remarks and limitations

Our results are extremely important for policymakers; the innovative character of the use of multicriteria analysis proposes the best alternatives in situations where there are conflicting criteria. The participation of the stakeholders of the meat production chain in choosing the main interventions in this methodology can serve as a basis for other studies related to other themes of common interest to the different segments. Measured interventions may in the future be analyzed in a mandatory and voluntary scenario, subsidized or not. Findings show that government policies aimed at increasing traceability and in this sense, expanding business opportunities.

Very positive statement

Based on the results, the engagement of the actors in the production chain in search of political governance is remarkable, to open up opportunities for new markets and maintain transparency in health issues as well as in production systems. Scientific innovation with the use of this methodology (MCDA) for implementing traceability will support the sector in decision-making.

Limitations

The study has a regional character, as the research was performed in a state of Brazil. Another limitation was that it did not include the retail approach and perspective, to contribute a more complete analysis of the whole beef chain.

5. Conclusion

We concluded that the current existing Brazilian traceability mechanisms need to be remodeled. Encourage adherence to the current SISBOV did not appear to be an intervention capable of improving traceability, just as the bonus compensation program doesn't get noticed.

The most visible outcome converges towards a regional restructuring of official laws. Stakeholders valued proposals based on a legal framework that are not essentially new, but gradual for being regional and apparently more feasible, less bureaucratic and consistent with reality.

That it is necessary to take on new paths in a coordinated and multidisciplinary way, such as the identification in the generation of calves born and the stretching of relations between the producer and the industry. This paper supports decision-making for the joint construction of a regional public policy aimed at improving traceability.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to acknowledge participating companies, veterinarians, and producers for useful discussion about the role of traceability in the production system, origin, control of diseases, food safety, market access, and competitiveness.

Authors' contributions

AICPS, JOJB, LGC and FT conceived the study. AICPS and LGC participated in the design of the study. AICPS and JOJB prepared focal group and movement data while also developing the initial modeling computer MCDA using J-ELECTRE. AICPS and FT conducted data processing, and cleaning, designed the model, and simulated scenarios. AICPS and FT designed the computational analysis. AICPS, TAC and JOJB wrote and edited the manuscript. All authors discussed the results and critically reviewed the manuscript.

Conflict of interest

All authors confirm that there are no conflicts of interest to declare.

Ethical statement

The authors confirm the ethical policies of the journal, as noted on the journal's author guidelines page. Since this work did not involve animal sampling nor questionnaire data collection by the researchers, there was no need for ethics permits.

Data Availability Statement

The data that support the findings of this study are not publicly available and are protected by confidential agreements, therefore, are not available.

Funding

The primary funding support of this project is from UFRGS.

REFERENCES

- Almeida-Dias, J., Figueira, J.R., Roy, B., 2012. A multiple criteria sorting method where each category is characterized by several reference actions: The Electre Tri-nC method. *European Journal of Operational Research* 217, 567–579. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.09.047>
- Barney, J., 1991. Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management* 17, 99–120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- Basilio, M.P., Pereira, V., 2019. Estudo sobre a premiação das áreas de segurança pública no Rio de Janeiro via método multicritério: uma aplicação do método Electre III. *Exacta* 18, 130–164. <https://doi.org/10.5585/exactaep.v18n1.8725>
- Bosona, T., Gebresenbet, G., 2013. Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. *Food Control* 33, 32–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.02.004>
- Corallo, A., Latino, M.E., Menegoli, M., Pizzi, R., 2021. Assuring Effectiveness in Consumer-Oriented Traceability; Suggestions for Food Label Design. *Agronomy* 11, 613. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040613>
- Corallo, A., Latino, M.E., Menegoli, M., Striani, F., 2020. What factors impact on technological traceability systems diffusion in the agrifood industry? An Italian survey. *Journal of Rural Studies* 75, 30–47. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.02.006>
- EU. Europe Regulation (EC) No 178/2002 of the European parliament and of the council. 2002

- Girish, P.S., Barbuddhe, S.B., 2020. Meat traceability and certification in meat supply chain, in: *Meat Quality Analysis*. Elsevier, pp. 153–170. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819233-7.00010-0>
- Infante, C.E.D. de C., Mendonça, F.M. de, Valle, R. de A.B. do, 2014. Análise de robustez com o método Electre III: o caso da região de Campo das Vertentes em Minas Gerais. *Gest. Prod.* 21, 245–255. <https://doi.org/10.1590/0104-530X958>
- Karlsen, K.M., Dreyer, B., Olsen, P., Elvevoll, E.O., 2013. Literature review: Does a common theoretical framework to implement food traceability exist? *Food Control* 32, 409–417. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.12.011>
- Liu, R., Gao, Z., Nayga, R.M., Snell, H.A., Ma, H., 2019. Consumers' valuation for food traceability in China: Does trust matter? *Food Policy* 88, 101768. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2019.101768>
- Marsh, K., IJzerman, M., Thokala, P., Baltussen, R., Boysen, M., Kaló, Z., Lönngren, T., Mussen, F., Peacock, S., Watkins, J., Devlin, N., 2016. Multiple Criteria Decision Analysis for Health Care Decision Making—Emerging Good Practices: Report 2 of the ISPOR MCDA Emerging Good Practices Task Force. *Value in Health* 19, 125–137. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2015.12.016>
- Mattevi, M., Jones, J.A., 2016. Traceability in the food supply chain: Awareness and attitudes of UK Small and Medium-sized Enterprises. *Food Control* 64, 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.12.014>
- Miguelangelo Gianezini, Júlio Otávio Jardim Barcellos, Clandio Favarini Ruviano, Tamara Esteves de Oliveira, Homero Dewes, 2014. Sustainability and Market Orientation in the Brazilian Beef Chain. *JAST-B* 4. <https://doi.org/10.17265/2161-6264/2014.04B.001>
- Moe, T., 1998. Perspectives on traceability in food manufacture. *Trends in Food Science & Technology* 9, 211–214. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(98\)00037-5](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(98)00037-5)

- Mousseau, V., 1994. Compensatoriness of Preferences in Matching and Choice. Université de Paris Dauphine - Laboratoire d'analyse et modélisation de systèmes pour l'aide à la décision.
- NAIT, NOVA ZELANDIA. Ministry of Agriculture and Forestry (MAF) Biosecurity New Zealand. Review of Selected Cattle Identification and Tracing Systems Worldwide: Lessons for the New Zealand National Animal Identification and Tracing (NAIT) Project. MAF Biosecurity New Zealand Information Paper No: 2009/03, 2009
- NLIS, National Livestock Identification System, Disponível em: <http://www.mla.com.au/Meat-safety-and-traceability/Livestockidentification.2012>
Acesso em: 02/06/2020
- Nicoloso, C.D.S., Silveira, V.C.P., Vargas, A.F.D.C., Juliene Da Silva Rosa, Ferraz, C.M., 2012. MODELO INTEGRADO DE DECISÃO PARA SIMULAÇÃO DE CUSTOS DA RASTREABILIDADE BOVINA –SISBOV. <https://doi.org/10.13140/2.1.3282.1443>
- Opara, L.U., Mazaud, F., 2001. Food Traceability from Field to Plate. *Outlook Agric* 30, 239–247. <https://doi.org/10.5367/000000001101293724>
- Peters, D. H.; Tran, N. T.; Adam, T.. Implementation research in health: a practical guide. World Health Organization, 2013.
- Roy, B., 1990. Decision-aid and decision-making. *European Journal of Operational Research* 45, 324–331. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90196-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90196-I)
- SIRA, URUGUAY. Ministerio De Ganadería Agricultura Y Pesca, República Oriental Del Uruguay. Sistema de Identificación y Registro Animal (SIRA): Descripción Y Esquema Operativo. Junio. 2006
- Schroeder, T.C., Tonsor, G.T., 2012. International cattle ID and traceability: Competitive implications for the US. *Food Policy* 37, 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2011.10.005>

Segerson, K., 1999. Mandatory versus voluntary approaches to food safety. *Agribusiness* 15, 53–70. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6297\(199924\)15:1<53::AID-AGR4>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6297(199924)15:1<53::AID-AGR4>3.0.CO;2-G)

VALLE, E. R. Boas práticas agropecuárias: bovinos de corte (manual de orientações). Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2011.

Wang, X., Li, D., 2006. Value Added on Food Traceability: a Supply Chain Management Approach, in: 2006 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics. Presented at the 2006 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics, pp. 493–498. <https://doi.org/10.1109/SOLI.2006.329074>

CAPÍTULO IV

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cadeia produtiva da carne bovina brasileira possui um grande potencial para contribuir com a segurança alimentar, a geração de renda, a inclusão produtiva e a preservação ambiental (MALAFAIA et al., 2021). A pecuária de corte vai muito além da porteira e agrega vários elos dentro da sua cadeia de produção, sendo considerada como uma das cadeias produtivas mais extensas e complexas, por envolver múltiplos atores, desde produtores, indústria de equipamentos e insumos até o consumidor final (BARCELLOS et al., 2020).

Para alcançar o grau de excelência atual, foi necessário muito investimento em busca de novas tecnologias em nutrição, pastagem, manejo sanitário e genética (MALAFAIA, 2020). Todavia o foco na segurança do alimento e no consumidor final ganhou importância com a crescente internacionalização do comércio de carne bovina, além de crises sanitárias ocorridas desde o final da década de 90, mais especificamente os casos de encefalopatia espongiforme bovina (EEB) ou “vaca louca” na UE, suficiente o bastante para desencadear todo o processo de rastreabilidade na Europa de forma horizontal e a busca pelo cumprimento de medidas de equivalência aos países terceiros exportadores (EU, 2002). Assim, surgiu a necessidade de conhecer a origem da carne bovina juntamente com a capacidade de resgatar o histórico de vida do animal, desencadeando o desenvolvimento do sistema de rastreabilidade bovina (RINGSBERG, 2014), incluindo o sistema brasileiro.

A atual tendência de consumo de alimentos, cada vez mais exigente, seja pelo grau de consciência ou de preceitos do consumidor, provoca uma crescente demanda pelo conhecimento do sistema de produção e da origem de produtos. As tendências atuais não são exclusivamente voltadas à saúde ou a questões de segurança do alimento, mas também ao bem estar animal e à sustentabilidade ambiental.

A implementação de um sistema de rastreabilidade de acordo com necessidades globais, mesmo considerando a heterogeneidade de contextos sócio-econômicos no planeta, cria oportunidades atendendo não apenas aos requisitos legais, mas também da crescente demanda dos consumidores para confiabilidade dos alimentos (RINGSBERG, 2014). Nesta esteira, a rastreabilidade pode ser

adotada como ferramenta de estratégia de *marketing* para melhorar a imagem do produto por meio do aumento da confiança do consumidor na esfera que estiver sendo aplicada, demonstrando responsabilidade com a saúde da sociedade, segurança dos funcionários e sustentabilidade ambiental (CORALLO et al., 2020a).

A rastreabilidade é uma ferramenta para fornecer informações de forma simétrica e dessa forma, além dos atributos de segurança alimentar, razão que pautou sua implementação em muitos países há 20 anos, é instrumento de comercialização. Existem várias facetas voltadas a diferentes objetivos que se aplicam a um sistema de rastreabilidade, como controle de enfermidades, gestão da propriedade, transparência e confiança ao consumidor, controle de movimentação, determinação de origem, acesso a mercados, etc., além dos fatores intrínsecos à própria rastreabilidade como identificação animal e registro, o que torna o conceito confuso e de difícil compreensão. A rastreabilidade da carne bovina no Brasil é regulamentada por legislações específicas, que estabelecem requisitos e diretrizes para identificação e o controle dos animais ao longo da cadeia produtiva, todavia depois de muitas trocas na legislação ao longo das últimas duas décadas e a consolidação de um sistema com muitos encargos administrativos, o sistema brasileiro tem uma baixa adesão.

As preocupações com a segurança do alimento colocaram a rastreabilidade no centro das discussões sobre o desenvolvimento de uma produção alimentar competitiva e sustentável. No entanto, em commodities e especialmente em commodities alimentares, o estabelecimento de recursos de rastreabilidade encontra muitas barreiras que impedem seu uso amplo, além do que é legalmente exigido (BANTERLE; STRANIERI, 2008). As características do setor de alimentos, bem como a natureza dos produtos básicos de alimentação, podem resultar em considerações desfavoráveis de custo-benefício em níveis empresariais. A visão é diferente nos níveis setoriais e políticos, o que cria uma situação de decisão complexa (FRITZ; SCHIEFER, 2009) para a sua adoção.

A rastreabilidade por si só não pode melhorar a qualidade, mas, especialmente se aliada a outros sistemas de qualidade, tais como programas de padrões de carne (como o *Meat Standards Australia*, em inglês) de características como textura, sabor e suculência; produtos *premium*; marcas e rótulos (BONNY et al., 2018), pode ser usada para associar ao produto informações sobre atributos sensoriais, de saúde, nutrição, sistema produtivo, determinação de origem, sustentabilidade ambiental ou

de bem estar animal que permitam atribuir um valor econômico específico e individual (DABBENE; GAY; TORTIA, 2014).

Até 2040, os consumidores deverão alterar os seus padrões de consumo, devido a uma maior sensibilização para a segurança do alimento e questões éticas que deverão ter maior impacto nas preferências, representando mudança relevante no setor de proteínas (KNOLL et al., 2018; MALAFAIA et al., 2021).

A competitividade sustentada só ocorre no âmbito de um sistema (cadeia) competitivo no seu conjunto. Por isso, grande atenção tem sido dada aos mecanismos de coordenação da cadeia e estrutura de governança (BATALHA, 2021). A noção predominante hoje é a da competitividade sistêmica da cadeia produtiva, em seu conjunto, daí a relevância do entendimento das questões ligadas à coordenação.

A competitividade depende da capacidade de melhorar, inovar e o êxito em determinados setores ocorre porque o ambiente doméstico é o mais progressista, dinâmico e desafiador (PORTER, 1993). 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. Para tornar o Rio Grande do Sul mais competitivo, considerando a pequena escala de produção, os atributos da carne produzida basicamente a pasto, oriunda de rebanhos majoritariamente taurinos em que há condições para o uso mais apropriado da terra, e sistemas produtivos mais eficientes no equilíbrio de carbono, e o bem-estar animal dos modelos intrínsecos de produção local, a busca do melhor posicionamento nos mercados envolve identificação e registro das informações pertinentes a este rebanho bovino e de seus produtos.

Em um âmbito regional, o Rio Grande do Sul apresenta características que o desafiam a buscar maior competitividade, pois apresenta condições diferenciadas nos sistemas produtivos; clima, maior repositório genético de raças taurinas, sistemas produtivos de carne a pasto, e status sanitário mais evoluído que outras

unidades federativas de livre de febre aftosa sem vacinação. Este conjunto de elementos que incluem a necessidade de manutenção eficiente do status, bem como as condições citadas acima como ameaças/fraquezas, dá suficiente subsídio para a busca de melhoria da competitividade com o uso de uma melhor estratégia de mercado, através de inovação e constante investimento numa dimensão vertical para receber um melhor preço pelo produto diferenciado valorizado pelos seus atributos (BARCELLOS et al., 2019).

Quanto à produção de carne, é insuficiente para o consumo interno, redução progressiva do quantitativo de rebanho, tem um abate pulverizado através de inúmeras indústrias frigoríficas existentes e a entrada de carne de outros estados faz com que perca competitividade por diferencial de preços praticados. Este conjunto de elementos dá suficiente subsídio para a busca de melhoria da competitividade através de uma melhor estratégia de mercado através de inovação e constante investimento numa dimensão vertical para receber um melhor preço pelo produto diferenciado valorizado pelos seus atributos. A vantagem competitiva é gerada e sustentada através de um processo altamente localizado. As diferenças nos valores nacionais, cultura, instituições e história são fatores que contribuem para o êxito competitivo. Em última instância, os países obtêm êxito em determinados setores porque o ambiente doméstico é o mais progressista, dinâmico e desafiador (PORTER, 2014), comportamento que explica as escolhas dos agentes por uma intervenção regional.

Neste sentido, na tentativa inicial de entender as percepções dos produtores rurais e agentes do serviço veterinário oficial, este trabalho comprovou que a legislação, sua efetiva implantação e tecnologia são os fatores de maior importância para a rastreabilidade no Rio Grande do Sul, identificando oportunidades e gargalos. Nós encontramos conectividade e simetria nas respostas dos produtores e do serviço veterinário oficial, que demonstraram suas percepções sobre estes fatores como soluções viáveis. Requerimentos regulatórios, incluindo definições sobre o tipo de tecnologia, foram particularmente relevantes para estipular um modelo de rastreabilidade que leve a uma melhor participação dos agentes da cadeia produtiva. Dessa maneira, este trabalho pode dar suporte às instituições envolvidas no entendimento sobre incentivos e oportunidade de mercado na implementação de um programa regional, voltado à melhoria da imagem do produto e do país, fator este que representou a maior motivação para a implantação de um programa.

Avançando a partir deste trabalho preliminar, a análise multicritério, voltada ao auxílio na tomada de decisões, ofereceu aos principais agentes da cadeia produtiva da carne bovina do Rio Grande do Sul, um método direcionado à escolha das melhores intervenções a partir de diferentes critérios pré-estabelecidos. Esta metodologia foi construída com base no problema, que é a baixa adesão ou quantidade insuficiente de rastreabilidade, e propôs ações ou alternativas para subsidiar políticas públicas futuras e o efetivo aumento da rastreabilidade. O resultado mais visível converge para uma reestruturação regional das leis oficiais. Os atores da cadeia produtiva do Rio Grande do Sul valorizaram as propostas baseadas em um marco legal, não essencialmente novo, mas gradual, regional e menos burocrático. Percebemos que é preciso trilhar novos caminhos de forma articulada e multidisciplinar, como a identificação na geração de bezerros nascidos e o estreitamento das relações entre o produtor e a indústria. Assim, este trabalho subsidia a tomada de decisão e novos modelos para a construção conjunta de uma política pública regional voltada para a melhoria da rastreabilidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABARES - AUSTRALIAN BUREAU OF AGRICULTURAL AND RESOURCE ECONOMICS AND SCIENCES, DEPARTMENT OF AGRICULTURE FISHERIES AND FOREST. **What Asia Wants**: Long term agrifood demand. 2023 Revision.

Disponível em:

https://daff.ent.sirsidynix.net.au/client/en_AU/search/asset/1034701/0, Acesso em: 18/05/2023

ABRAFRIGO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FRIGORÍFICOS. **Exportação Brasileira de Carnes Bovina**. 2023. Disponível em:

https://www.abrafrigo.com.br/wp-content/uploads/2023/04/ABRAFRIGO-Exporta%C3%A7%C3%A3o-Carne-Bovina-Jan_2022-a-Abr_2023.pdf Acesso em: 19/05/2023

ALEXANDERSEN, S. *et al.* The Pathogenesis and Diagnosis of Foot-and-Mouth Disease. **Journal of Comparative Pathology**, Edinburgh, v. 129, n. 1, p. 1–36, jul. 2003.

ALFARO, L. Foreign Direct Investment and Growth: does the sector matter. 1 maio 2003.

ALONSO-RORÍS, V. M. *et al.* Towards a cost-effective and reusable traceability system. A semantic approach. **Computers in Industry**, Amsterdam, v. 83, p. 1–11, dez. 2016.

ANDREATTA, T.; MIGUEL, L. A. Febre aftosa no rio grande do sul no ano de 2000: uma análise das transformações ocorridas nos sistemas de produção dos agricultores produtores de leite de Jóia, *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, SOBER, 41., 2023, Juiz de Fora. **[Anais]**. Juiz de Fora, 2003. p. 1-20.

CANOZZI, M. E. A.; BORGES, J. A. R.; BARCELLOS, J. O. J. Attitudes of cattle veterinarians and animal scientists to pain and painful procedures in Brazil. **Preventive Veterinary Medicine**, Amsterdam, v. 177, 104909, abr. 2020.

APHIS - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE ANIMAL AND PLANT HEALTH INSPECTION SERVICE. **Regulatory Impact Analysis & Initial Regulatory Flexibility Analysis Proposed Rule APHIS-2009-0091 RIN 0579-AD24 Traceability for Livestock Moving Interstat**. 2011.

ARANA, A. *et al.* Meat traceability using DNA markers: application to the beef industry. **Meat Science**, London, v. 61, n. 4, p. 367–373, 1 ago. 2002.

ASIOLI, D.; BOECKER, A.; CANAVARI, M. On the linkages between traceability levels and expected and actual traceability costs and benefits in the Italian fishery supply chain. **Food Control**, Guildford, v. 46, p. 10–17, dez. 2014.

ASTILL, J. *et al.* Transparency in food supply chains: A review of enabling technology solutions. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 91, p. 240–247, set. 2019.

AUNG, M. M.; CHANG, Y. S. Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. **Food Control**, Guildford, v. 39, p. 172–184, 1 maio 2014.

AUSTRALIA, STATE NEW SOUTH WALE. **Statement of Biosecurity Policies and Programs for New South Wales**. Version 1, June, 2003.

BADIA-MELIS, R.; MISHRA, P.; RUIZ-GARCÍA, L. Food traceability: New trends and recent advances. A review. **Food Control**, Guildford, v. 57, p. 393–401, 1 nov. 2015.

BADIA-MELIS, R.; RUIZ-GARCIA, L. 11 - Real-Time Tracking and Remote Monitoring in Food Traceability. *In*: ESPÍÑEIRA, M.; SANTA CLARA, F. J. (Eds.). **Advances in Food Traceability Techniques and Technologies**. [S.l.]: Woodhead Publishing, 2016. p. 209–224. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition.

BAHLO, C. *et al.* The role of interoperable data standards in precision livestock farming in extensive livestock systems: A review. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, v. 156, p. 459–466, jan. 2019.

BANTERLE, A.; STRANIERI, S. The consequences of voluntary traceability system for supply chain relationships. An application of transaction cost economics. **Food Policy**, v. 33, n. 6, p. 560–569, dez. 2008.

BARCELLOS, J. O. J.; OIAGEN, R. P. Cadeia produtiva da carne bovina e os sistemas de produção na bovinocultura de corte. *In*: GESTÃO na bovinocultura de corte. Guaíba: Agrolivros, 2014. p. 21-41.

BARCELLOS, J. O. J. *et al.* **Bovino cultura de corte: cadeia produtiva & sistemas de produção**. Guaíba: Agrolivros, 2019. 304 p.

BARCELLOS, J. O. J.; OLIVEIRA, T. E.; SUÑÉ, A.I.C.P. Novo Status Sanitário para a cadeia de carne bovina. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, p.18-19, jul. 2020.

BARCOS, L.O. Recent developments in animal identification and the traceability of animal products in international trade. **Revue scientifique et technique-office international des epizooties**, Paris, v.20, n.2, p. 640-651, 2001.

BARTLETT, P. C.; JUDGE, L. J. El papel de la epidemiología en la salud pública. **Revue Scientifique et Technique Office International des Epizooties**, Paris, v. 16, n. 2, p. 335, 1997.

BATALHA, M. O. (org.). **Gestão Agroindustrial**. 4. ed. São Paulo: Atlas Ltda., 2021.

BENATIA, M. A. *et al.* A framework for big data driven product traceability system. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED TECHNOLOGIES FOR SIGNAL AND IMAGE PROCESSING (ATSIP)*, 4. 2018, Sousse, Tunisia. **Anais...** Sousse, Tunisia, 2018.

BONNY, S. P. F. *et al.* Review: The variability of the eating quality of beef can be reduced by predicting consumer satisfaction. **Animal**, v. 12, n. 11, p. 2434–2442, 1 jan. 2018.

BHATT, T. *et al.* Making Traceability Work across the Entire Food Supply Chain: Making traceability work.... **Journal of Food Science**, Chicago, v. 78, n. s2, p. B21–B27, dez. 2013.

BOISVERT, R. N.; KAY, D.; TURVEY, C. G. Macroeconomic costs to large scale disruptions of food production: The case of foot- and-mouth disease in the United States. **Economic Modelling**, Butterworths, v. 29, n. 5, p. 1921–1930, 1 set. 2012.

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: 12/10/2020.*

BOSONA, T.; GEBRESENBET, G. Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. **Food Control**, Guildford, v. 33, n. 1, p. 32–48, 1 set. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº17 de 14/07/2006. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Internacional: Estatísticas de Comércio Exterior**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm> Acesso em: 10/05/2023

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Plano estratégico para erradicação da Febre Aftosa**. Brasília, DF, [2020]. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-desaudefe-animal/febre-aftosa/pnefa-2017-2026/pnefa-2017-2026> Acesso em: 31/03/2020

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Decreto 7623 de 22/11/2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº19 de 03/05/2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 51 de 01/10/2018. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Lei 12097 de 24/11/2009. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Lista ERAS TRACES UE, lista dos estabelecimentos rurais aprovados a exportar à União Europeia**. Brasília, DF, [2023]. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/rastreabilidade-animal/listas-traces/copy2_of_lista_aptas.pdf Acesso em: 10/05/2023

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Plano Safra 2023/2024**. Brasília, DF, [2023]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/plano-safra-2023-2024-incentiva-sustentabilidade-e-conta-com-13-programas-para-custeio-comercializacao-e-investimentos> Acesso em 02/08/2023

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Relações Internacionais do Agronegócio. **Restrições comerciais ao Brasil em função da ocorrência de febre aftosa nos estados do Mato Grosso do Sul e Paraná em 2005.2007**. Brasília, DF, [2020]. Disponível em: agricultura.gov.br/arq_editor/file/Restricoes_Comerciais_Brasil_decorrentes_Febre_Aftosa.pdf Acesso em: 01/05/2020

CAC. **Codex procedural manual**. 15th ed. 2005. Disponível em: ftp://ftp.fao.org/codex/Publications/ProcManuals/Manual_15e.pdf >. Acesso em: 10/03/2020

CANAVARI, M.; CASTELLINI, A.; SPADONI, R. Challenges in Marketing Quality Food Products. **Journal of International Food & Agribusiness Marketing**, New York, v. 22, n. 3–4, p. 203–209, 25 jun. 2010.

CAPORALE, V.; GIOVANNINI, A.; ZEPEDA, C. Surveillance strategies for foot and mouth disease to prove absence of disease and absence of viral circulation: -EN- -FR- Les stratégies de surveillance de la fièvre aphteuse visant à démontrer l'absence de la maladie et l'absence de circulation virale -ES- Estrategias de vigilancia de la fiebre aftosa para demostrar la ausencia de enfermedad y de circulación de virus. **Revue Scientifique et Technique de l'OIE**, Paris, v. 31, n. 3, p. 747–759, 1 dez. 2012.

CARPENTER, T. E. *et al.* Epidemic and Economic Impacts of Delayed Detection of Foot-And-Mouth Disease: A Case Study of a Simulated Outbreak in California. **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**, Turlock, v. 23, n. 1, p. 26–33, jan. 2011.

CARVALHO, P. C. DE F. *et al.* Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. esp, p. 1040–1046, 2014.

CASAGRANDA, Y. G. *et al.* Emergent Research Themes on Sustainability in the Beef Cattle Industry in Brazil: An Integrative Literature Review. **Sustainability**, Basel, v. 15, n. 5, p. 4670, 6 mar. 2023.

CHARLIER, C. *et al.* Traceability, Trust and Coordination in a Food Chain. 2006.

CHEN, E. *et al.* Implementation of non-regulatory food safety management schemes in New Zealand: A survey of the food and beverage industry. **Food Control**, Guildford, v. 47, p. 569–576, jan. 2015.

CORALLO, A. *et al.* The awareness assessment of the Italian agri-food industry regarding food traceability systems. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 101, p. 28–37, 1 jul. 2020b.

CORALLO, A. *et al.* What factors impact on technological traceability systems diffusion in the agrifood industry? An Italian survey. **Journal of Rural Studies**, New York, v. 75, p. 30–47, 1 abr. 2020a.

CORTÊS, J. A. **Epidemiologia**: conceitos e princípios fundamentais. São Paulo: Varela, 1993. 227 p.

DABBENE, F.; GAY, P.; TORTIA, C. Traceability issues in food supply chain management: A review. **Biosystems Engineering**, [London], v. 120, p. 65–80, abr. 2014.

DAI, J. B. *et al.* Joint optimisation of tracking capability and price in a supply chain with endogenous pricing. **International Journal of Production Research**, London, v. 55, n. 18, p. 5465–5484, 17 set. 2017.

DEL CAMPO, M. *et al.* Animal welfare and meat quality: The perspective of Uruguay, a “small” exporter country. **Meat Science**, London, v. 98, n. 3, p. 470–476, nov. 2014.

DELUCA, N. *et al.* Experiences with COVID-19 case investigation and contact tracing: A qualitative analysis. **SSM - Qualitative Research in Health**, [S.I.], v. 3, 100244, jun. 2023.

DICKINSON, D. L. *et al.* **Meat traceability**: are U.S. consumers willing to pay for it? 2002.

EC - EUROPEAN COMMISSION. **Food Safety**: from the farm to the fork. [2023]. Disponível em: http://ec.europa.eu/food/index_en.htm. Acesso em: 15/05/2023.

ELBERS, A. R. W. *et al.* Tracing systems used during the epidemic of classical swine fever in the Netherlands, 1997-1998: -EN- -FR- -ES-. **Revue Scientifique et Technique de l'OIE**, Paris, v. 20, n. 2, p. 614–629, 1 ago. 2001.

EU. **Europe Regulation (EC) No 178/2002 of the European parliament and of the council**. 2002.

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:

5/02/2021. FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. **Development of Integrated Multipurpose Animal Recording Systems**. Rome, 2016. (FAO Animal

Production and Health Guidelines, 19). Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i5702e.pdf/> Acesso em: 15/05/2023

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION; WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Assuring food safety and quality**: Guideline for strengthening national food control system. Rome: Joint FAO/WHO, 2003. Disponível em: www.who.int/foodsafety/.../Englsih_Guidelines_Food_control.pdf Acesso em: 15/05/2023.

FAO/IAEA - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **International Symposium on Food Safety and Quality: Applications of Nuclear and Related Techniques**. Vienna, Austria, nov. 2014. P. 165-166.

FARINA, E. M. M. Q. Competitividade e coordenação de sistemas agroindustriais: um ensaio conceitual. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 6, n. 3, p. 147–161, dez. 1999.

FDA - FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Food Safety Modernization Act (FSMA), 111th Congress Public Law 353**. U.S. Government Printing Office, 2011. Disponível em: <http://www.fda.gov/Food/FoodSafety/FSMA/ucm247548.htm> Acesso em: 15/05/2023

FEIX, R. D. *et al.* **Painel do Agronegócio do Rio Grande do Sul - 2022**. Porto Alegre: [s. n.], 2022. Disponível em: <https://dee.rs.gov.br/upload/arquivos/202209/01114158-painel-do-agronegocio-2022-2.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2023.

FENG, H. *et al.* Applying blockchain technology to improve agri-food traceability: A review of development methods, benefits and challenges. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, v. 260, 121031, 1 jul. 2020.

FERGUSON, N. M.; DONNELLY, C. A.; ANDERSON, R. M. Transmission intensity and impact of control policies on the foot and mouth epidemic in Great Britain. **Nature**, London, v. 413, n. 6855, p. 542–548, 4 out. 2001.

FÈVRE, E. M. *et al.* Animal movements and the spread of infectious diseases. **Trends in Microbiology**, Cambridge, v. 14, n. 3, p. 125–131, mar. 2006.

FRITZ, M.; SCHIEFER, G. Tracking, tracing, and business process interests in food commodities: A multi-level decision complexity. **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 117, n. 2, p. 317–329, fev. 2009.

FSA - FOOD STANDARD AGENCY. **Traceability in the food chain a preliminary study**. UK, 2002. Disponível em: <https://www.food.gov.uk/print/pdf/node/10421> Acesso em 15/05/2023

GARNER, M. G. *et al.* Comparison of alternatives to passive surveillance to detect foot and mouth disease incursions in Victoria, Australia. **Preventive Veterinary Medicine**, Amsterdam, v. 128, p. 78–86, jun. 2016.

GIUSTO, D. *et al.* (Ed.). **The Internet of Things**. New York, NY: Springer New York, 2010.

GOFFAUX, F. *et al.* Development of a genetic traceability test in pig based on single nucleotide polymorphism detection. **Forensic Science International**, Amsterdam, v. 151, n. 2–3, p. 239–247, jul. 2005.

GOLAN, E. H. *et al.* **Traceability in the U.S. food supply**: economic theory and industry studies. 2004.

HAYAMA, Y. *et al.* Risk factors for local spread of foot-and-mouth disease, 2010 epidemic in Japan. **Research in Veterinary Science**, London, v. 93, n. 2, p. 631–635, out. 2012.

HOCQUETTE, J.-F. *et al.* Current situation and future prospects for beef production in Europe — A review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 31, n. 7, p. 1017–1035, 24 may 2018.

HONG, I.-H. *et al.* An RFID application in the food supply chain: A case study of convenience stores in Taiwan. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 106, n. 2, p. 119–126, 1 set. 2011.

HOWARD, S. C.; DONNELLY, C. A. The importance of immediate destruction in epidemics of foot and mouth disease. **Research in Veterinary Science**, London, v. 69, n. 2, p. 189–196, out. 2000.

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: 02/08/2023.

IFAH - INTERNATIONAL FEDERATION FOR ANIMAL HEALTH. **The Costs of Animal Disease**. Oxford Analytica, 2012. Disponível em: http://www.bft-online.de/fileadmin/bft/publikationen/IFAH_Oxford-Analytica_The-Costs-of-Animal-Disease_October, 2012.

IICA - INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA. **Um nodo de cooperación sobre**: La experiencia de Uruguay em trazabilidad bovina. Montevideo, 2009.

IMF- INTERNATIONAL MONETARY FUND. **World Economic Outlook**: Countering the Cost-of-Living Crisis. Washington, DC, USA: International Monetary Fund (IMF), 2022.

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, 547834, 5 mar. 2021.

- KALPANA, S. *et al.* Intelligent packaging: Trends and applications in food systems. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 93, p. 145–157, nov. 2019.
- KAMILARIS, A.; FONTS, A.; PRENAFETA-BOLDY, F. X. The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains. *Trends in Food Science & Technology*, v. 91, p. 640–652, set. 2019.
- KARLSEN, K. M. *et al.* Literature review: Does a common theoretical framework to implement food traceability exist? **Food Control**, Guildford, v. 32, n. 2, p. 409–417, ago. 2013.
- KARLSEN, K. M.; DONNELLY, K. A.-M.; OLSEN, P. Granularity and its importance for traceability in a farmed salmon supply chain. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 102, n. 1, p. 1–8, 1 jan., 2011.
- KITCHING, R. P. A recent history of foot-and-mouth disease. **Journal of Comparative Pathology**, Edinburgh, v. 118, n. 2, p. 89–108, fev. 1998.
- KNOLL, S. *et al.* Information flow in the Sino-Brazilian beef trade. **International Food and Agribusiness Management Review**, Wageningen, v. 21, n. 1, p. 17–38, 9 jan. 2018.
- KUMARI, L. *et al.* Application of RFID in agri-food sector. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 43, n. 2, p. 144–161, jun. 2015.
- LANGSTAFF, I. National animal health strategy reference group meeting. **Animal Health Surveillance Quarterly**, Austrália, v.13, p. 5–6, 2008.
- LEHR, H.; LENVIG, B.; FÀBREGA, E. Traceability in the feed-animal-food chain. *In: PRECIS. Livest. Farming*. [Leuven]: Katholieke Universiteit Leuven, 2013. p. 114–123. Pap. Presented Eur. Conf. Precis. Livest. Farming, ECPLF.
- MALAFAIA, G. C. Os desafios para o setor de carne bovina no Brasil *In: Barcellos, J.O.J.; Abud Lima, J.; Oliveira, T.E.; et al. Bovinocultura de corte: cadeia produtiva & sistemas de produção*. V.3. ed. Guaíba: Agrolivros, 2020. p.35-40.
- MALAFAIA, G. C. *et al.* The Brazilian beef cattle supply chain in the next decades. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 253, p. 104704, nov. 2021.
- MARQUES, P. R. *et al.* Competitiveness of beef farming in Rio Grande do Sul State, Brazil. **Agricultural Systems**, Essex, v. 104, n. 9, p. 689–693, nov. 2011.
- MATTEVI, M.; JONES, J. A. Traceability in the food supply chain: Awareness and attitudes of UK Small and Medium-sized Enterprises. **Food Control**, Guildford, v. 64, p. 120–127, 1 jun. 2016.
- MICHELANGELO-GIANEZINI, M. *et al.* Sustainability and Market Orientation in the Brazilian Beef Chain. **Journal of Agricultural Science and Technology B**, Illinois, v. 4, n. 4, abr. 2014.

MISHRA, D. K. *et al.* **Traceability as an integral part of supply chain logistics management**: an analytical review. nov. 2018. arXiv:1811.06358 [cs].

MLA. **Meat and Lamb Australia**. [2020]. Disponível em: <http://www.mla.com.au>. Acesso em: 15/05/2020

MOE, T. Perspectives on traceability in food manufacture. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 9, n. 5, p. 211–214, 1 may. 1998.

NABINGER, C. Prosa Quente: Uma vida em defesa dos campos nativos - Entrevista Carlos Nabinger por Renato Villela. **DBO**, São Paulo, v. 37, n. 456, p. 10–12, 2018.

NAO - NATIONAL AUDIT OFFICE. **The 2001 Outbreak of Foot and Mouth Disease, Report by the Comptroller and Auditor General**. London: The Stationery Office, 2002. Disponível em: <http://www.nao.org.uk/wp-content/uploads/2002/06/0102939es.pdf> Acesso em 01/03/2023

NASH, E. *et al.* Towards automated compliance checking based on a formal representation of agricultural production standards. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, v. 78, n. 1, p. 28–37, ago. 2011.

NESPRO/UFRGS. **Carta Conjuntural NESPro Bovinocultura de Corte do RS N. 6 (out-dez/2022)**. Porto Alegre, 2023. Disponível em: https://www.ufrgs.br/nespro/wp-content/uploads/2023/02/CartaConjunturalNESPro6out-dez22_Final.pdf. Acesso em: 15 mar. 2023.

NICOLOSO, C. D. S. *et al.* MODELO INTREGRADO DE DECISÃO PARA SIMULAÇÃO DE CUSTOS DA RASTREABILIDADE BOVINA –SISBOV. 2012.

NIKKILÄ, R. *et al.* A service infrastructure for the representation, discovery, distribution and evaluation of agricultural production standards for automated compliance control. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, v. 80, p. 80–88, jan. 2012.

NAIT, NOVA ZELÂNDIA. Ministry of Agriculture and Forestry (MAF) Biosecurity New Zealand. **Review of Selected Cattle Identification and Tracing Systems Worldwide**: Lessons for the New Zealand National Animal Identification and Tracing (NAIT) Project. [New Zealand]: MAF Biosecurity New Zealand Information, 2009. Paper No: 2009/03

NLIS. **National Livestock Identification System**. [2020]. Disponível em: <http://www.mla.com.au/Meat-safety-and-traceability/Livestockidentification.2012> Acesso em: 02/06/2020

OECD-FAO. **Agricultural Outlook 2020–2029**. Paris, France, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca8861en>. Acesso em: 16/05/2023.

OECD-FAO. **Organization for Economic Co-operation and Development and the UN's Food and Agriculture Organization. OECD-FAO Agricultural outlook**. Paris, 2019.

OLSEN, P.; BORIT, M. How to define traceability. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 29, n. 2, p. 142–150, 1 fev. 2013.

OMSA. Organização Mundial de Saúde Animal. Código Sanitário dos Animais terrestres. Cap. 4.2, Princípios gerais de identificação e rastreabilidade de animais vivos. 2007 Disponível em: https://www.woah.org/es/que-hacemos/normas/codigos-y-manuales/acceso-en-linea-al-codigo-terrestre/?id=169&L=1&htmfile=chapitre_ident_traceability.htm Acesso em: 01/08/2023.

ORRÙ, L. *et al.* Characterization of a SNPs panel for meat traceability in six cattle breeds. **Food Control**, Guildford, v. 20, n. 9, p. 856–860, 1 set. 2009.

OVERBOSCH, P.; BLANCHARD, S. Principles and Systems for Quality and Food Safety Management. *In: FOOD Safety Management*. [S.l.]: Elsevier, 2014. p. 537–558.

OVERBOSCH, P.; CARTER, J. Food Safety Assurance Systems: Recall Systems and Disposal of Food. *In: MOTARJEMI, Y. (Ed.). Encyclopedia of Food Safety*. Waltham: Academic Press, 2014. p. 309–314.

PAPPA, I. C.; ILIOPOULOS, C.; MASSOURAS, T. What determines the acceptance and use of electronic traceability systems in agri-food supply chains? **Journal of Rural Studies**, New York, v. 58, p. 123–135, 1 fev. 2018.

PARAGUAI. Ministerio de Agricultura Y Ganadería. **Servicio Nacional de Calidad e Salud Animal: SITRAP**. [2020]. Disponível em: http://www.sitrap.org.py/admin/listados/SENACSA-Lista_SITRAP_2020_01_bah1cigo.pdf, Acesso em: 10/04/2020

PAULA, S.R.L.; FILHO, F. P. Exportações de Carne Bovina: Desempenho e Perspectivas. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 14, 2001.

PILLAR, V. D. P.; LANGE, O. (Ed.). **Os campos do sul**. Porto Alegre: Rede Campos Sulinos - UFRGS, 2015.

PLASEK, J. M. *et al.* Following data as it crosses borders during the COVID-19 pandemic. **Journal of the American Medical Informatics Association**, [Cary], v. 27, n. 7, p. 1139–1141, 1 jul. 2020.

POLAQUINI, L. E. M.; SOUZA, J. G. DE; GEBARA, J. J. Transformações técnico-podutivas e comerciais na pecuária de corte brasileira a partir da década de 90. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 321–327, fev. 2006.

PORTER, M. **Estratégia Competitiva: Técnicas para Análise de Indústrias e da Concorrência**. 18^a.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1986.

PORTER, M. **Vantagem Competitiva: Criando e sustentando um desempenho superior**. 14^a ed. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

PORTER, M. E. Competitive advantage of nations: creating and sustaining superior performance. Place of publication not identified: Free Press, 2014.

QIAO, Y. *et al.* Individual Cattle Identification Using a Deep Learning Based Framework. **IFAC-PapersOnLine**, [S.l.], v. 52, n. 30, p. 318–323, 2019.

RAJÃO, R. *et al.* The rotten apples of Brazil's agribusiness. **Science**, v. 369, n. 6501, p. 246–248, 17 jul. 2020.

RETAMOSO, A. S. B. **Plano estratégico participativo de desenvolvimento regional da fronteira oeste do Rio Grande do Sul 2015/2030**. São Borja, 2017. Disponível em: <https://planejamento.rs.gov.br/upload/arquivos/201710/11104708-plano-fronteiraoste.pdf> Acesso em: 2 mar. 2023.

RINGSBERG, H. Perspectives on food traceability: a systematic literature review. **Supply Chain Management: An International Journal**, United Kingdom, v. 19, n. 5/6, p. 558–576, 1 jan. 2014.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. Lei Estadual nº 11099 de 22 de janeiro de 1998. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 1998.

RIO GRANDE DO SUL. Departamento de Economia e Estatística. **PIB RS: Produto Interno Bruto do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2023. Disponível em: <https://www.estado.rs.gov.br/upload/arquivos/pibtrimestral-rs-4-trim-2022-apresentacao.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2023.

RIO GRANDE DO SUL. Governo do Estado. Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural (SEAPDR), por meio do Departamento de Políticas Agrícolas e Desenvolvimento Rural. **Radiografia da Agropecuária Gaúcha 2022**. Porto Alegre, 2022. Disponível em: <01082325-rag-2022.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2023.

ROBERTSON, G. A. Global influences on rangelands of Australia. **The Rangeland Journal**, [Australia], v. 25, n. 2, p. 128, 2003.

ROBLES, R. Integrating extensive beef production into the agro-food chain. **Food Economics - Acta Agriculturae Scandinavica, Section C**, Copenhagen, v. 7, n. 2–4, p. 69–81, jun. 2010.

ROCHA, R. O potencial da carne bovina brasileira nos circuitos não aftósicos. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.16, p.1715-1741, 2013. Disponível em: https://silo.tips/queue/o-potencial-da-carne-bovina-brasileira-nos-circuitos-nao-aftosicos?&queue_id=-1&v=1684352016&u=MjAwLjE5OC4xMzcuMTQy, 2017. Acesso em: 17/05/2023

ROGBERG-MUÑOZ, A. *et al.* Foreign meat identification by DNA breed assignment for the Chinese market. **Meat Science**, London, v. 98, n. 4, p. 822–827, dez. 2014.

ROY, B. Decision-aid and decision-making. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 45, n. 2–3, p. 324–331, abr. 1990.

RUVIARO, C. F.; BARCELLOS, J. O. J.; DEWES, H. Market-oriented cattle traceability in the Brazilian Legal Amazon. **Land Use Policy**, Amsterdam, v. 38, p. 104–110, maio 2014.

SALOMIE, I. *et al.* **Model and SOA solutions for traceability in logistic chains**. 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION INTEGRATION AND WEB-BASED APPLICATIONS & SERVICES, 10., 2008, New York. **Proceedings of the...** New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1497308.1497370>. Acesso em: 27 jan. 2022

SALTER, A. M. Improving the sustainability of global meat and milk production. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v. 76, n. 1, p. 22–27, fev. 2017.

SARTO, F. M. **Análise dos impactos econômicos e sociais da implementação da rastreabilidade na pecuária bovina nacional**. Piracicaba: ESALQ, 2002. Disponível em: <https://cepea.esalq.usp.br/br/documentos/texto/analise-dos-impactos-economicos-e-sociais-da-implementacao-da-rastreabilidade-na-pecuaria-bovina-brasileira.aspx> . Acesso em: 25/05/2023.

SIRA, URUGUAY. Ministerio De Ganadería Agricultura Y Pesca, República Oriental Del Uruguay. **Sistema de Identificación y Registro Animal (SIRA)**: Descripción Y Esquema Operativo. Junio. 2006.

SOARES-FILHO, B. *et al.* Cracking Brazil's Forest Code. *Science*, v. 344, n. 6182, p. 363–364, 25 abr. 2014.

SCHROEDER, T. C.; TONSOR, G. T. International cattle ID and traceability: Competitive implications for the US. **Food Policy**, Guildford, v. 37, n. 1, p. 31–40, 1 fev. 2012.

SCOTT, A.; CHRISTIE, M.; MIDMORE, P. Impact of the 2001 foot-and-mouth disease outbreak in Britain: implications for rural studies. **Journal of Rural Studies**, New York, v. 20, n. 1, p. 1–14, jan. 2004.

SDA - SISTEMA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. **Estatísticas**. [S.l.]: Serviço de Epidemiologia e Estatística da Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação, 2023.

SHEN, W. *et al.* Individual identification of dairy cows based on convolutional neural networks. **Multimedia Tools and Applications**, New York, v. 79, n. 21–22, p. 14711–14724, jun. 2020.

SMITH, K. M. *et al.* Infectious disease and economics: The case for considering multi-sectoral impacts. **One Health**, [S.l.], v. 7, p. 100080, jun. 2019.

SPIER, R. E. FMD in the UK—the 2001 outbreak; what if...? **Vaccine**, Oxford, v. 19, n. 31, p. 4339–4341, ago. 2001.

TERZI, S. *et al.* A holonic metamodel for product traceability in Product Lifecycle Management. **International Journal of Product Lifecycle Management**, Geneva, v. 2, n. 3, p. 253–289, 1 jan. 2007.

USA - UNITED STATES OF AMERICA. United States Department of Agriculture Animal and Plant Health Inspection Service. **Regulatory Impact Analysis & Initial Regulatory Flexibility Analysis Proposed Rule APHIS-2009-0091 RIN 0579-AD24 Traceability for Livestock Moving Interstate**. 2011.

VALLAT, B. **Animal identification and product traceability from the farm to the fork must be progressively implemented worldwide**. [S.l.]: World Organization for Animal Health, 2008.

VÁZQUEZ, J. F. *et al.* Practical Application of DNA Fingerprinting To Trace Beef. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 67, n. 5, p. 972–979, maio 2004.

XU, L. D.; XU, E. L.; LI, L. Industry 4.0: state of the art and future trends. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 8, p. 2941–2962, 18 abr. 2018.

WAGNER, R. S. **Oportunidades e desafios na coordenação da cadeia produtiva da carne bovina gaúcha**. 2023. 124 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

WALKER, G. S. Food authentication and traceability: An Asian and Australian perspective. **Food Control**, Wageningen, v. 72, p. 168–172, 1 fev. 2017. FAO/IAEA International Symposium on Food Safety and Quality: Applications of Nuclear and Related Techniques, Vienna, Austria, 10-13 November 2014

WANG, X.; LI, D. **Value Added on Food Traceability**: a Supply Chain Management Approach. *In*: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SERVICE OPERATIONS AND LOGISTICS, AND INFORMATICS, jun. 2006. **Anais...** 2006.

WANG, Z.; YE, T.; XIONG, A. Research of Food Traceability Technology Based on the Internet of Things Name Service. *In*: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTERNET OF THINGS (ITHINGS); IEEE GREEN COMPUTING AND COMMUNICATIONS (GREENCOM); IEEE CYBER, PHYSICAL AND SOCIAL COMPUTING (CPSCOM); IEEE SMART DATA (SMARTDATA). dez. 2016. **Anais...** 2016.

WOOLHOUSE, M. E. J.; GOWTAGE-SEQUERIA, S. Host Range and Emerging and Reemerging Pathogens. **Emerging Infectious Diseases**, Atlanta, v. 11, n. 12, p. 1842–1847, dez. 2005.

WORLD ORGANIZATON FOR ANIMAL HEALTH. **Código Zoosanitário de Animais Terrestres**. [2023]. Disponível em: <https://www.woah.org/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/> Acesso em: 15/05/2023

WTO - World Trade Organization. **Members and Observers**. Geneva, 2013.
Disponível em: <http://www.wto.org>. Acesso em: 17/05/2023

ZHANG, J. *et al.* Automatic Identification-Enabled Traceability in Supply Chain Management. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WIRELESS COMMUNICATIONS, NETWORKING AND MOBILE COMPUTING*, 4. out. 2008. **Anais...** 2008.

ZHANG, M.; LI, P. RFID Application Strategy in Agri-Food Supply Chain Based on Safety and Benefit Analysis. **Physics Procedia**, International Conference on Solid State Devices and Materials Science, April 1-2, 2012, Macao. v. 25, p. 636–642, 1 jan. 2012.

ZHAO, J. *et al.* A panel of SNP markers for meat traceability of Halal beef in the Chinese market. **Food Control**, Guildford, v. 87, p. 94–99, 1 maio 2018.

ZHAO, J. *et al.* Genetic traceability practices in a large-size beef company in China. **Food Chemistry**, Barking, v. 277, p. 222–228, 30 mar. 2019.

ZINSSTAG, J. (ED.). **One health**: the theory and practice of integrated health approaches. 2.ed. Wallingford, Oxfordshire, UK ; Boston, MA, USA: CAB International, 2021.

ZINSSTAG, J. *et al.* Potential of cooperation between human and animal health to strengthen health systems. **The Lancet**, London, v. 366, n. 9503, p. 2142–2145, dez. 2005.

7. APÊNDICES

Apêndice 1 – Supplementary Material

For analysis purposes, the regions described above were grouped into mesoregions, where the Campaign and Western border regions were grouped into the Southwest region; Mission and north in the Northwest; Range of southeast as Southeast; Region comprised by the municipalities surrounding the state capital in the region called Metropolitan region; Mountain Range and Fields above in the Northeast region; Central region as Eastern.

The question regarding the number of employees (familiar, 0-1; 2-4; 5-10; 11-20; more than 20) led us to define the scale and size of the rural property. For analysis purposes, we classified farms with 0-1 employees as small-scale, 2-4 employees as medium-scale, and with more than 5 employees as large-scale.

Table S1. Select of survey questions, responses formats and question's objective.

Questions	Response format
Gender	Check boxes Closed question dichotomus: male; female
Age	Check boxes Single answer: less than 20; 20-30; 31-50; 51-70; more than 70
What is your role on the farm? (producers) What is your role in the institution? (AHO)	Check boxes Multiple answer possible: owner; administrator; manager; employee; adviser; investor and other open ended answer
Education level	Check boxes Single answer: Incomplete elementary education; Complete elementary education; Incomplete High School; Complete High School University degree; Postgraduate degree
What's your profession?	Open ended answer

<p>What's your location</p>	<p>Check boxes Single answer: location included the following geographical regions: Campaign region, Southeast; Western border; Mountain Range and Fields above; Metropolitan region and cost; others (comprising the rest of territory) and other open-ended answer</p>
<p>Number of employees in the farm Only to producers</p>	<p>Check boxes Single answer: 0-1 employee; 2-4 employees; 5-10 employees; 11-20 employees; more than 20 employees</p>
<p>How often do you use the internet (excluding whatsapp) for administration/management of the rural property? (such as issuing GTA in the online producer, electronic invoice, paying bills) Only to producers</p>	<p>Check boxes Closed question: Never; Sometimes; Always</p>
<p>What is your performance level? Only to AHO</p>	<p>Check boxes Closed question: Inspector working in Animal Health; Inspector working in Inspection; Administrative Agricultural technician or inspection agent; Employee</p>
<p>In your opinion, which elements are most associated with the concept of traceability in the beef production chain in Rio Grande do Sul?</p>	<p>Check boxes Multiple answer possible: Food safety; Disease control and health guarantees; Determination of origin; Management farm; Certification; Maintenance of health status; Access to markets Public security, like theft and smuggling control</p>
<p>Does traceability serve to follow the entire product journey, including the initial stages (animal identification to the product on the gondola)?</p>	<p>Scale Likert where that were formatted as a five-point Likert-type scale into the following categories i) strongly disagree, disagree, neutral, agree, and strongly agree.</p>
<p>Is traceability primarily intended to determine the origin of the product?</p>	<p>Scale Likert where that were formatted as a five-point Likert-type scale into the following categories i) strongly disagree, disagree, neutral, agree, and strongly agree.</p>
<p>Is traceability a health control tool that helps to contain diseases through better monitoring of movements, maintenance of health status and access to demanding markets?</p>	<p>Scale Likert where that were formatted as a five-point Likert-type scale into the following categories i) strongly disagree, disagree, neutral, agree, and strongly agree.</p>
<p>Is it a more accurate instrument for herd control, through more detailed registration of births, purchases, transfers between farms and sales?</p>	<p>Scale Likert where that were formatted as a five-point Likert-type scale into the following categories i) strongly disagree, disagree, neutral, agree, and strongly agree.</p>

Only to AHO	
Is traceability aimed at quality control aimed at certification programs (origin, breeds, production system, sustainability, animal welfare)?	Scale Likert where that were formatted as a five-point Likert-type scale into the following categories i) strongly disagree, disagree, neutral, agree, and strongly agree.
Is it a tool that assists in the management of the rural property (weight gain, stock control, births, purchases, transfers between farms and sales)?	Scale Likert where that were formatted as a five-point Likert-type scale into the following categories i) strongly disagree, disagree, neutral, agree, and strongly agree.
Does traceability help the competent bodies in the control of theft?	Scale Likert where that were formatted as a five-point Likert-type scale into the following categories i) strongly disagree, disagree, neutral, agree, and strongly agree.
What are the most important items for the implementation of traceability in the beef production chain in RS?	Check boxes Multiple answer possible:
Do the official laws that lead to implementation need to be easy to apply?	Scale Likert where that were formatted as a five-point Likert-type scale into the following categories i) strongly disagree, disagree, neutral, agree, and strongly agree.
Are the current health status of FMD free without vaccination and the improvement in livestock movement control (domestic, on the border and international borders) factors that drive the implementation? Only to AHO	Scale Likert where that were formatted as a five-point Likert-type scale into the following categories i) strongly disagree, disagree, neutral, agree, and strongly agree.
The current health status of FMD free without vaccination (certificate granted by the OIE at the 88th General Assembly on 05/27/2021) and the improvement in the control of livestock movement (internal, at the border and international borders) are factors that drive the implantation?	Scale Likert where that were formatted as a five-point Likert-type scale into the following categories i) strongly disagree, disagree, neutral, agree, and strongly agree.
To project better results, is the use of technology (earring and chip) as a tool to facilitate management on the rural property important?	Scale Likert where that were formatted as a five-point Likert-type scale into the following categories i) strongly disagree, disagree, neutral, agree, and strongly agree.
What are the main challenges of traceability?	Check boxes Multiple answer possible:
Are there difficulties related to the performance of official service, such as inadequate legislation, constant exchange of rules and lack of information?	Scale Likert where that were formatted as a five-point Likert-type scale into the following categories i) strongly disagree, disagree, neutral, agree, and strongly agree.

Are the main difficulties related to the high COSTS for implantation (earring, chip, maintenance of information in the system)?	Scale Likert where that were formatted as a five-point Likert-type scale into the following categories i) strongly disagree, disagree, neutral, agree, and strongly agree.
Are the biggest operational difficulties of producers and employees related to human resources?	Scale Likert where that were formatted as a five-point Likert-type scale into the following categories i) strongly disagree, disagree, neutral, agree, and strongly agree.
Are the difficulties that exist in rural areas with connectivity and internet coverage preponderant factors? Only to producers	Scale Likert where that were formatted as a five-point Likert-type scale into the following categories i) strongly disagree, disagree, neutral, agree, and strongly agree.
In your opinion, what are the main reasons why traceability is hardly adopted	Check boxes Multiple answer possible:
What are the main benefits of traceability?	Check boxes Multiple answer possible:
The main benefits are related to maintaining access to markets through compliance with sanitary requirements and the ability to respond quickly in situations of food crisis:	Scale Likert where that were formatted as a five-point Likert-type scale into the following categories i) strongly disagree, disagree, neutral, agree, and strongly agree.
Is improving the efficiency and competitiveness of the productive sector, based on better management of the activity and development of new technologies, one of the greatest benefits?	Scale Likert where that were formatted as a five-point Likert-type scale into the following categories i) strongly disagree, disagree, neutral, agree, and strongly agree.
Is the biggest benefit related to the positive impact on consumers and society (improved trust and reduced health and public health costs)?	Scale Likert where that were formatted as a five-point Likert-type scale into the following categories i) strongly disagree, disagree, neutral, agree, and strongly agree.

Table S2. Select summary statistics for profiles of respondents of Animal Health Officials (AHO) and farmers.

Variable	Distribution	AHO Number and percentage	Farmers Number and percentage
Gender	Female	59 (47.6%)	39 (16.0%)
	Male	65 (52.4 %)	204 (84.0%)
Age	20 to 30	8 (6.45%)	20 (8.23%)

	31 to 50	88 (71.0%)	104 (42.8%)
	51 to 70	28 (22.6%)	103 (42.4%)
	> 70	-	16 (6.58%)
Region	Northwest	47 (37.9%)	51 (21.0%)
	Metropolitan	29.8 (29.8%)	16 (6.58%)
	Northeast	17 (13.7%)	32 (13.2%)
	Southwest	11 (8.87%)	133 (54.7%)
	Southeast	9 (7,256%)	11 (4.53%)
	Eastern	3 (2.42%)	-
Education level	High school	7 (5.65%)	34 (14.0%)
	Undergraduate degree	75 (60.5%)	14 (5.77%)
	Graduate degree	42 (33.9%)	195 (80.2%)
Profession	Veterinary	97 (78.2%)	57 (23.46%)
	Agricultural technician	9 (7.26%)	-
	Administrator	4 (3.23%)	18 (7.41%)
	Agronomist engineer	4 (3.23%)	33 (13.58%)
	Animal science	3 (2.42%)	9 (3.70%)
	No degree	3 (2.42%)	-
	Accounting sciences	1 (0.806%)	-
	Biologist	1 (0.806%)	-
	Management process technician	1 (0.806%)	-
	Public manager/employer	1 (0.806%)	4 (1.65%)
	Farmer	-	69 (28.39%)
	Lawyer	-	8 (3.29%)
	Agriculture and livestock technician	-	7 (2.88%)
	Doctor Medicine	-	7 (2.88%)
	Civil engineer	-	5 (2.06%)

	Teacher	-	3 (1.23%)
	Others	-	23 (9.43%)
Main purpose	Authority working in health defense 77 (62.1%)	Owner 199 (81.92%)	
	Agricultural technician or inspection agent 18 (14.5%)	Administrator 29 (11.9%)	
	Authority working in sanitary inspection 14 (11.3%)	Adviser 7 (2.88%)	
	Employee 12 (9.68%)	Manager 5 (2.06%)	
	Administrative technician 3 (2.42%)	Employee 3 (1.23%)	

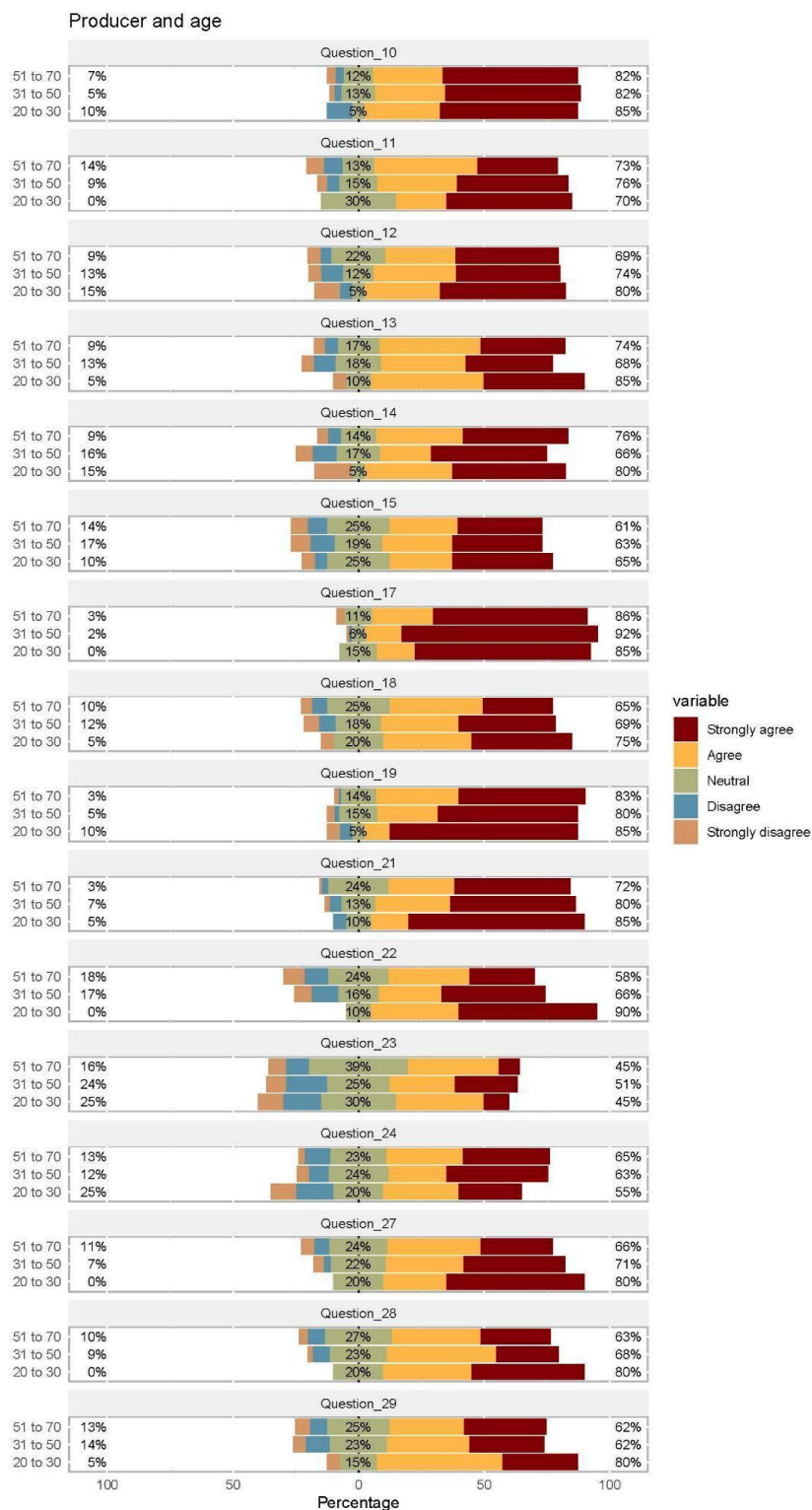


Figure S1. The beef producers motivations are against and in favor of animal-level traceability implementation for each age category. The left percentage is the total of the disagreement scales (strongly disagree and disagree) percentage on the right is the total of the agreement scales (strongly agree and agree).

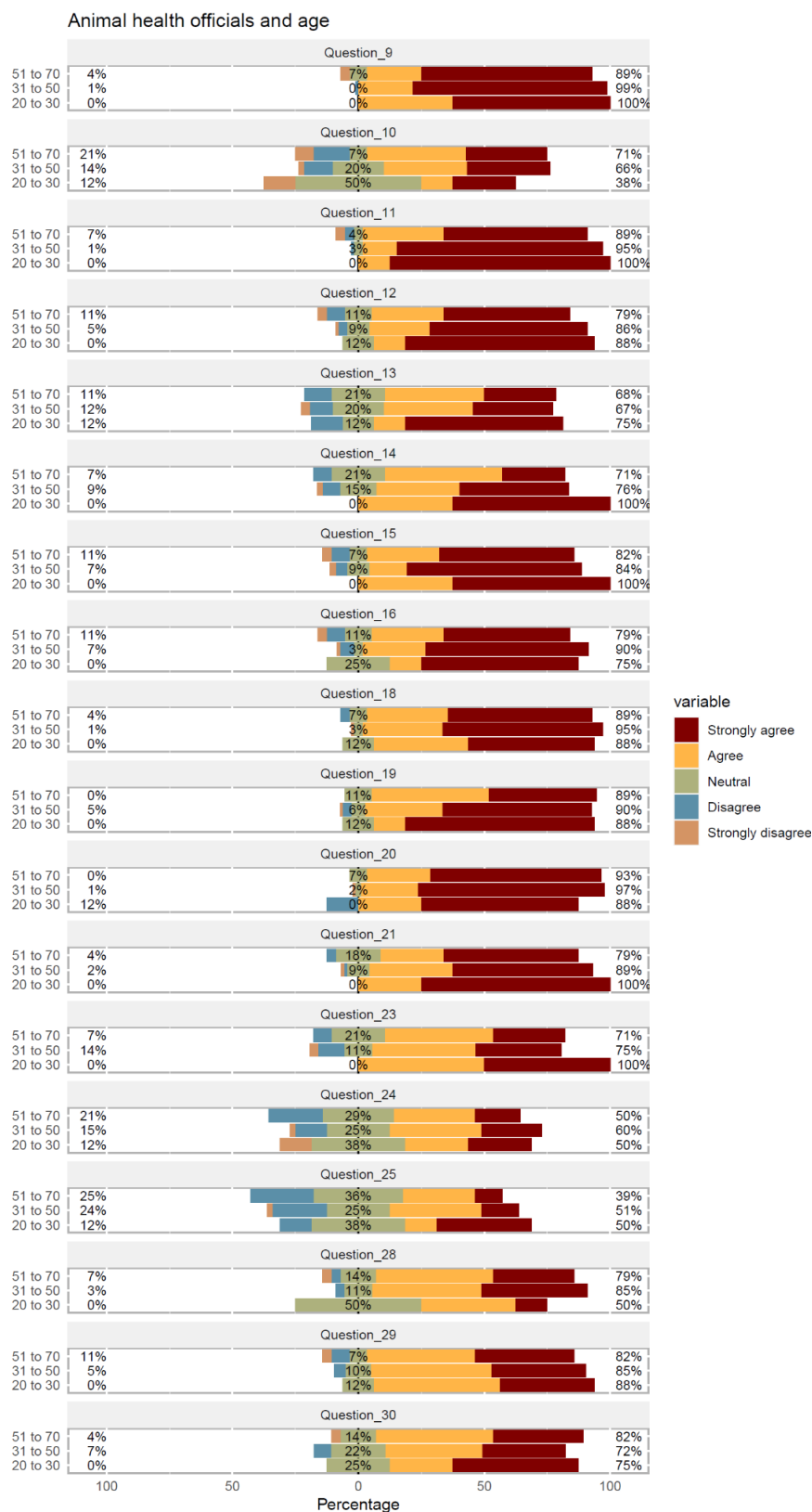


Figure S2. The AHO motivations are against and in favor of animal-level traceability implementation for each age category. The left percentage is the total of the disagreement scales (strongly disagree and disagree) percentage on the right is the total of the agreement scales (strongly agree and agree).

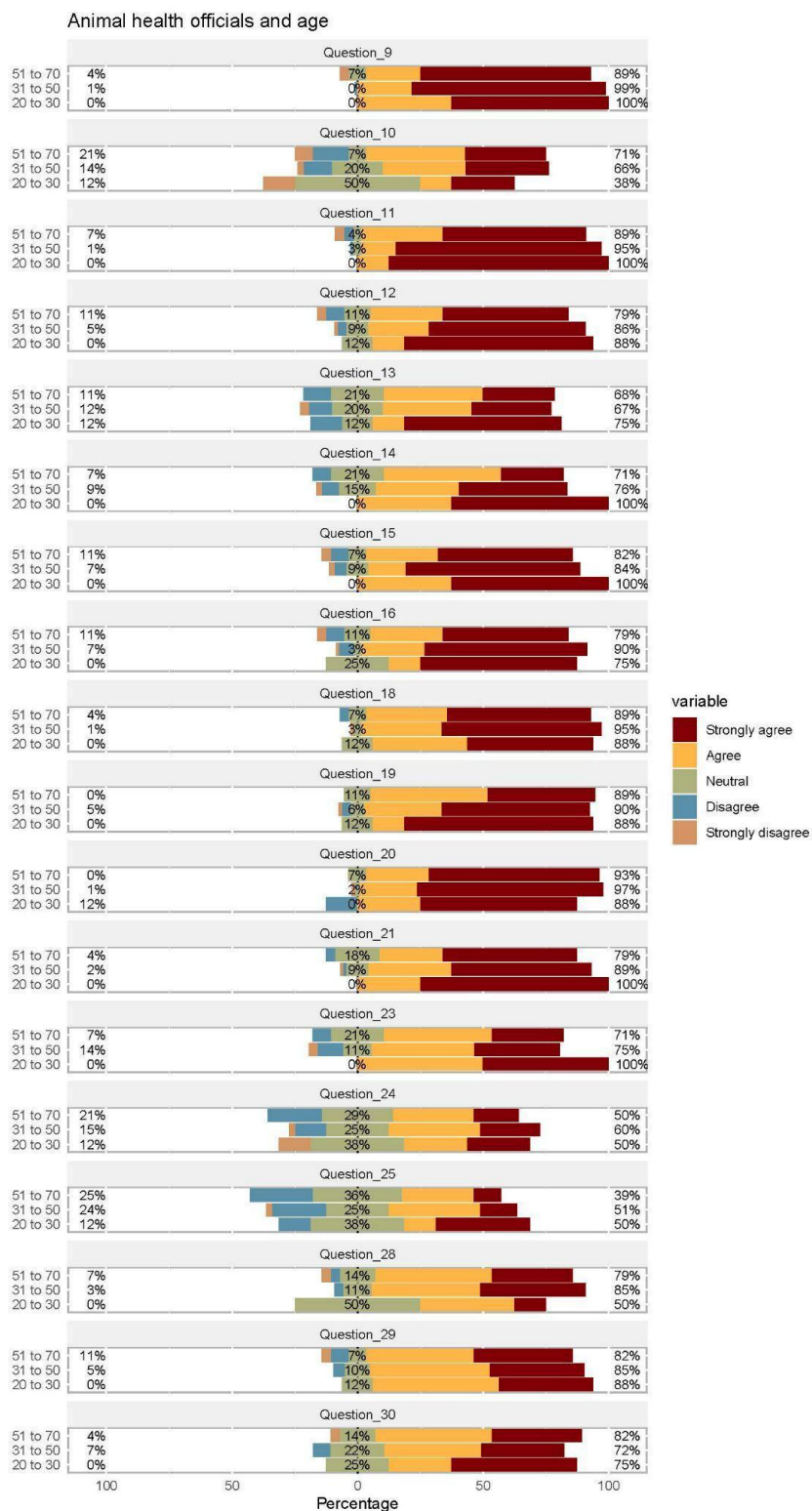


Figure S3. The AHO's motivations are against and in favor of animal-level traceability implementation for each age category. The left percentage is the total

of the disagreement scales (strongly disagree and disagree) percentage on the right is the total of the agreement scales (strongly agree and agree).

Apêndice 2. Supplementary material

Table S1. Checklist of items with scores that reflect their complexity

Item	Score
<i>Population</i>	
Type of production system/population covered	
§ Specialized farms, industry, and veterinarians	1
§ Subsistence (backyard farms), wild animals, and others (e.g., border posts and airports)	2
<hr/>	
<i>Context</i>	
Action requires the active involvement of interested parties to be effective	
§ No	0
§ Yes	1
<hr/>	
Type of organization involved	
§ The action requires the involvement of no organization other than the MAPA, SEAPI	0
§ The action requires the effective participation of bodies other than the MAPA and SEAPI (e.g., prefectures, research institutions, producer associations, police, industry)	1
§ The action requires international cooperation	2
<hr/>	
Political influence is required (association of producers and community leaders)	
§ No	0
§ Yes	1
<hr/>	
Incentives/penalties	
§ The action does not require incentives or penalties for its success	0
§ The action may require incentives or penalties for its success	1
<hr/>	
<i>Intervention</i>	
Time needed to complete the task	
§ The action requires little time or occurs sparingly during the year (e.g., audits, simple epidemiological analyzes, training courses)	1
§ The action occurs regularly and may require fieldwork by veterinary officers throughout the year, complex epidemiological analyses, and/or constant activities to maintain the level of awareness	2
§ The action requires more than a year	2
<hr/>	
Places where the intervention is delivered or carried out	

§ The action is carried out exclusively in the office or on only one location	0
§ The action is carried out on farms, fairs, or in a local facility for training	1
§ The strategy can be carried out in different types of establishments such as schools, communities, rural establishments, universities, ports, and airports	2
<hr/>	
Action needs new hires or institutional changes	
§ The action does not require new hires or institutional changes	0
§ The action requires new hires or small institutional changes	1
§ The strategy requires a new working group or institutional changes for its implementation	2
<hr/>	
Maximum score	13 (100) ¹

Table S2. Expenses included in the public and private costs for each alternative.

Alternative action	Public cost item	Scale	Private cost item	Scale
Joined current SISBOV	No cost for the public sector	no costs	Certification fees and ID	high
ID identification for born generation using RFID (country ISO)	Supply and distribution earrings and database maintenance	high	Investment PGA to receive ID (earrings) ISO standards	high
Implementation regional legislation	No costs	no costs	No costs for the private	no costs
Use of RFID (ID chip and ISO)	Voluntary Mandatory	no costs high	Investment PGA to receive numeration	high
Livestock movement control	Action already taken	very low	No costs for the private	No costs
Continuing education for farm programs, private veterinarians and bodies of security	Increasing action already taken	low	No costs for the private	No cost
Instrument to improve farm management and establishment certification	no cost	no cost	Costs related to the time spent by owners/employees due to sampling procedures on farms and certification fees	moderate
Producer x industry relationship approach	No cost	no cost	Investment in technology and human recourses to present information	low
Origin determination, recall of products, export restoration after sanitary conditions, transparency	Retail inspection for recall follow up. Time allocated for procedures market restoration	moderate	Retail investment to provide consumer information	high

Apêndice 3. Normas para elaboração dos manuscritos

Normas para elaboração de trabalho para a submissão na revista Preventive Veterinary Medicine

(<https://www.sciencedirect.com/journal/preventive-veterinary-medicine>)

Normas para elaboração de trabalhos para a submissão na revista Livestock Science

(https://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/706547?generatepdf=true)

8. VITA

Anna Isabel Caputti Pereira Suñé é brasileira, nascida no Rio de Janeiro (RJ), no dia 27 de abril de 1974, filha de Maria Isabel Pessoa Caputti Pereira e José Paulo Correa Pereira. Sendo militar seu pai, cursou o ensino fundamental em diferentes cidades incluindo Manaus, Brasília, Rio de Janeiro e Bagé, concluindo o ensino fundamental no Colégio Sagrado Coração de Maria em Brasília. O ensino médio foi concluído em Bagé em 1991, no Colégio Nossa Senhora Auxiliadora.

Em 1992 ingressou no curso de Medicina Veterinária na Universidade da Região da Campanha (URCAMP). No ano de 1997 concluiu a graduação e mediante concurso público ingressou como docente no Curso de Medicina Veterinária da Universidade da Região da Campanha Campus Alegrete. Em 1999 ingressou no Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas. Sob a orientação do professor Claudio Pimentel concluiu o curso de mestrado em 2001. Atuou como docente na URCAMP até o ano de 2009 nos Campus de Alegrete e Bagé. Em 2005 realizou concurso público para a Secretaria da Agricultura e Abastecimento (SAA) do Estado do Rio Grande do Sul como veterinária, onde exerce atividades até o presente momento como Fiscal Estadual Agropecuária.

Em 2019 ingressou no curso de doutorado em Zootecnia no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, vinculado à Faculdade de Agronomia da UFRGS, sob orientação do Prof. Dr. Júlio Otávio Jardim Barcellos.