

BRUNO FONTANA SOARES FERREIRA

**Análise econômica do programa de controle da brucelose bovina no estado
de Rondônia, Brasil: 2004 a 2014**

São Paulo

2022

BRUNO FONTANA SOARES FERREIRA

**Análise econômica do programa de controle da brucelose bovina no estado de Rondônia,
Brasil: 2004 a 2014**

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre.

Departamento:

Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal

Programa de pós-graduação:

Epidemiologia Experimental e Aplicada às Zoonoses

Orientador:

Prof. Dr. Fernando Ferreira

São Paulo

2022

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

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

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

T. 4150
FMVZ

Ferreira, Bruno Fontana Soares
Análise econômica do programa de controle da brucelose bovina no estado de Rondônia, Brasil: 2004 a 2014 / Bruno Fontana Soares Ferreira. – 2022.
34 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal, São Paulo, 2022.

Programa de Pós-Graduação: Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses.

Área de concentração: Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Ferreira.

1. Brucelose bovina. 2. Controle. 3. Análise econômica. 4. Estado de Rondônia. 5. Brasil. I. Título.



Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Universidade de São Paulo

São Paulo, 23 de março de 2022
CEUAX N 8425300320

Ilmo(a). Sr(a).

Responsável: Fernando Ferreira

Área: Epidemiologia Experimental Aplicada As Zoonoses

Equipe envolvida: Bruno Fontana Soares Ferreira - (colaborador); Fernando Ferreira - (orientador);

Título do projeto: "Estudo custo-benefício do programa de controle da brucelose bovina no estado de Rondônia".

Parecer Consubstanciado da CEUA FMVZ

A Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, na reunião de 08/07/2020, **ANALISOU** e **APROVOU** o protocolo de estudo acima referenciado. A partir desta data, é dever do pesquisador:

1. Comunicar toda e qualquer alteração do protocolo.
2. Comunicar imediatamente ao Comitê qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento do protocolo.
3. Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes.
4. **Relatórios parciais** de andamento deverão ser enviados **anualmente** à CEUA até a conclusão do protocolo.

Prof. Dr. Marcelo Bahia Labruna
Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

Camilla Mota Mendes
Vice-Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: FERREIRA, Bruno Fontana Soares

Titulo: **Análise econômica do programa de controle da brucelose bovina no estado de Rondônia, Brasil. 2004 a 2014**

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre.

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

Aos meus familiares, amigos e bichos.

AGRADECIMENTOS

Muitíssimo obrigado ao Marcelo Barros pela imprescindível ajuda prestada desde o início do projeto.

Meus agradecimentos ao Ademar Rocha pela garimpagem dos dados do estado de Rondônia.

Agradeço ao Professor Fernando Ferreira pela confiança e orientação.

Ao Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal da FMVZ-USP e à CAPES pela oportunidade, e ao IDARON pela disponibilização dos dados para análise.

A minha família pelo apoio.

RESUMO

FERREIRA, B. F. S. **Análise econômica do programa de controle da brucelose bovina no estado de Rondônia, Brasil: 2004 a 2014.** 2022. 34 f. (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

A brucelose bovina, causada principalmente pela *Brucella abortus*, é uma antropozoonose de distribuição mundial que acarreta grandes perdas econômicas. No ano de 2001, o Brasil lançou o Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose (PNCEBT). Contemporaneamente, foi iniciado um grande esforço de caracterização epidemiológica da doença nos estados brasileiros. No estado de Rondônia foi realizado um primeiro estudo epidemiológico em 2004, revelando uma prevalência de focos de 35,2% e de fêmeas soropositivas de 6,22%. Em 2014 foi realizado um segundo estudo verificado uma redução de prevalência de foco para 12,3% e de fêmeas para 1,9%. O presente estudo teve por objetivo quantificar e comparar os custos e os benefícios relacionados ao controle da brucelose bovina no estado através de uma análise contábil. Considerando os custos privados e públicos, o VPL foi estimado em US\$ 18,3 milhões, a TIR foi calculada em 23% e a RBC foi de 1,7. Quando considerados somente os custos da iniciativa privada, o VPL foi de US\$ 34,9 milhões, a TIR foi de 49% e a RBC foi de 3,0, significando que o produtor de bovinos teve um retorno de 3 para cada unidade de moeda investido. Os resultados mostraram que as medidas de controle da brucelose bovina implementadas no estado de Rondônia produziram resultados econômicos altamente vantajosos. Entretanto, as vantagens econômicas decorrentes do combate à brucelose bovina devem ser vistas como um bônus, pois o simples fato de ser uma antropozoonose já justificariam os custos das intervenções.

Palavras-chave: Brucelose bovina, Controle, Análise econômica, Estado de Rondônia, Brasil

ABSTRACT

FERREIRA, B. F. S. **Economic analysis of the bovine brucellosis control program in the state of Rondônia, Brazil: 2004 to 2014.** 2022. 34 f. (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

Bovine brucellosis, mainly caused by *Brucella abortus*, is a worldwide distribution anthroponosis that causes great economic losses. In 2001, Brazil launched the National Program for the Control and Eradication of Brucellosis and Tuberculosis (PNCEBT). Contemporaneously, a great effort to characterize the epidemiology of the disease in Brazilian states was started. In the state of Rondônia a first epidemiological study was carried out in 2004, revealing a prevalence of 35.2% of infected herds and 6.22% of seropositive females. In 2014, a second study detected a reduction in the prevalence of infected herds to 12.3% and of seropositive females to 1.9%. The present study aimed to quantify and compare the costs and benefits related to the control of bovine brucellosis in the state through an accounting analysis. Considering private and public costs, the NPV was estimated at US\$ 18.3 million, the IRR was calculated at 23% and the BCR was 1.7. When considering only the private costs, the NPV was US\$34.9 million, the IRR was 49% and the BCR was 3.0, meaning that the bovine producer had a return of 3 for each unit of currency invested. The results showed that the bovine brucellosis control measures implemented in the state of Rondônia produced highly advantageous economic results. However, the economic advantages of fighting bovine brucellosis should be seen as a bonus, since the simple fact that it is an anthroponosis would already justify the costs of the interventions.

Key words: Bovine brucellosis, Control, Economic analysis, Rondônia state, Brazil

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	pág
Figura 1: Impacto da vacinação na prevalência da brucelose bovina nos animais nas regiões do estado de Rondônia, segundo os estudos realizados em 2004 e 2014. Fonte: Negreiros et. al., 2009; Inlamea et. al., 2016.	13
Figura 2: Evolução da vacinação contra brucelose bovina no estado de Rondônia expressa na forma de número de bezerras vacinadas e cobertura vacinal no período de 2002 a 2014. Fonte: registros do IDARON.	13
Figura 3: Simulação da evolução da prevalência de animais para brucelose bovina no estado de Rondônia de 2004 a 2014, segundo metodologia de Amaku e colaboradores (2009), partindo dos estudos realizados em 2004 e 2014. Fonte: Amaku et. al., 2009; Negreiros et. al., 2009; Inlamea et. al., 2016.	21
Figura 4: Evolução dos benefícios das ações de controle da brucelose bovina no estado de Rondônia no período de 2004 a 2014.	22
Figura 5: Evolução dos custos das ações de controle da brucelose bovina no estado de Rondônia no período de 2004 a 2014.	23
Figura 6: Evolução dos benefícios e dos custos das ações de controle da brucelose bovina no estado de Rondônia no período de 2004 a 2014.	23

LISTA DE TABELAS

	pág.
Tabela 1: Benefícios estimados para as ações de controle da brucelose bovina no estado de Rondônia no período de 2004 a 2014.	22
Tabela 2: Custos estimados para as ações de controle da brucelose bovina no estado de Rondônia no período de 2004 a 2014.	23
Tabela 3: Indicadores financeiros estimados para as ações de controle da brucelose bovina no estado de Rondônia no período de 2004 a 2014.	24

SUMÁRIO

	pág
INTRODUÇÃO	12
MATERIAL E MÉTODOS	15
Definição do período analisado	15
Atualização Monetária	15
Categorização de Propriedades	15
Indicadores Zootécnicos	15
Custos do controle da brucelose bovina	16
Benefícios do controle da brucelose bovina	17
Análise financeira	18
Softwares utilizados	20
RESULTADOS	21
DISCUSSÃO E CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

INTRODUÇÃO

A Brucelose é uma doença infectocontagiosa de evolução crônica e caráter granulomatoso, causada por bactérias do gênero *Brucella* spp.. Nos bovinos, é principalmente causada pela *Brucella abortus*, uma antropozoonose de distribuição mundial que também acarreta importantes perdas econômicas (Poester et. al., 2002).

No ano de 2001, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento brasileiro lançou o Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose (PNCEBT). Contemporaneamente, foi iniciado um grande esforço de caracterização epidemiológica da doença nos estados brasileiros. Até o momento foram estudados 17 estados, cobrindo cerca de 85% do efetivo bovino brasileiro, mostrando que a brucelose bovina no Brasil está distribuída de forma heterogênea entre e também dentro de alguns estados (Ferreira Neto et. al., 2016; Poester et. al. 2009; Alves et. al. 2009; Azevedo et. al. 2009; Chate et. al. 2009; Dias et. al. 2009ab; Gonçalves et. al. 2009ab; Klein-Gunnewiek et. al. 2009; Marvulo et. al. 2009; Negreiros et. al. 2009; Ogata et. al. 2009; Rocha et. al. 2009; Sikusawa et. al. 2009; Silva et. al. 2009; Borba et. al. 2009; Almeida et. al. 2016; Clementino et. al. 2009).

Para as regiões de alta prevalência foi recomendada a vacinação de fêmeas com a estirpes B19 e RB51. Aproximadamente uma dezena de anos depois, alguns estados realizaram um segundo estudo para verificar se os programas de vacinação implementados produziram redução de prevalência (Anzai et. al., 2016; Barddal et. al., 2016; Baungarten et. al., 2016; Dias et. al., 2016; Ferreira Neto et. al., 2016; Leal Filho et. al., 2016; Silva et. al., 2016)..

O estado de Rondônia fez seu primeiro estudo epidemiológico em 2004, quando foi verificada uma prevalência de focos de 35,2% (32,1; 38,4) e de fêmeas soropositivas de 6,22% (4,9; 7,6) (Villar et. al., 2009). Foi então instituído um programa de vacinação de bezerras com a estirpe B19 e um segundo estudo, realizado em 2014, verificou o rebaixamento da prevalência de focos para 12,3% (10,3; 14,6) e de fêmeas soropositivas para 1,9% (1,4; 2,5) (Inlamea et. al., 2016) (Figura 1).

É razoável concluir que este rebaixamento de prevalência foi consequência da qualidade do programa de vacinação implementado pelo estado (Figura 2), pois as únicas medidas complementares a ela foram a certificação voluntária de propriedades livres e a obrigatoriedade de eutanásia de animais positivos para os testes sorológicos realizados para efeito de movimentação de animais, ambas com resultados muito limitados no período. O número de animais soropositivos eutanasiados foi insignificante e não há nenhuma propriedade certificada como livre, segundo o Serviço Veterinário Oficial do estado (Agencia de Defesa Sanitária Agrosilvopastoril do estado de Rondônia – IDARON, RO).

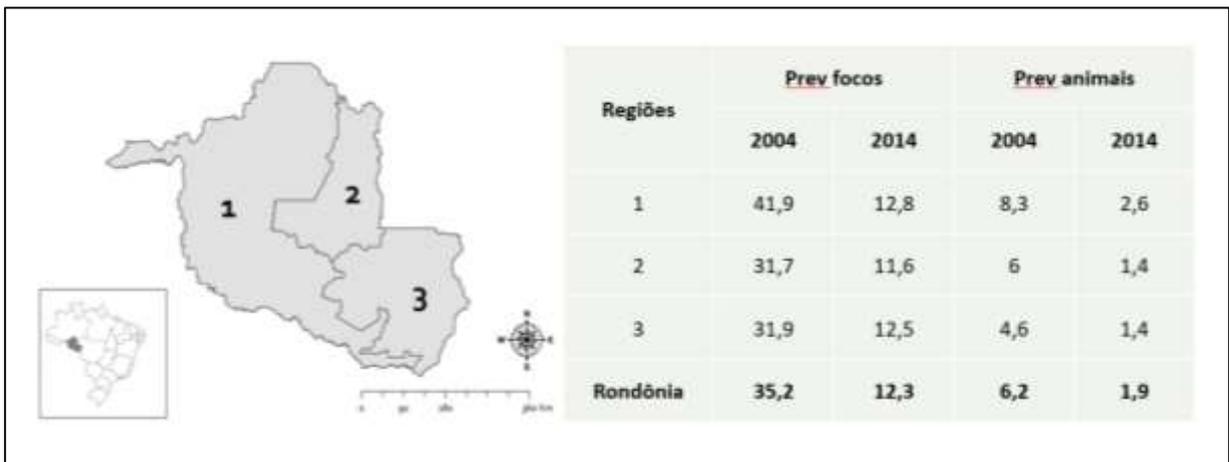


Figura 1: Impacto da vacinação na prevalência da brucelose bovina nos animais nas regiões do estado de Rondônia, segundo os estudos realizados em 2004 e 2014. Fonte: Negreiros et. al., 2009; Inlamea et. al., 2016.

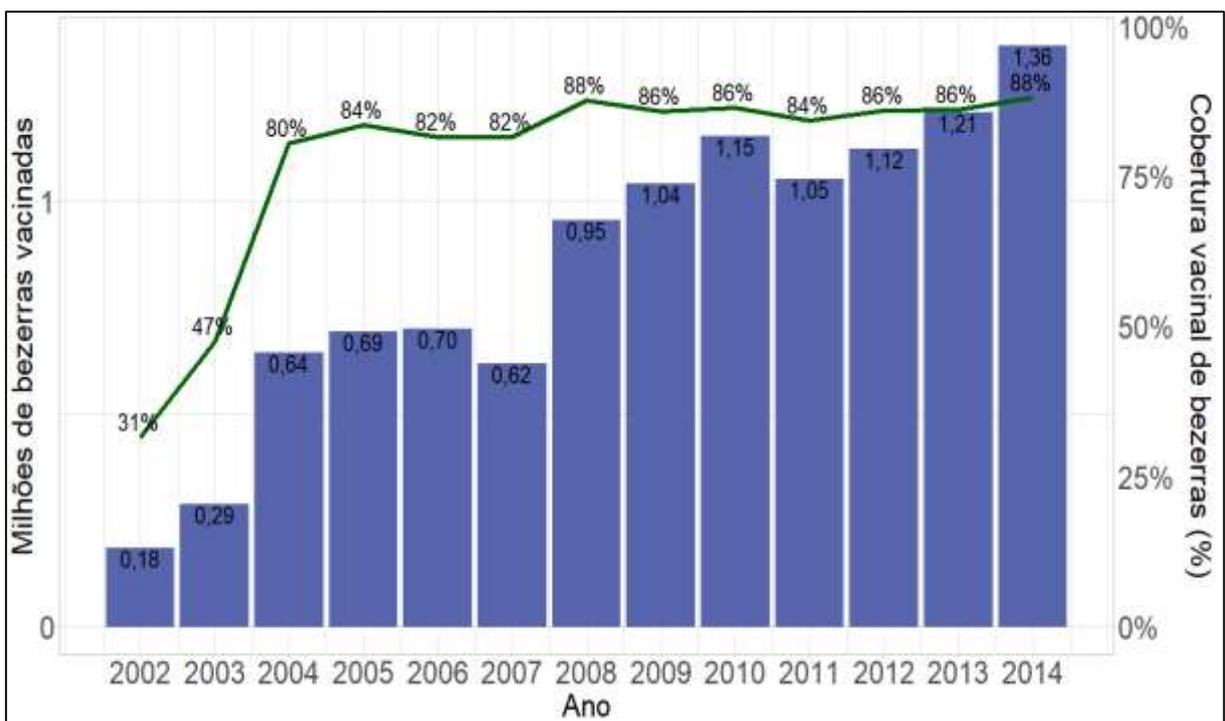


Figura 2: Evolução da vacinação contra brucelose bovina no estado de Rondônia expressa na forma de número de bezerras vacinadas e cobertura vacinal no período de 2002 a 2014. Fonte: registros do IDARON.

No período de 2004 a 2014 todos os custos relacionados às estratégias de controle da brucelose bovina realizados pelo setor público e privado no estado de Rondônia foram registrados pelo IDARON.

Abordar um problema de saúde animal do ponto de vista econômico não é trivial e existem opiniões muito variadas sobre o tema: desde quem classifique como simples contabilidade, o que se tem convencionado chamar de economia da saúde animal (animal health economics), até quem argumente que a saúde animal deve ser encarada como um problema exclusivamente veterinário, não econômico (Rushton, 2017).

Em relação aos processos econômicos associados à brucelose bovina, a literatura internacional traz diferentes abordagens, desde estimativas dos benefícios para a saúde humana, até análises retrospectivas e prospectivas dos impactos da doença e de seus programas de controle e erradicação. Embora a metodologia seja obviamente relevante para esses estudos, o mais importante é a disponibilidade e a confiabilidade das informações de base utilizadas nas análises, sendo influenciadas por características regionais do modo de produção, pelas taxas de prevalência da doença e por aspectos socioculturais [27,31–39] (Homem et. al., 2016ab; Santos et. al., 2013; Leite et. al., 2017; Alves et. al., 2015; Singh et. al., 2015, 2018; Shepherd et. al., 1979; Dietrich et. al., 1979; Bernués et. al., 1997).

De forma unânime, os estudos demonstraram ganho econômico significativo ao longo do tempo, tanto para programas de controle quanto para os de erradicação da brucelose bovina. Entretanto, quando considerados apenas os benefícios diretos, os ganhos financeiros são relativamente pequenos em cenários de prevalências muito baixas ou de erradicação da doença. Assim, nestas situações, é necessário adicionar os benefícios econômicos indiretos alcançados em termos de aumento da comercialização de animais e de seus produtos em função da melhora da segurança alimentar, da diminuição do risco de infecção de outros animais e de humanos, da ampliação da oferta de alimentos e consequente redução da pobreza e da fome, além dos efeitos benéficos no bem-estar animal (Homem et. al., 2016a; Singh et. al., 2018; Shepherd et. al., 1979; Dietrich et. al., 1979; Bernués et. al., 1997; Hasler et. al., 2017; Rich, Perry, 2011; Pradere, 2017; McDermott et. al., 2013).

Assim, tendo em vista o exposto, o presente estudo teve por objetivo desenvolver um modelo para quantificar e comparar os custos e os benefícios relacionados ao controle da brucelose bovina no estado de Rondônia através de uma análise contábil, aportando informações econômicas para que o Serviço Veterinário Oficial, juntamente com a cadeia produtiva, embase a tomada de decisões em relação ao combate da doença no estado.

MATERIAL E MÉTODOS

Definição do período analisado

O PNCEBT foi lançado em 2001 e o primeiro estudo sobre a situação epidemiológica da brucelose bovina no estado de Rondônia foi realizado em 2004, fornecendo dados de prevalência de fêmeas soropositivas, ponto de partida para a análise (Villar et. al., 2009). Passados 10 anos, tendo em vista a boa evolução do programa de vacinação de bezerras com a B19 no estado, em 2014 foi realizado um segundo estudo epidemiológico que constatou a diminuição da prevalência (Inlamea et. al., 2016), ponto final desta análise. Assim, o período compreendido por este estudo foi de 2004 a 2014.

A redução da prevalência de vacas soropositivas ano a ano (2005 a 2013), foi estimada através do modelo matemático proposto por Amaku e colaboradores (2009). Foram também estimados os intervalos de confiança para essas prevalências, permitindo incorporar a variabilidade associada ao nível de significância dos estudos de prevalência (Villar et. al., 2009; Inlamea et. al., 2016).

Atualização Monetária

Todos os valores monetários foram atualizados para o janeiro de 2020 pelo Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), índice oficial de inflação do país medido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para facilitar comparações entre estudos, os valores foram transformados em dólares americanos pela mediana da cotação diária do ano de 2019.

Categorização de Propriedades

Considerando que os custos e os benefícios variam em função do número de animais e tipologia das propriedades, estas foram divididas em propriedades Grandes (número de fêmeas bovinas com idade igual ou superior a 24 meses ≥ 100) e Pequenas (número de fêmeas bovinas com idade igual ou superior a 24 meses < 100), além de produtoras de Leite ou de Carne.

Indicadores Zootécnicos

Foram computadas as perdas diretas e indiretas decorrentes da brucelose bovina. Como perdas diretas foram considerados os abortamentos, a mortalidade perinatal e de matrizes e as perdas na produção de leite. Como perda indireta foi computado o custo da substituição de

vacas soropositivas. Os índices dessas perdas foram extraídos da literatura, optando-se pelos valores mais comumente utilizados:

- taxa de abortamento para as fêmeas soropositivas = 15% (Homen et. al., 2016b; Santos et. al., 2013; Alves et. al., 2015; Shepherd et. al., 1979; Bernués et. al., 1997);
- taxa de mortalidade perinatal para os bezerros nascidos de vacas soropositivas, descontada a taxa de aborto = 10% (Santos et. al., 2013; Alves et. al., 2015; Bernués et. al., 1997);
- taxa de mortalidade de vacas que abortaram = 1% (Homen et. al., 2016b; Santos et. al., 2013; Alves et. al., 2015; Bernués et. al., 1997);
- diminuição na produção de leite para as vacas soropositivas = 15% (Santos et. al., 2013; Alves et. al., 2015; Bernués et. al., 1997);
- taxa de substituição de vacas soropositivas = 15% (Santos et. al., 2013; Alves et. al., 2015; Bernués et. al., 1997).

Não foram considerados os seguintes custos:

- condenação de carcaças em abatedouro devido a lesões decorrentes da infecção por *Brucella abortus*;
- substituição de touros soropositivos;
- impactos na Saúde Pública com tratamento e perda de força de trabalho de indivíduos infectados;
- restrições de mercados.

Custos do controle da brucelose bovina

Foram considerados os recursos investidos no controle da doença desde a implementação do PNCEBT no estado, sem incorporar as externalidades negativas, como efeitos ambientais adversos devido à mitigação de doença, por exemplo a poluição das águas subterrâneas devido ao abate de animais soropositivos (Hasler et. al., 2017; Bennett, 2003).

Os produtores investiram na vacinação de bezerras com a B19 e na realização de testes dos animais. O setor público investiu na manutenção da estrutura de seu Serviço Veterinário Oficial (SVO) para atender as demandas do PNCEBT no estado (Tisdell, Adamson, 2017).

As estimativas dos custos da vacinação das bezerras foram feitas por pesquisa de mercado com Médicos Veterinários autônomos e revendas de produtos veterinários, obtendo-se os seguintes valores:

- dose da vacina = US\$ 0,57;
- perda de vacina no processo = 30% (razão entre a quantidade de doses vendidas e a quantidade de bezerras vacinadas);
- mão de obra para propriedades pequenas = US\$ 2,28/animal;
- mão de obra para propriedades grandes = US\$ 1,52/animal (vantagem obtida pelas maiores propriedades em razão da escala).

O custo total da vacinação de bezerras foi obtido multiplicando-se o custo da vacinação individual (US\$ 3,02 para propriedades pequenas e US\$ 2,26 para as grandes) pelo número de animais vacinados, obedecendo as proporções de propriedades grandes e pequenas.

O custo médio do teste de diagnóstico foi apurado em US\$ 4,31. A multiplicação do custo do diagnóstico individual pelo número de diagnósticos realizados produziu o custo total dos testes.

Nos custos do SVO foram considerados aspectos como a fiscalização da vacinação e comércio de vacinas, treinamento e habilitação de Médicos Veterinários do SVO e privados, educação e comunicação social, controle de trânsito e eventos agropecuários, remuneração dos servidores públicos, estrutura física, manutenção desta estrutura, fiscalização de propriedades.

Para o cálculo do custo do SVO foram utilizados os balanços financeiros anuais do IDARON-RO, considerando que 10,5% do seu orçamento foram destinados a atividades relacionadas ao PNCEBT no estado.

Benefícios do controle da brucelose bovina

Os benefícios foram estimados, dentro dos intervalos de confiança das prevalências, considerando-se o impacto da diminuição gradativa da prevalência de fêmeas soropositivas para brucelose bovina ao longo dos anos, com os consequentes efeitos sobre a diferença do número de abortos, de mortalidade perinatal e de vacas, da substituição de vacas e sobre o ganho de produção de leite, ou seja, foi estimado o prejuízo evitado (redução das perdas) em função da redução da prevalência dos animais, devido a implementação da estratégias de controle da doença. Essas variáveis foram contabilizadas apenas a partir do ano de 2005, conservadoramente o ano em que a maioria das bezerras vacinadas no início do programa entraram em idade reprodutiva.

Para o cálculo do valor dos abortos evitados e da mortalidade perinatal evitada, o número absoluto do incremento do índice foi multiplicado pelo custo de produção de um bezerro, que segundo dados do Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária foi de US\$

35,92/arroba de bezerro (IMEA, 2017). Assim, para bezerra Nelore de 8 meses de idade com 150 kg (5 arrobas), o valor foi de US\$ 179,60 e para bezerro Nelore de 8 meses com 165kg (5,5 arrobas) foi de US\$ 197,56. Considerou-se que o nascimento de machos e fêmeas ocorreu em igual proporção, obtendo um custo médio de US\$ 188,58.

Para o cálculo do valor da redução da substituição de vacas, considerou-se que uma parte das matrizes infectadas que abortaram e não morreram foram enviadas para abate e substituídas. A reposição de matrizes de corte foi estimada em US\$ 367,08 (vaca Nelore de 315 kg ou 10,5 arrobas) e de leite em US\$ 849,83 (valor médio de mercado). O valor de abate foi estimado em US\$ 383,68 (US\$ 31,97/arroba, com peso médio de 12 arrobas/vaca). Verificou-se, portanto, que a diferença entre custo da reposição e o valor apurado no abate para vacas de corte gera um benefício financeiro ao criador, com lucro de US\$ 16,60/animal e para as de leite um prejuízo de US\$ 466,15. Esses valores foram multiplicados pelos valores absolutos dos benefícios zootécnicos obtidos pela queda da prevalência e os limites inferiores e superiores do intervalo de confiança. Para o efeito da redução da mortalidade de vacas, considerou-se os mesmos valores de reposição anteriores, pois a morte do animal não tem valor financeiro, restando somente o custo de reposição.

O ganho de produção de leite foi calculado multiplicando o incremento da produção, estimado pela queda da prevalência e os limites inferiores e superiores do intervalo de confiança, pelo preço médio praticado de US\$ 0,16/litro. Este incremento da produção foi calculado observando-se a produção total de leite de Rondônia, aplicando a proporção à produção leiteira das vacas que deixaram de ser infectadas pela queda da prevalência da doença.

Análise financeira

Para as análises financeiras foi aplicada a taxa de desconto de 6,51%, representada pela média da diferença entre a taxa SELIC (Sistema Especial de Liquidação e de Custódia) do Banco Central do Brasil (BC) e o IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para os anos de 2004 a 2014. A SELIC é a taxa básica de juros da economia brasileira e o IPCA representa a taxa de inflação. Essa diferença representa a taxa de juros real da economia do país. Foi calculado o Valor Presente Líquido (VPL) sobre o fluxo de caixa entre os anos de 2004 e 2014, de acordo com a equação:

$$VPL = cf_0 - \sum_{t=1}^n \frac{cf_t}{(1 + K)^t}$$

Onde:

cf_0 = fluxo de caixa no período 0

cf_t = fluxo de caixa de cada período

n = número de fluxos de caixa

t = tempo para cada fluxo de caixa

K = taxa de desconto do projeto.

A Taxa Interna de Retorno (TIR), que representa a rentabilidade do projeto expressa em termos de taxa de juros composta equivalente periódica, foi calculada no fluxo de caixa no mesmo período, de acordo com a equação:

$$cf_0 = \sum_{t=1}^n \frac{cf_t}{(1 + TIR)^t}$$

Onde:

Cf_0 = fluxo de caixa no período 0

Cf_t = fluxo de caixa de cada período

n = número de fluxos de caixa

t = tempo para cada fluxo de caixa

TIR = taxa de rentabilidade equivalente periódica.

Foi também calculada a Relação Benefício Custo (RBC), razão entre os valores totais dos benefícios e dos custos no período:

$$RBC = \frac{\textit{Benefícios Totais}}{\textit{Custos Totais}}$$

Softwares utilizados

Os cálculos foram realizados no software R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Os pacotes utilizados no software R foram:

- deflateBR: Deflate Nominal Brazilian Reais. R package version 1.1.2. <https://CRAN.R-project.org/package=deflateBR>
- FinancialMath: Financial Mathematics for Actuaries. R package version 0.1.1. <https://CRAN.R-project.org/package=FinancialMath>
- ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York, 2016, <https://ggplot2.tidyverse.org>
- dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package version 1.0.0. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>

RESULTADOS

A Figura 3 traz as prevalências de vacas soropositivas estimadas para os anos de 2005 a 2013 segundo o modelo matemático de Amaku e colaboradores (2009).

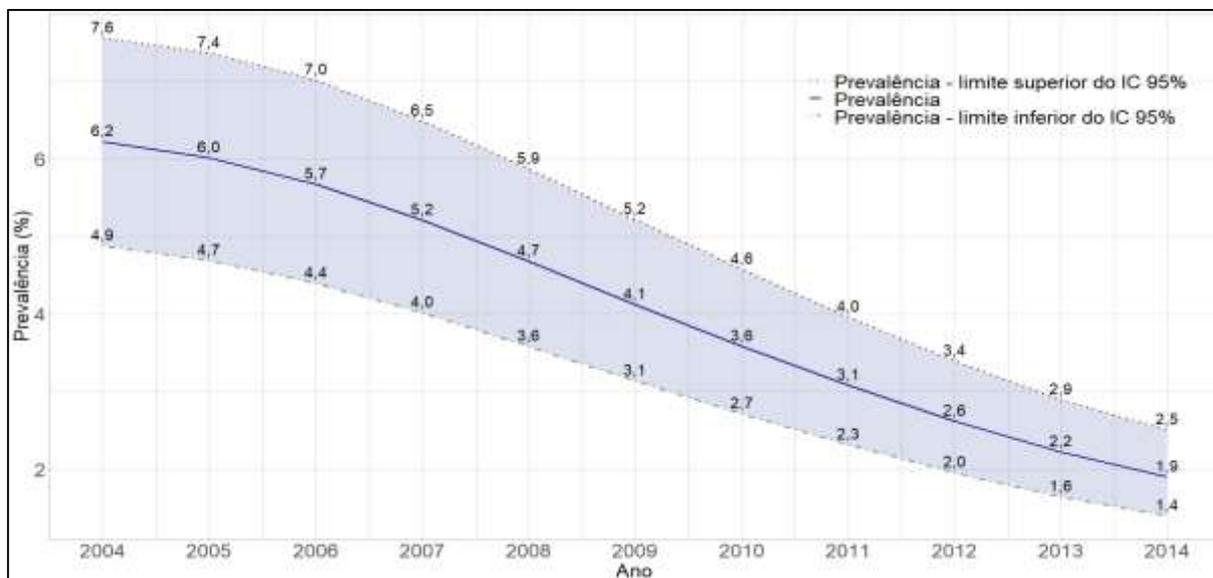


Figura 3: Simulação da evolução da prevalência de animais para brucelose bovina no estado de Rondônia de 2004 a 2014, segundo metodologia de Amaku e colaboradores (2009), partindo dos estudos realizados em 2004 e 2014. Fonte: Amaku et. al., 2009; Negreiros et. al., 2009; Inlamea et. al., 2016.

No período estudado, a redução da prevalência diminuiu os abortos e a mortalidade perinatal, aumentando o nascimento bem-sucedido em 321.300 (263.125; 367.295) bezerros, gerando um benefício de US\$ 60,6 (49,6; 69,3) milhões (Tabela 1 e Figura 4).

Foram evitadas 203.034 (166.272; 232.099) substituições de vacas, sendo 67.238 (55.063; 76.863) vacas de leite, produzindo um benefício de US\$ 29,1 (23,8; 33,3) milhões (Tabela 1 e Figura 4). Foram também evitadas 2.051 (1.680; 2.344) mortes de vacas, sendo 679 (556; 776) de vacas de leite, gerando um benefício de US\$ 1,1 (0,9; 1,2) milhão (Tabela 1 e Figura 4).

O incremento da produção de leite foi de 26,6 (21,8; 30,3) milhões de litros, com benefício para o período de US\$ 4,4 (3,6; 5,0) milhões (Tabela 1 e Figura 4).

No período, foram vacinadas 10.525.185 bezerras ao custo total de US\$ 27,5 milhões. Foram também realizados 1.080.832 testes de diagnósticos ao custo total de US\$ 4,7 milhões. O custo das atividades relacionadas com a brucelose do PNCEBT para o SVO no período foi de US\$ 24,2 milhões (Tabela 2 e Figura 5).

Considerando-se os custos privados e públicos, a Relação Benefício Custo (RBC) foi de 1,7 (1,4; 1,9), o Valor Presente Líquido (VPL) de US\$ 18,3 (8,2; 26,1) milhões e a Taxa

Interna de Retorno (TIR) de 23% (15; 28) (Tabela 3 e Figura 6).

Quando considerados somente os custos da iniciativa privada, desconsiderando-se os custos com o SVO, a Relação Benefício Custo (RBC) foi de 3,0 (2,4; 3,4), o Valor Presente Líquido (VPL) de US\$ 34,9 (24,8; 42,7) milhões e a Taxa Interna de Retorno (TIR) de 49% (41; 53%) (Tabela 3 e Figura 6).

Tabela 1: Benefícios estimados para as ações de controle da brucelose bovina no estado de Rondônia no período de 2004 a 2014.

Benefícios	Valores em US\$		
	Prevalência	Limite Inferior do IC da prevalência (95%)	Limite Superior do IC da prevalência (95%)
Abortos Evitados	38.674.307,52	31.671.899,54	44.210.652,67
Mortalidade perinatal evitada	21.915.440,93	17.947.409,74	25.052.703,18
Redução da substituição de vacas	29.088.059,74	23.821.347,17	33.252.104,26
Ganho de produção de leite	4.362.655,42	3.574.755,80	4.982.962,38
Redução da mortalidade vacas	1.080.690,19	885.019,36	1.235.394,28
Total	95.121.153,80	77.900.431,61	108.733.816,77

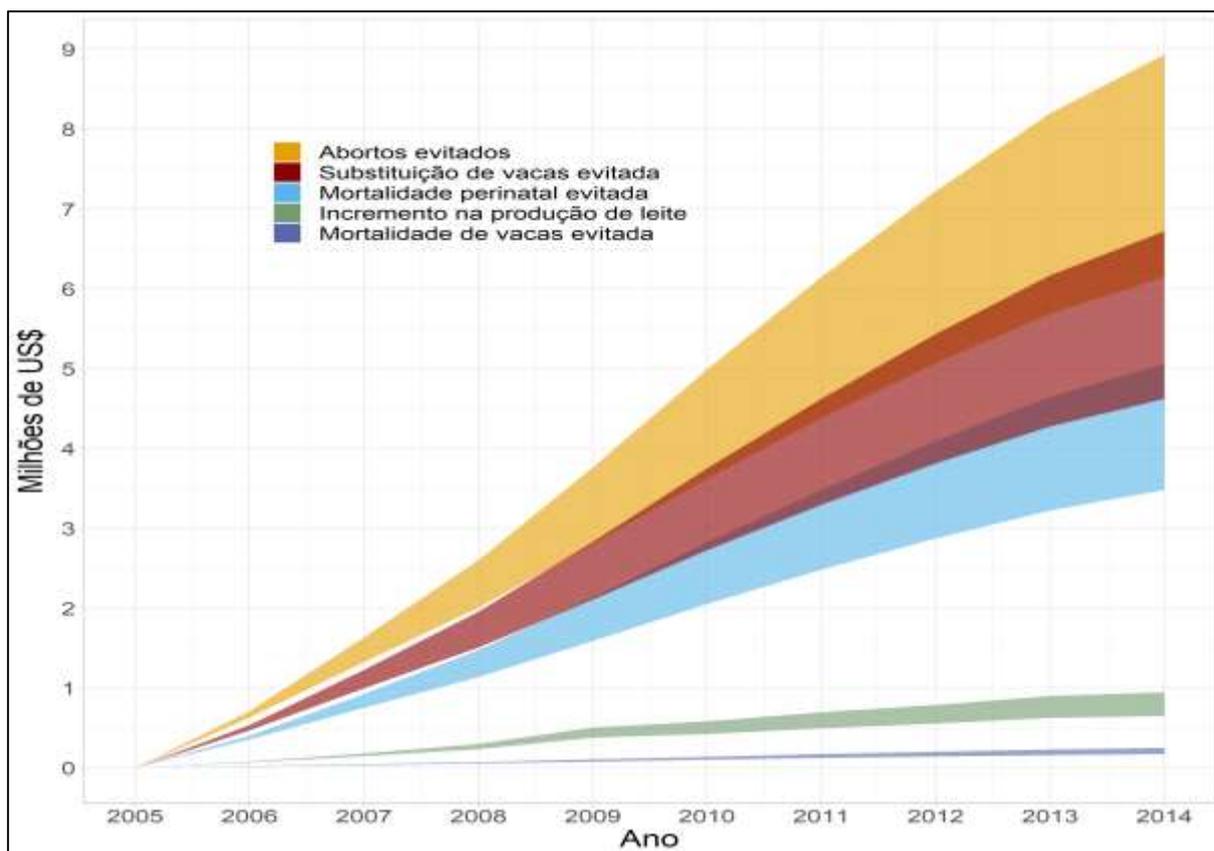


Figura 4: Evolução dos benefícios das ações de controle da brucelose bovina no estado de Rondônia no período de 2004 a 2014.

Tabela 2: Custos estimados para as ações de controle da brucelose bovina no estado de Rondônia no período de 2004 a 2014.

Custos	Número	Valores em US\$
Privado:		
vacinação	10.525.185	27.478.839,69
diagnóstico	1.080.832	4.662.423,30
sub-total		32.141.262,99
Público (custo do SVO)		24.180.165,93
Total		56.321.428,92

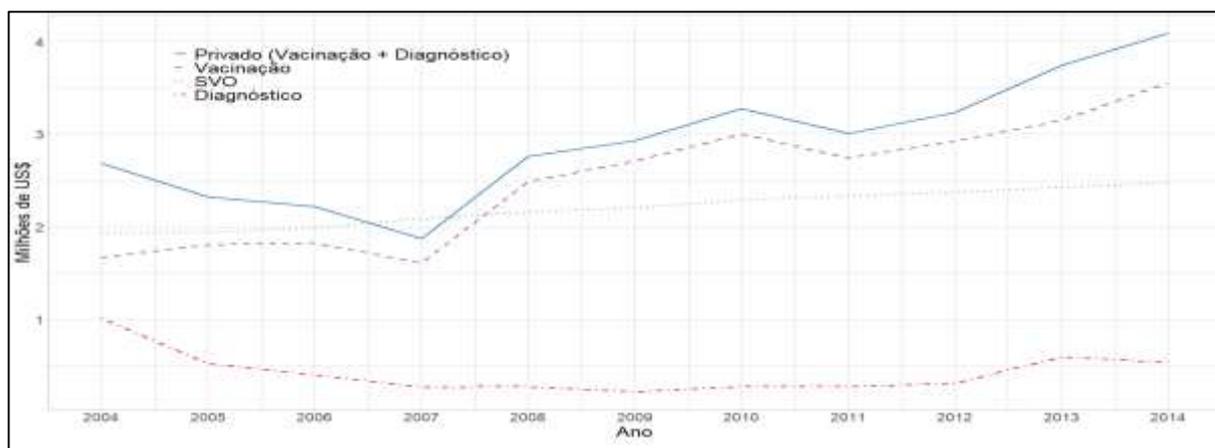


Figura 5: Evolução dos custos das ações de controle da brucelose bovina no estado de Rondônia no período de 2004 a 2014

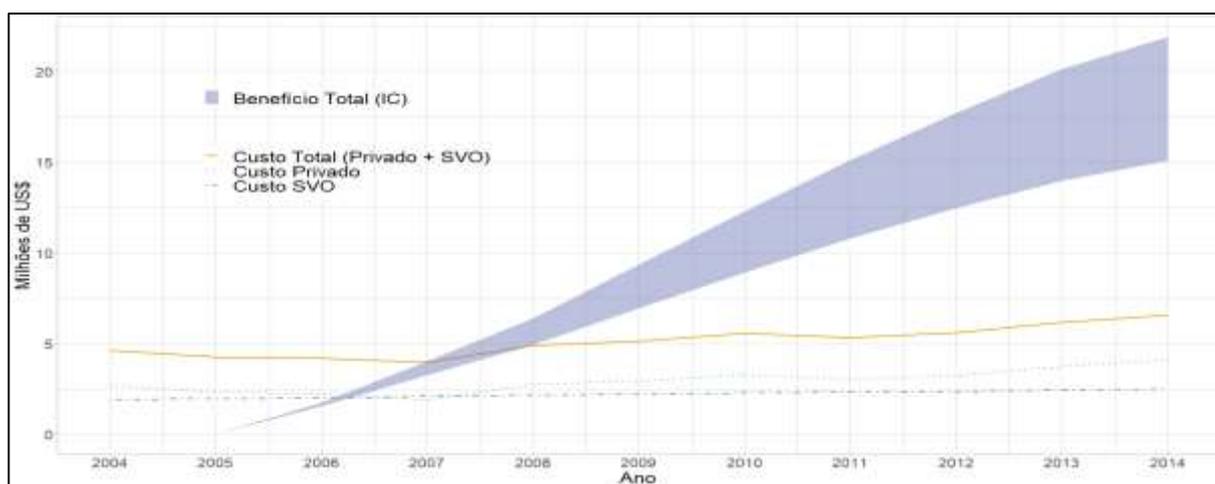


Figura 6: Evolução dos benefícios e dos custos das ações de controle da brucelose bovina no estado de Rondônia no período de 2004 a 2014.

Tabela 3: Indicadores financeiros estimados para as ações de controle da brucelose bovina no estado de Rondônia no período de 2004 a 2014.

Indicadores financeiros	Prevalência	Limite Inferior do IC da prevalência (95%)	Limite Superior do IC da prevalência (95%)
Considerando custos privados e públicos			
Valor Presente Líquido (VPL)	US\$ 18.284.004,73	US\$ 8.165.937,85	US\$ 26.121.661,04
Taxa Interna de Retorno (TIR)	23%	15%	28%
Razão Benefício-Custo (RBC)	1,69	1,38	1,93
Considerando custos privados			
Valor Presente Líquido (VPL)	US\$ 34.894.331,27	US\$ 24.776.264,39	US\$ 42.731.987,58
Taxa Interna de Retorno (TIR)	49%	41%	53%
Razão Benefício-Custo (RBC)	2,96	2,42	3,38

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Quando somados os custos dos setores público e privado, a RBC foi de 1,7 (1,4; 2,0), significando que, em termos monetários, no estado de Rondônia, cada US\$ 1,00 investido nas intervenções de controle da doença gerou um retorno de US\$ 1,7 para a economia e a sociedade rondoniense (Tabela 3). Adicionalmente, estimou-se também a RBC exclusiva para o setor privado, retirando-se os custos do setor público, ou seja, os custos do SVO. Neste caso, para cada US\$ 1,00 investido pelos produtores rurais do estado nas ações de controle da brucelose bovina, houve um retorno de US\$ 3,0 (2,4; 3,4) para o (Tabela 3).

O VPL, neste caso, indicou o valor líquido do retorno do investimento no controle da doença ao final do período analisado. Em valores atualizados para janeiro de 2020, o VPL para o estado foi de US\$ 18,3 (8,2; 26,1) milhões (Tabela 3), o que corresponde a cerca de 0,16% (0,07; 0,23) do PIB do estado do ano de 2014 atualizado (SEPOG, 2014). De maneira análoga ao parágrafo anterior, quando se exclui da análise os custos do setor público, o VPL estimado foi de US\$ 34,9 (24,8; 42,7) milhões (Tabela 3). O VPL traz para o valor presente todos os fluxos de caixa do período analisado, somando-o ao montante inicial e deduzindo-se a taxa de custo do capital. É um indicador que se presta à análise de viabilidade do investimento. Nas duas abordagens, o VPL estimado demonstrou que o investimento gerou ganhos financeiros para a economia e a sociedade do estado, notadamente para os seus produtores rurais, demonstrando a viabilidade financeira do controle da brucelose bovina em Rondônia.

A TIR, quando estimada incluindo-se os setores público e privado foi de 23% (15; 28); quando estimada somente com os custos do setor privado foi de 49% (41; 53) (Tabela 3). Este indicador permite comparar o retorno financeiro alcançado pelo montante de recursos investido no controle da brucelose com o retorno financeiro deste mesmo montante que seria obtido por aplicação segura, por exemplo em títulos da dívida do governo federal. Neste caso, utilizou-se a taxa Selic descontada do IPCA, que representa a taxa básica de juros da economia. Como a TIR, em ambas as abordagens, excedeu a média da taxa básica de juros da economia do país no período de 2004 a 2014 (6,51%), significa que o controle da brucelose bovina em Rondônia se justificou plenamente do ponto de vista financeiro.

A combinação da RBC, do VPL e da TIR demonstrou a viabilidade financeira das ações de controle de brucelose bovina em Rondônia a despeito da estimativa de benefícios ter sido conservadora, pois considerou apenas aspectos de produtividade (benefícios diretos), desconsiderando os indiretos: infecção humana, condenação de carcaças, impacto nos mercados de animais e produtos. Por outro lado, a situação epidemiológica de alta prevalência, que pede estratégias de controle apenas, teve forte impacto no resultado, pois os custos envolveram

somente a vacinação (US\$ 27,5 Milhões), os testes sorológicos para movimentar animais (US\$ 4,7 Milhões) e o SVO (US\$ 24,9 Milhões) (Tabela 2, Figura 5).

Os cenários epidemiológicos da doença modelam as intervenções e tem forte influência na estimativa dos custos. Em cenários de prevalências muito baixas ou de erradicação da doença, quando se intensificam as rotinas de teste e abate de animais reagentes, os custos do programa se elevam em função da maior demanda por compensação dos proprietários para a reposição dos animais.

Fica evidente que, quando considerados apenas os benefícios diretos, os ganhos financeiros são relativamente pequenos em cenários de prevalências muito baixas ou de erradicação da doença. Nestas situações, é essencial a adição dos benefícios indiretos alcançados em termos de aumento da comercialização de animais e de seus produtos e subprodutos em função da melhora da segurança alimentar e acesso a mercados internacionais, da diminuição do risco de infecção de outros animais e de humanos, da ampliação da oferta de alimentos e conseqüente redução da pobreza e da fome, além dos efeitos benéficos no bem-estar animal dentre outros. Bernués e colaboradores (1997) avaliaram o programa de erradicação da brucelose de Huesca, região montanhosa da Espanha, com rebanho de cerca de 4 mil vacas e estratégia de teste e sacrifício com indenização. Em 1981 a prevalência animal alcançava 11,3%, sendo rebaixada para 0,4% em 1993. Os custos da intervenção foram estimados em US\$ 13,2 milhões e os benefícios diretos de US\$ 7,9 milhões, com RBC de 0,59, VPL de US\$ -5,3 milhões e TIR de -6,3%. Importante salientar que apenas os benefícios diretos foram considerados nos cálculos. Verifica-se, portanto, que estratégias de teste e sacrifício em situações de prevalências iniciais altas (11,3%) encarecem o programa, pois o custo de reposição dos animais é muito elevado.

Vale lembrar que a obtenção de dados de produtividade, para o cálculo dos benefícios diretos, é tarefa relativamente simples. Porém dados de boa qualidade para o cálculo dos benefícios indiretos são raros e de difícil estimação. Por exemplo, são raros os países que dispõem de dados confiáveis sobre a infecção em humanos (incidência, custos do tratamento e do afastamento laboral). Este é um desafio que se apresenta para o futuro do Brasil e de vários países que vêm desenvolvendo um bom trabalho no combate à brucelose bovina.

Na literatura científica existem vários estudos relatando a utilização dos indicadores RBC, VPL e TIR para abordar aspectos econômicos dos programas contra brucelose bovina.

No Brasil, para o estado de Mato Grosso, Alves e colaboradores (2015) simularam o custo do rebaixamento da prevalência animal de 10,4% para 2%, utilizando como estratégia a vacinação de 80% das bezerras contra a brucelose todos os anos, durante 24 anos. O VPL

estimado foi de US\$ 1,17 a 1,64 bilhão, sendo que os autores consideraram como custo apenas a vacinação.

Na Índia, Singh e colaboradores. (2018) simularam três diferentes cenários que levariam as prevalências de 9,3 para 2% em bovinos e de 16,4 para 3% em bubalinos após 20 anos da implementação. O cenário que simulou a vacinação anual apenas de bezerras, com taxas de 80% de cobertura vacinal estimou o VPL em US\$ 13,5 (10,3; 16,6) bilhões com uma RBC de 12,9 (10,2; 15,6). Importante lembrar que os efetivos indianos de bovinos e bubalinos são de 191 e 109 milhões de cabeças, respectivamente.

Na Nova Zelândia, Shepherd e colaboradores (1979) estudaram o período de 1966 a 1996, com prevalências iniciais de 5% em bovinos leiteiros e 1,5% em bovinos de corte. Estimaram uma RBC de 1,03 a 1,74 (benefícios de US\$ 545,3 a 692,6 milhões e custos de US\$ 399,0 a 420,7 milhões), um VPL de US\$ 11,2 a 293,6 milhões para taxas de desconto de 10 e 5%, respectivamente, e uma TIR de 10,3%, que cobriria a taxa de retorno geralmente exigida para projetos que envolvessem gastos públicos na Nova Zelândia (10%).

Dietrich e colaboradores (1979) reportaram os resultados de uma análise econômica prospectiva (1977 a 1995) do programa de erradicação da brucelose bovina nos Estados Unidos da América. Em 1975 a prevalência nos animais era de 0,67% e a partir desse cenário os autores simularam várias estratégias, com destaque para diferentes níveis de cobertura vacinal, concluindo que na ausência de programa o prejuízo decorrente da doença foi estimado em 16,8 bilhões de dólares para o período (valor atualizado para 2020 = 63,7 bilhões de dólares), e que todas as intervenções simuladas geraram RBC variando entre 1,97 e 24,02.

Embora esses estudos tenham utilizado diferentes metodologias e tenham sido desenvolvidos em regiões com sistemas de produção e demografia das populações animais distintos, quase que unanimemente mostram que a implementação de programas de combate à brucelose bovina é economicamente vantajosa.

Outra maneira de abordar economicamente os programas de combate à brucelose bovina é a simples estimativa dos prejuízos causados pela doença. São estudos de execução mais simples, pois dependem basicamente de dados de boa qualidade sobre a prevalência, tendo em vista que os indicadores de prejuízos diretos estão relativamente bem assentados pela literatura internacional. Esses estudos têm grande importância, pois sensibilizam os tomadores de decisão para a necessidade de se implementar programas bem estruturados de combate à doença.

Para o Brasil, Santos e colaboradores (2013), tendo como base estudos de prevalência recentemente realizados (Ferreira Neto et. al., 2016), estimaram o total de perdas em US\$ 333,9

milhões. Além disso, os autores calcularam em US\$ 58 milhões as perdas associadas ao incremento de 1% na prevalência no país. Para permitir uma melhor comparação dos resultados, os valores em reais verificados pelos autores acima foram convertidos para dólares utilizando a mesma metodologia do presente estudo.

Para o município brasileiro de Pirassununga, localizado no estado de São Paulo, com população bovina de 17 mil cabeças em 750 propriedades, Homem e colaboradores (2016b) estimaram a perda anual por brucelose em US\$ 87.994,80.

Para a Índia, Singh e colaboradores (2015) estimaram o prejuízo causado pela brucelose em US\$ 3,6 (2,7; 4,8) bilhões por ano, simulando prevalências de 9,3% para um rebanho de 199 milhões de bovinos e de 16,41% para um rebanho de 105 milhões de bubalinos.

Em síntese, o presente estudo demonstrou que as medidas de controle da brucelose bovina no estado de Rondônia, cuja estratégia central foi a vacinação de bezerras, produziu resultados econômicos altamente vantajosos para o setor pecuário e a economia do estado. Entretanto, quando o estado se aproximar da erradicação da doença é recomendável que os estudos econômicos incluam também os benefícios indiretos.

Vale lembrar que as vantagens econômicas decorrentes do combate à brucelose bovina devem ser vistas como um bônus, pois o simples fato de ser uma antropozoonose já justificariam os custos das intervenções.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E.C.; FREITAS, A.A.; PONTUAL, K.A.Q.; SOUZA, M.M.A.; AMAKU, M.; DIAS, R.A.; FERREIRA, F.; TELLES, E.O.; HEINEMANN, M.B.; GONÇALVES, V.S.P.; EVÊNCIO NETO, J.; MARVULO, M.F.V.; GRISI FILHO, J.H.H.; FERREIRA NETO, J.S.; SILVA J.C.R. (2016). – Prevalence and associated risk factors for bovine brucellosis in the state of Pernambuco, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, **37** (5), 3413–3424. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n5Supl2p3413.
- ALVES, A.J.S.; GONÇALVES, V.S.P.; FIGUEIREDO, V.C.F.; LÔBO, J.R.; BAHIENSE, L., AMAKU, M.; FERREIRA, F.; FERREIRA NETO, J.S.; DIAS, R.A. (2009). – Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado da Bahia. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **61** (suppl 1), 6–13. doi:10.1590/S0102-09352009000700002.
- ALVES, A.J.S.; ROCHA, F.; AMAKU, M.; FERREIRA, F.; TELLES, E.O.; GRISI FILHO, J.H.H.; FERREIRA NETO, J.S.; ZYLBERSZTAJN, D.; DIAS R.A. (2015). – Economic analysis of vaccination to control bovine brucellosis in the States of Sao Paulo and Mato Grosso, Brazil. *Preventive Veterinary Medicine*, **118** (4), 351–358. doi:10.1016/j.prevetmed.2014.12.010.
- AMAKU, M.; DIAS, R.A.; FERREIRA NETO, J.S.; FERREIRA, F. (2009). – Modelagem matemática do controle de brucelose bovina por vacinação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **61** (SUPP.1), 135–141. doi:10.1590/S0102-09352009000700017.
- ANZAI, E.K., COSTA, D., SAID, A.L.P.R., GRISI FILHO, J.H.H., AMAKU, M., DIAS, R.A., FERREIRA, F., GALVIS, J.O.A., GONÇALVES, V.S.P., HEINEMANN, M.B., TELLES E.O. & NETO J.S.F. (2016). – An update on the epidemiologic situation of bovine brucellosis in the state of Espírito Santo, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, **37** (5), 3437–3448. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n5Supl2p3437.
- AZEVEDO, S.S.; FERREIRA NETO, J.S., DIAS, R.A.; FERREIRA, F.; AMAKU, M.; FIGUEIREDO, V.C.F.; LÔBO, J.R.; GONÇALVES, V.S.P.; SOUZA, A.C.; VASCONCELLOS, S.A. (2009). – Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado do Espírito Santo. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **61** (SUPP.1), 19–26. doi:10.1590/S0102-09352009000700004.
- BARDDAL, J.E.I.; QUIXABEIRA; SANTOS, J.C.; LOPES, I.F.; FERREIRA NETO, J.S.; FERREIRA, F.; AMAKU, M.; DIAS, R.A.; TELLES, E.O.; GRISI FILHO, J.H.H.; HEINEMANN, M.B.; GONÇALVES, V.S.P.; AGUIAR, D.M. (2016). – Effect of vaccination in lowering the prevalence of bovine brucellosis in the State of Mato Grosso, Brazil. *Semina:*

- Ciências Agrárias*, **37** (5Supl2), 3479. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n5Supl2p3479.
- BAUMGARTEN, K.D.; VELOSO, F.P.; GRISI FILHO, J.H.H.; FERREIRA, F.; AMAKU, M.; DIAS, R.A.; TELLES, E.O.; HEINEMANN, M.B.; GONÇALVES, V.S.P.; FERREIRA NETO, J.S. (2016). – Prevalence and risk factors for bovine brucellosis in the State of Santa Catarina, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, **37** (5Supl2), 3425. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n5Supl2p3425.
- BENNETT, R. (2003). – The 'Direct Costs' of Livestock Disease: The Development of a System of Models for the Analysis of 30 Endemic Livestock Diseases in Great Britain. *Journal of Agricultural Economics*, **54** (1), 55–71. doi:10.1111/j.1477-9552.2003.tb00048.x.
- BERNUÉS, A.; MANRIQUE, E.; MAZA, M.T. (1997). – Economic evaluation of bovine brucellosis and tuberculosis eradication programmes in a mountain area of Spain. *Preventive Veterinary Medicine*, **30** (2), 137–149. doi:10.1016/S0167-5877(96)01103-8.
- BORBA, M.R.; STEVENSON, M.A.; GONÇALVES, V.S.P.; FERREIRA NETO, J.S.; FERREIRA, F.; AMAKU, M.; TELLES, E.O.; SANTANA, S.S.; FERREIRA, J.C.A., LÔBO, J.R.; FIGUEIREDO, V.C.F.; DIAS R.A. (2013). – Prevalence and risk-mapping of bovine brucellosis in Maranhão State, Brazil. *Preventive Veterinary Medicine*, **110** (2), 169–176. doi:10.1016/j.prevetmed.2012.11.013.
- CHATE, S.C.; DIAS, R.A.; AMAKU, M.; FERREIRA, F.; MORAES, G.M.; COSTA NETO, A.A.; MONTEIRO, L.A.R.C.; LÔBO, J.R.; FIGUEIREDO, V.C.F.; GONÇALVES, V.S.P.; FERREIRA NETO J.S. (2009). – Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado do Mato Grosso do Sul. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **61** (SUPP.1), 46–55. doi:10.1590/S0102-09352009000700007.
- CLEMENTINO, I.J.; DIAS, R.A.; AMAKU, M.; FERREIRA, F.; TELLES, E.O.; HEINEMANN, M.B.; GONÇALVES, V.S.P.; GRISI FILHO, J.H.H.; FERREIRA NETO, J.S.; ALVES, C.J.; BATISTA SANTOS, C.D.S.A.; AZEVEDO S.S. (2016). – Epidemiological situation of bovine brucellosis in the state of Paraíba, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, **37** (5), 3403–3412. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n5Supl2p3403.
- DIAS, J.A.; MÜLLER, E.E.; DIAS, R.A.; FREITAS, J.C.; AMAKU, M.; FERREIRA, F.; SILVA, M.C.P.; LÔBO, J.R.; FIGUEIREDO, V.C.F.; GONÇALVES, V.S.P.; FERREIRA NETO, J.S. (2009b). – Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado do Paraná. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **61** (SUPP.1), 66–76. doi:10.1590/S0102-09352009000700009.
- DIAS, R.A.; BELCHIOR, A.P.C.; FERREIRA, R.D.S.; GONÇALVES, R.C.; BARÃO, R.S.C.; SOUSA, P.D.R.; SANTOS, A.M.A.; AMAKU, M.; FERREIRA, F.; TELLES, E.O.; GRISI

- FILHO, J.H.H.; HEINEMANN, M.B.; GONÇALVES, V.S.P.; FERREIRA NETO, J.S. (2016). – Controlling bovine brucellosis in the state of São Paulo, Brazil: Results after ten years of a vaccination program. *Semina: Ciências Agrárias*, **37** (5), 3505–3518. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n5Supl2p3505.
- DIAS, R.A.; GONÇALVES, V.S.P.; FIGUEIREDO, V.C.F.; LÔBO, J.R.; LIMA, Z.M.B.; PAULIN, L.M.S.; GUNNEWIEK, M.F.K.; AMAKU, M.; FERREIRA NETO, J.S.; FERREIRA, F. (2009a). – Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado de São Paulo. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **61** (suppl 1), 118–125. doi:10.1590/S0102-09352009000700015.
- DIETRICH, R.A.; AMOSSON, S.H.; HOPKIN, J.A. (1979). – Epidemiologic and economic analysis of the USA Bovine Brucellosis Program and selected program alternatives via an open ended simulation model. In *Proceedings of the 2nd International symposium on veterinary and economics 1979*. pp 623–632
- FERREIRA NETO, J.S.; SILVEIRA, G.B.; ROSA, B.M.; GONÇALVES, V.S.P.; GRISI FILHO, J.H.H.; AMAKU, M., DIAS, R.A.; FERREIRA, F.; HEINEMANN, M.B.; TELLES, E.O.; LAGE, A.P. (2016). – Analysis of 15 years of the National Program for the Control and Eradication of Animal Brucellosis and Tuberculosis, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, **37** (5Supl2), 3385. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n5Supl2p3385.
- GONÇALVES, V.S.P.; DELPHINO, M.K.V.C.; DIAS, R.A.; FERREIRA, F.; AMAKU, M.; FERREIRA NETO, J.S.; PORTO, T.B.; ALVES, C.M.; FIGUEIREDO, V.C.F.; LÔBO, J.R. (2009a). – Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado de Minas Gerais. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **61** (suppl 1), 35–45. doi:10.1590/S0102-09352009000700006.
- GONÇALVES, V.S.P.; RIBEIRO, L.A.; CALDAS, R.A.; FRANCISCO, P.F.C.; DIAS, R.A.; FERREIRA F.; AMAKU M.; FERREIRA NETO J.S.; FIGUEIREDO V.C.F.; LÔBO, J.R.; BORGES, J.R.J. (2009b). – Situação epidemiológica da brucelose bovina no Distrito Federal. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **61** (SUPP.1), 4–18. doi:10.1590/S0102-09352009000700003.
- HASLER, B.; DELABOUGLISE, A.; BABO MARTINS, S. (2017). – Achieving an optimal allocation of resources for animal health surveillance, intervention and disease mitigation. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*, **36** (1), 57–66. doi:10.20506/rst.36.1.2609.
- HOMEM, V.S.F.; HIGA, Z.M.M.; FERREIRA NETO, J.S. (2016b). – Proposed model to study the economic impact of bovine brucellosis and tuberculosis: Case study of Pirassununga, SP, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, **37** (5Supl2), 3793. doi:10.5433/1679-

0359.2016v37n5Supl2p3793.

- HOMEM, V.S.F.; HEINEMANN, M.B.; HIGA, Z.M.M.; FERREIRA NETO, J.S. (2016a). – Bovine and human brucellosis in the Trans-Amazonian agricultural frontier, Uruará, Pará, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, **37** (5Supl2), 3803. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n5Supl2p3803.
- IMEA – Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária (2017). – Boletim Semanal – Bovinocultura de Corte. Número 451 de 28 de abril de 2017. Available at: <https://www.imea.com.br/imea-site/relatorios-mercado-detalle?c=2&s=809881640863047681> (accessed on 12 October 2020).
- INLAMEA, O. F.; ROCHA, A. B.; FERREIRA, F.; GRISI-FILHO, J. H. H.; HEINEMANN, M. B.; DIAS, R. A.; TELLES, E. O.; GONÇALVES, V. S. P.; AMAKU, M.; FERREIRA NETO, J. S. Effect of vaccination in lowering bovine brucellosis in the state of Rondônia, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 37, n. 5, p. 3493-3506, 2016. Suplemento 2.
- KLEIN-GUNNEWIEK, M.F.C.; AMAKU, M.; DIAS, R.A.; FERREIRA, F.; GITTI, C.B.; PEREIRA, L.A.; FIGUEIREDO, V.C.F.; LOBO, J.R.; GONÇALVES, V.S.P.; FERREIRA NETO, J.S. (2009). – Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado do Rio de Janeiro. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **61** (SUPP.1), 77–84. doi:10.1590/S0102-09352009000700010.
- LEAL FILHO, J.M.; BOTTENE, I.F.N.; MONTEIRO, L.A.R.C.; PELLEGRIN, A.O.; GONÇALVES, V.S.P.; FERREIRA, F.; DIAS, R.A.; AMAKU, M.; TELLES, E.O.; GRISI FILHO, J.H.H.; HEINEMANN, M.B.; FERREIRA NETO, J.S.F. (2016). – Control of bovine brucellosis from 1998 to 2009 in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, **37** (5), 3467–3478. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n5Supl2p3467.
- LEITE, B.M.; LÔBO, J.R.; MENDES RUAS, J.R.; FERREIRA, F.; GEEVERGHESE, C.; LEÃO FREITAS, M.; GONCALVES, V.S.P. (2017). – Economic Analysis of the Policy for Accreditation of Dairy Farms Free of Bovine Brucellosis and Tuberculosis: Challenges for Small and Large Producers in Brazil. *Journal of Agricultural Economics*. doi:10.1111/1477-9552.12227.
- MARVULO, M.F.V.; FERREIRA, F.; DIAS, R.A., AMAKU, M.; GROFF, A.C.M.; GONÇALVES, V.S.P.; FIGUEIREDO, V.C.F.; LÔBO, J.R.; FERREIRA NETO, J.S. (2009). – Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado do Rio Grande do Sul. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **61** (suppl 1), 93–102. doi:10.1590/S0102-09352009000700012.
- MCDERMOTT, J.J.; GRACE, D., ZINSSTAG, J. (2013). – Economics of brucellosis impact and

- control in low-income countries. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*, **32** (1), 249–261. doi:10.20506/rst.32.1.2197.
- NEGREIROS, R.L.; DIAS, R.A.; FERREIRA, F.; FERREIRA NETO, J.S.; GONÇALVES, V.S.P.; SILVA, M.C.P.; FIGUEIREDO, V.C.F.; LÔBO, J.R.; FREITAS, J.; AMAKU, M. (2009). – Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado de Mato Grosso. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **61** (suppl 1), 56–65. doi:10.1590/S0102-09352009000700008.
- OGATA, R.A.; GONÇALVES, V.S.P.; FIGUEIREDO, V.C.F.; LÔBO, J.R.; RODRIGUES, A.L.; AMAKU, M.; FERREIRA, F. FERREIRA NETO, J.S.; DIAS, R.A. (2009). – Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado do Tocantins. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **61** (SUPP.1), 126–134. doi:10.1590/S0102-09352009000700016.
- POESTER, F.; FIGUEIREDO, V.C.F.; LÔBO, J.R.; GONÇALVES, V.S.P.; LAGE, A.P.; ROXO, E.; MOTA, P.M.P.C.; MÜLLER, E.E.; FERREIRA NETO J.S. (2009). – Estudos de prevalência da brucelose bovina no âmbito do Programa Nacional de Controle e Erradicação de Brucelose e Tuberculose: Introdução. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **61** (suppl 1), 01–05. doi:10.1590/S0102-09352009000700001.
- POESTER, F.P.; GONÇALVES, V.S.P.; LAGE A.P. (2002). – Brucellosis in Brazil. *Veterinary Microbiology*, **90** (1–4), 55–62. doi:10.1016/S0378-1135(02)00245-6.
- PRADERE, J.P. (2017). – Impacts des programmes de santé animale sur la réduction de la pauvreté et le développement durable de l'élevage. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*, **36** (1), 175–184 & 185–193. doi:10.20506/rst.36.1.2620.
- RICH, K.M.; PERRY B.D. (2011). – The economic and poverty impacts of animal diseases in developing countries: New roles, new demands for economics and epidemiology. *Preventive Veterinary Medicine*, **101** (3–4), 133–147. doi:10.1016/j.prevetmed.2010.08.002.
- ROCHA, W. V., GONÇALVES, V.S.P., COELHO, C.G.N.F.L., BRITO, W.M.E.D., DIAS, R.A., DELPHINO, M.K.V.C., FERREIRA, F., AMAKU, M.; FERREIRA NETO, J.S.; FIGUEIREDO, V.C.F.; LÔBO, J.R.; BRITO, L.A.B. (2009). – Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado de Goiás. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **61** (SUPP.1), 27–34. doi:10.1590/S0102-09352009000700005.
- RUSHTON, J. (2017). – Introduction : Can economics be better used in animal health? *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*, **36** (1), 17–33. doi:10.20506/rst.36.1.2606.
- SANTOS, R.L.; MARTINS, T.M.; BORGES, A.M.; PAIXÃO, T.A. (2013). – Economic losses due to bovine brucellosis in Brazil. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, **33** (6), 759–764. doi:10.1590/S0100-736X2013000600012.

- SEPOG - Secretaria de Estado do Planejamento, Orçamento e Gestão – Governo do Estado de Rondônia. Produto Interno Bruto do Estado de Rondônia 2014. Disponível em http://www.sepog.ro.gov.br/Uploads/Arquivos/PDF/GODR/Produto%20Interno%20Bruto-%20Rondônia%202014_%20Nova%20Base_%20doc.pdf, acessado em 28/11/2021
- SHEPHERD, A.A.; SIMPSON, B.H.; DAVIDSON, R.M. (1979). – An Economic Evaluation of the New Zealand Bovine Brucellosis Eradication Scheme. . In *Proceedings of the 2nd International symposium on veterinary and economics 1979*. pp 443–447
- SIKUSAWA, S.; AMAKU, M.; DIAS, R.A.; FERREIRA NETO, J.S.; MARTINS, C.; GONÇALVES, V.S.P.; FIGUEIREDO, V.C.F.; LÔBO, J.R.; FERREIRA, F. (2009). – Situação epidemiológica da brucelose bovina no estado de Santa Catarina. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **61** (SUPP.1), 103–108. doi:10.1590/S0102-09352009000700013.
- SILVA, N.D.S.; GROFF, A.C.M.; VIDOR, A.C.M.; GRISI FILHO, J.H.H.; HEINEMANN, M.B.; DIAS, R.A.; TELLES, E.O.; GONÇALVES, V.S.P.; AMAKU, M.; FERREIRA, F.; FERREIRA NETO J.S. (2016). – Epidemiological situation of bovine brucellosis after implementation of a vaccination program in Rio Grande do Sul State, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, **37** (5), 3519–3530. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n5Supl2p3519.
- SILVA, V.G.S.O.; DIAS, R.A.; FERREIRA, F.; AMAKU, M.; COSTA, E.L.S.; LÔBO, J.R.; FIGUEIREDO, V.C.F.; GONÇALVES, V.S.P.; FERREIRA NETO, J.S. (2009). – Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado de Sergipe. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **61** (suppl 1), 109–117. doi:10.1590/S0102-09352009000700014.
- SINGH, B.B.; DHAND, N.K.; GILL, J.P.S. (2015). – Economic losses occurring due to brucellosis in Indian livestock populations. *Preventive Veterinary Medicine*, **119** (3–4), 211–215. doi:10.1016/j.prevetmed.2015.03.013.
- SINGH, B.B.; KOSTOULAS, P.; GILL, J.P.S.; DHAND, N.K. (2018). – Cost-benefit analysis of intervention policies for prevention and control of brucellosis in India. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, **12** (5), e0006488. doi:10.1371/journal.pntd.0006488.
- TISDELL, C.A. ; ADAMSON, D. (2017). – The importance of fixed costs in animal health systems. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*, **36** (1), 49–56. doi:10.20506/rst.36.1.2608.
- VILLAR, K.S.; AMAKU, M.; DIAS, R.A.; FERREIRA NETO, J.S.; BENITEZ, F.; GONÇALVES, V.S.P.; FIGUEIREDO, V.C.F.; LÔBO, J.R.; FERREIRA, F. Epidemiological situation of bovine brucellosis in the State of Rondônia, Brazil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.61, supl. 1, p.85-92, 2009.