ROSELY BIANCA DOS SANTOS KURODA

Avaliação da dinâmica do efetivo bovino no Estado do Mato Grosso e seu impacto no controle da brucelose bovina

São Paulo
2012

ROSELY BIANCA DOS SANTOS KURODA

Avaliação da dinâmica do efetivo bovino no Estado do Mato Grosso e seu impacto no controle da brucelose bovina

Tese 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 Doutor em Ciências

Departamento:
Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal

Área de concentração:
Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses

Orientador:
Prof. Dr. Fernando Ferreira

São Paulo
2012

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

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

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

T.2612
FMVZ

Kuroda, Rosely Bianca dos Santos

Avaliação da dinâmica do efetivo bovino no Estado do Mato Grosso e seu impacto no controle da brucelose bovina / Rosely Bianca dos Santos Kuroda. -- 2012.

66 f. : il.

Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal, São Paulo, 2012.

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

Área de concentração: Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Ferreira.

1. Brucelose. 2. Bovino. 3. Cobertura vacinal. 4. Mato Grosso. 5. Simulação. I. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

Comissão de Ética no uso de animais

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Avaliação da dinâmica do efeito bovino no Estado do Mato Grosso e seu impacto no controle da brucelose bovina", protocolado sob o nº 2164/2011, não utilizando animais, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Fernando Ferreira, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da "Comissão de Ética no uso de animais" da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e foi aprovado em reunião de 4/5/2011.

We certify that the Research "Evaluation of the dynamics of the bovine cattle in the State of the Mato Grosso and its impact in the control of bovine brucellosis", protocol number 2164/2011, not using animals, under the responsibility Prof. Dr. Fernando Ferreira, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by "Ethic Committee in the use of animals" of the School of Veterinary Medicine and Animal Science of University of São Paulo and was approved in the meeting of day 5/4/2011.

São Paulo, 17 de maio de 2011.

Denise Tabacchi Fantoni
Presidente

Av. Prof. Dr. Orlando Marques de Paiva, nº87
Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"
São Paulo/SP – Brasil
05508-270

Fone: + 55 11 3091-7671/7676
Fax: +55 11 3032-2224 / 3091-7757
E-mail: fmvz@usp.br
http://www.fmvz.usp.br

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: KURODA, Rosely Bianca dos Santos

Título: Avaliação da dinâmica do efetivo bovino no Estado do Mato Grosso e seu impacto no controle da brucelose bovina

Tese 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 Doutor em Ciências

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr._____

Instituição: _____Julgamento: _____

Prof. Dr._____

Instituição: _____Julgamento: _____

Prof. Dr._____

Instituição: _____Julgamento: _____

Prof. Dr._____

Instituição: _____Julgamento: _____

Prof. Dr._____

Instituição: _____Julgamento: _____

"Pedras no caminho?
Guardo todas, um dia vou construir um castelo…"
(Fernando Pessoa)

DEDICATÓRIA

À minha **família**, tanto de origem quanto a constituída, que são o meu porto seguro, aonde eu sempre encontro palavras de carinho, reconhecimento, amor e respeito.

In memorian: Vovó **Maria Baía**, **Cacilda** (Caci) e Titia **Lúcia**, eu as perdi fisicamente durante este caminho, mas sei que sem vocês eu jamais seria o que sou hoje.

AGRADECIMENTOS

Á **Deus**, por ser a Entidade que rege a minha vida e tudo a minha volta. Obrigada Senhor por permitires a realização deste sonho nunca esquecido, um sonho difícil, mas que com a Tua ajuda será verdade.

À Mamãe **Raimunda Santos**, que sempre rezou pedindo melhores momentos para minha vida, que sacrificou, por inúmeras vezes, os seus desejos para que os nossos fossem atendidos. Obrigada mamãe, te amo demais.

In memorian: Vovó **Maria Baía**, **Cacilda** (Caci) e Titia **Lúcia**, hoje eu supero a tristeza pensando que vocês estão alegrando o outro plano, recebam a minha eterna gratidão e fiquem com Deus.

Ao meu grande companheiro **Fabio Tavares** que incondicionalmente segurou a minha mão para não me deixar ceder às adversidades. Aos meus filhos **Luis Felipe** e **Júlio César** que caminham lado a lado comigo na jornada da vida, obrigada pelo carinho, pelo amor e, principalmente, pela paciência de vocês. Obrigada por toda a dedicação e por sempre fazer o meu dia mais feliz. Obrigada por me mostrarem a cada dia que meu coração suporta um amor maior. Amo vocês de montão bem grandão!

Aos meus irmãos **Beto** e **Sérgio Guilherme**, e à minha cunhada **Cristiane** (**Taty**), que, apesar da distância, são meus companheiros e eu sei que vocês torcem por mim, a nossa amizade, o nosso carinho e o nosso amor são simplesmente inabaláveis. Aos meus sobrinhos **Laryssa**, **Gabriel** e **Adriel**, pessoinhas amadas com quem quase não pude conviver, saibam que a intensidade do meu amor acompanha o crescimento de vocês.

Ao meu irmão **Márcio Rodrigo**, à minha cunhada **Simone** e às minhas sobrinhas **Eduarda** e **Fernanda**, obrigada pelo carinho e pela preocupação com as 'letras' que embaralharam a minha vida. Sempre me admiro quando penso no amor que nos uniu porque ela parece crescer, a despeito de qualquer coisa que possa nos afastar.

Aos **amigos da graduação** (FCAP/PA), da **residência** e do **mestrado** (FMVZ/UNESP-Botucatu) o meu agradecimento por auxiliarem a consolidar os degraus que me trouxeram ao doutorado.

Ao Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal (**VPS**) da **FMVZ USP** pela oportunidade de fazer pós graduação e apoio à minha vida acadêmica.

Ao meu orientador Prof. Dr. **Fernando Ferreira** o meu agradecimento e a minha crescente admiração profissional. Obrigada porque, mesmo sem me conhecer, aceitou me acompanhar neste processo de crescimento profissional.

Ao professor Dr. **Ricardo Augusto Dias** eu agradeço os ensinamentos constantes, o convívio, os conselhos sempre oportunos e principalmente a amizade consolidada. Não tenho como esconder a admiração pelo seu trabalho e pela sua pessoa, muito obrigada por tudo.

Ao professor Dr. **Marcos Amaku** o meu agradecimento pelo convívio, por todo o aprendizado e pelo prazer de ter sido sua aluna.

Ao Professor Dr. **José Soares Ferreira Neto** e à Dra. **Valéria Stacchini Ferreira Homem**, meus agradecimentos pela disposição, por seus questionamentos e contribuições na etapa da qualificação.

A minha irmãmiga Profa. Dra. **Carla C. G. de Moraes**, que nunca esteve distante apesar de toda a distância que separa a matéria, mas nunca o espírito. Amiga que SEMPRE acreditou em mim e NUNCA me deixou perder a fé. Te amo por isso e por muito mais.

Á **Cristiane Ogata** e **Cinthia Kagiyama** minhas amigas escudeiras, guerreiras e muitíssimo companheiras. Obrigada por todo o suporte e risadas que por inúmeras vezes me aliviaram a tensão; e obrigada por compreenderem as minhas ausências. Eu amo vocês demais.

Ao meu querido **Cláudio Dias Lorenz** que esteve presente em todos os momentos finais deste processo, auxiliando com suas palavras e toda a sua atenção, muito obrigada por ser um amigo que não necessita de muito gesto e a simples presença conforta. Te adoro *muitão* de bastante.

À Família Tavares, nas pessoas de **Celso**, **Marinalva** e **César** obrigada por compreenderem as minhas ausências e também por todo o convívio familiar.

Á **Marlúcia**, **Litão e** a toda a sua linda **família** pelo apoio e pelo cuidado com as minhas jóias mais que preciosas durante quase todo este processo.

Às amigas **Vanessa Salgado**, **Sheila Silva** e **Iracema Barros** que sempre, sempre e por todo o sempre estiveram ao meu lado, estudando, rezando e acima de tudo acreditando que tudo daria certo. Todo o incentivo de vocês me deu forças para acreditar que seria possível começar o que hoje estou concluindo.

Sou profundamente grata à Dra. **Rísia Lopes Negreiros** bem como ao Msc **João Marcelo B. Néspoli** pela indescritível solidariedade e afeto inestimável que se traduziram sempre em estímulo e respostas entusiasmadas, pela valiosa parceria que culminaram com a concepção deste projeto e principalmente pela disposição e pelas sugestões que hoje se materializam neste trabalho.

Ao **INDEA/MT** pela confiança em disponibilizar valiosas informações guardadas em seu banco de dados, sem o qual este trabalho seria inviável.

Ao meu querido amigo e parceiro **Raul Ossada**, pela paciência, pelos ensinamentos '*Jedi*', por toda valiosa contribuição e por me mostrar que sou capaz de sair da corrida de ratos.

Às amigas **Ana Júlia**, **Vanessa Feijó e Aline Guilloux** pelo companheirismo nas horas difíceis, pelo convívio alegre e por toda a torcida. Vocês sempre me mostraram que na vida a gente não precisa de certas pessoas, precisamos apenas encontrar as pessoas certas. Jamais esquecerei o quanto amo vocês.

Á **toda equipe de pós-graduandos e funcionário** do Laboratório de Epidemiologia e Bioestatística (**LEB**) e à **Jucélia Pereira** por todo o apoio em todas as fases do projeto, pelo convívio, pelo lazer, pelas bobagens que me fizeram rir mesmo quando eu queria chorar e também por acrescentarem em mim um pouco de vocês, muito obrigada por tudo mesmo.

À **Anna Fagre** que, de maneira muito gentil e carinhosa, superou o cansaço para auxiliar nas correções do abstract, thank you dear.

Ao **Danival**, **Virginia**, **Cristina** e **Tânia** que foram pessoas que secretariaram e direcionaram os meus dias para momentos mais felizes. Obrigada pelo seu empenho e dedicação.

Aos **Professores do VPS** que em algum momento desta trajetória me ofereceram a oportunidade de compartilhar os seus ensinamentos, aqui deixo registrada a minha admiração tanto pessoal, quanto profissional.

Aos professores e companheiros da **Faculdade de Saúde Pública** da USP que me acolheram e me acompanharam em um processo de empoderamento da promoção da saúde, o meu agradecimento pelo convívio sempre harmônico.

Aos demais **pós-graduandos e funcionários do VPS** com quem eu vivi momentos inesquecíveis nestes anos de convívio, fossem nas festas ou nas coisas do dia a dia. A amizade construída foi uma parte muito especial da minha vida e sempre vou agradecer por isso e também por vocês existirem.

À **secretaria de pós-graduação** da FMVZ-USP que sempre esteve de portas abertas para elucidar as dúvidas e solucionar os problemas que surgiram nesta caminhada acadêmica.

Às bibliotecárias **Elza** Faquim e **Neusa** Habe pelo excelente trabalho de formatação e considerações feitas á tese, sempre com muito carinho e atenção.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**CAPES**) pela concessão da bolsa de doutorado.

À **todos** que por aqueles que ajudaram, direta ou indiretamente na construção deste trabalho, mas que por desatenção não tiveram seus nomes aqui registrados.

RESUMO

KURODA, R. B. S. **Avaliação da dinâmica do efetivo bovino no Estado do Mato Grosso e seu impacto no controle da brucelose bovina.** [Evaluation of the dynamics of the bovine herd in the Mato Grosso State and its impact in the control of bovine brucellosis]. 2012. 66 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

A brucelose bovina, causada principalmente pela *Brucella abortus* (B. abortus), é uma enfermidade infectocontagiosa responsável por perdas reprodutivas e que possui implicações com a saúde pública. O estado de Mato Grosso é um dos estados brasileiros mais importantes da pecuária nacional, sendo também o estado que apresenta a mais alta prevalência de brucelose bovina em nível nacional. Este estudo teve por objetivo propor um método para cálculo de cobertura vacinal contra brucelose bovina, de modo que fosse possível avaliar o impacto da vacinação sobre a dinâmica da enfermidade na população bovina existente no estado de Mato Grosso a partir da análise de informações registradas junto ao Instituto de Defesa Agropecuária do Mato Grosso – INDEA/MT referentes aos exercícios de 2006-2010. Observou-se que em torno de 30% do total de fêmeas pertencem aos grupos etários em idade vacinal e que 47,18% do rebanho estadual foi vacinado durante os meses em que ocorreu a vacinação contra febre aftosa, demonstrando uma possível associação entre os procedimentos, que pode ser justificada pela economia e a maior praticidade de se manejar o rebanho uma única vez para se realizar as duas imunizações. O cálculo das vacináveis foi realizado com base na aproximação proporcional do efetivo de fêmeas considerando para cada grupo etário o intervalo da janela vacinal de seis meses. A taxa de cobertura vacinal foi estimada com base em método que considera a evolução de coortes de fêmeas nascidas ao longo de um ano. A obtenção das taxas reais de mortalidade e natalidade possibilitou a realização de novas simulações de modo a avaliar o real impacto dessa estratégia na redução da prevalência de brucelose bovina. Os resultados obtidos com base neste cálculo fornecem a melhor estimativa possível com base nos dados atualmente disponíveis na maioria dos estados. Conclui-se que é necessária uma padronização nacional na forma de cálculo de cobertura vacinal, que o estado do Mato Grosso manteve-se com níveis acima de 80% de cobertura vacinal entre os

anos de 2006 a 2010 e considerando-se as taxas de natalidade e mortalidade reais e a perspectiva de manutenção deste nível de cobertura vacinal, estima-se demoraria um pouco mais de dez anos para reduzir em 50% a proporção de fêmeas positivas da população inicial e em torno de duas décadas para reduzir a prevalência ao nível de 2%. Vale ressaltar que este modelo considerou apenas o efeito da estratégia de vacinação, desconsiderando outros pontos de ação do programa como, por exemplo, a certificação de propriedades livres e o controle da movimentação animal no Estado, fatores estes que poderiam auxiliar na aceleração do processo de redução da prevalência no estado.

Palavras-chave: Brucelose. Bovino. Cobertura vacinal. Mato Grosso. Simulação.

ABSTRACT

KURODA, R. B. S. **Evaluation of the dynamics of the bovine herd in the Mato Grosso State and its impact in the control of bovine brucellosis.** [Avaliação da dinâmica do efetivo bovino no Estado do Mato Grosso e seu impacto no controle da brucelose bovina]. 2012. 66 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

Bovine brucellosis, mainly caused by Brucella abortus (b. abortus), is an infectious disease responsible for reproductive losses and with public health implications. The State of Mato Grosso is one of the most important Brazilian states on livestock farming, as it is also the state that has the highest prevalence of bovine brucellosis in the nation. This study aimed to propose a vaccination coverage calculation method against bovine brucellosis, so that it is possible to evaluate the impact of vaccination on the disease dynamics within the bovine population existing in the State of Mato Grosso from the analysis of information recorded by the Institute of Agricultural Defense of Mato Grosso-INDEA/MT for the years 2006-2010. It was observed that around 30% of the total females belong to vaccination age groups and 47.18% of the State herd was vaccinated during the months in which foot-and-mouth disease vaccination occurred, demonstrating a possible association between the procedures, which can be justified economically and by the convenience of managing the herd only once to perform the two immunizations. The number of animals belonging to each vaccinated age group was calculated proportionally, considering a vaccination window of six months for each age group. The vaccination coverage rate was estimated using a method that considers the evolution of female cohorts born over the course of a year. Obtaining the actual birth and death rates led to the creation of new simulations in order to assess the actual impact of this strategy in the reduction of the prevalence of bovine brucellosis. The results obtained using this calculation provide the best possible estimate based on the data currently available in most states. It is concluded that national standardization is required in the form of vaccination coverage calculation and that the State of Mato Grosso remained with levels above 80% vaccination coverage from 2006 to 2010. Additionally, considering the actual birth and death rates and the prospect of maintaining this level of

vaccination coverage, it is estimated that it would take slightly longer than ten years to reduce the proportion of the population initially positive for brucellosis by 50% and approximately twenty years to reduce the prevalence of the disease to 2%. It is worth mentioning that this model considers only the vaccination strategy, disregarding other programs such as the certification of brucellosis free herds and the control of animal movement in the state. These factors could also assist in the acceleration of the reduction of brucellosis prevalence in the state.

Keywords: Brucellosis. Bovine. Vaccination coverage. Mato Grosso. Simulation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Efetivo de fêmeas bovinas e bubalinas existentes, em 31 de dezembro, nos rebanhos do estado de Mato Grosso durante os anos de 2006 a 2010 44

Tabela 2 - Número e percentual de fêmeas vacinadas contra brucelose bovina no estado de Mato Grosso, mês a mês, entre os anos de 2006 e 2010 45

Tabela 3 - Número de fêmeas, bovinas e bubalinas, vacináveis, número de fêmeas que foram vacinadas e cobertura vacinal contra brucelose bovina no Estado de Mato Grosso, durante os anos de 2006 a 2010 46

Tabela 4 - Valores de taxas finitas e instantâneas de crescimento, natalidade e mortalidade e estimativa de expectativa de vida entre os anos de 2006 a 2010 no rebanho bovino do Estado de Mato Grosso. 59

LISTA DE ILUSTRAÇOES

Figura 1 - Representação da coorte hipotética de nascimentos e acompanhamento vacinal do no período de 36 meses 41

Gráfico 1 - Cenário da pecuária bovina, quanto a faixa etária, ao último dia de cada ano, no período de 2006-2010 no Estado de Mato Grosso, de acordo com os dados fornecidos pelo INDEA/MT 43

Figura 2 - Diagrama ilustrativo de compartimentos da dinâmica da brucelose em rebanhos de fêmeas bovinas desenvolvido por AMAKU et al. (2009) 57

Gráfico 2- Simulação da evolução da prevalência de brucelose em fêmeas de bovinos considerando cobertura vacinal de 82% 60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....25

2 OBJETIVOS.....31

Capitulo 1-Método para determinação da cobertura vacinal para brucelose bovina.....33

3 **INTRODUÇÃO.....33**

4 **OBJETIVOS.....35**

5 **MATERIAL E MÉTODOS.....37**

5.1 ÁREA DE ESTUDO.....37

5.2 POPULAÇÃO DE ESTUDO.....37

5.3 COBERTURA VACINAL.....37

6 **RESULTADOS.....43**

6.1 POPULAÇÃO ESTUDADA.....43

7 **DISCUSSÃO.....47**

Capitulo 2- Avaliação do impacto da vacinação no controle da brucelose bovina no estado do Mato Grosso.....49

8 INTRODUÇÃO.....49

9 OBJETIVOS.....51

10 MATERIAL E MÉTODOS.....53

10.1 POPULAÇÃO DE ESTUDO.....53

10.2 TAXAS DE NATALIDADE E MORTALIDADE.....53

11 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....59

12 CONCLUSÕES GERAIS.....63

REFERENCIA.....65

1 INTRODUÇÃO

A brucelose bovina é uma enfermidade de caráter infeccioso, de ocorrência cosmopolita, causada principalmente pela infecção por *Brucella abortus (B. abortus)*, uma bactéria considerada, pelos principais órgãos de saúde, como um agente etiológico que possui implicações com a saúde pública e determina importante depreciação econômica, principalmente em virtude das perdas reprodutivas consequentes ao abortamento e a diminuição na produção leiteira. A necessidade de preservação da saúde humana e a preocupação em reduzir os prejuízos econômicos no setor pecuário fez com que, desde 1896, diversos países desenvolvessem programas para combate a esta enfermidade (ALTON; JONES; PIETZ, 1976; NIELSEN; DUNCAN, 1990; POESTER; GONÇALVES; LAGE, 2002; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003)**.**

O controle de doenças transmissíveis tem nos programas de imunização e vigilância epidemiológica dois componentes fundamentais e em se tratando da brucelose bovina, a vacinação constitui uma importante medida profilática e vem sendo usada juntamente com a identificação e eliminação de animais reagentes, com êxito, na estruturação de programas de controle e erradicação em diversos países. Por outro lado, a doença continua representando um problema, principalmente, nos países em desenvolvimento (PAULIN; FERREIRA NETO, 2003).

No Brasil, a brucelose em bovinos é conhecida desde 1922 (MELLO, 1950) e desde a década de 50 diversos inquéritos sorológicos foram realizados para o diagnóstico da situação da brucelose bovina no Brasil, sendo que em 1975 o Ministério da Agricultura realizou o primeiro inquérito sorológico nacional, tendo sido observada na ocasião uma frequência de animais positivos de 6,25% no Estado de Mato Grosso, enquanto que o Estado do Rio Grande do Sul apresentou a menor frequência de positivos, tendo sido observada uma prevalência de 2,0%, a qual foi reduzida para 0,3% após o Estado instituir um programa próprio, baseado em campanha de vacinação, para controle da enfermidade (PAULIN; FERREIRA NETO, 2003; BRASIL, 2006).

A portaria ministerial 23/76, de 20 de janeiro de 1976 era o instrumento legal de regulamentação do controle da brucelose e era baseada na profilaxia de bezerras de três a oito meses, notificação de focos e eliminação de animais positivos aos testes diagnósticos, porém a não obrigatoriedade destas medidas fez com que elas não alcançassem a eficácia esperada (PAULIN; FERREIRA NETO, 2003; BRASIL, 2006).

Com a finalidade de conhecer a atual situação dos seus rebanhos, em relação a brucelose e a tuberculose bovina, diversos Estados brasileiros realizaram um estudo epidemiológico no qual as respostas obtidas pudessem auxiliar na adequação das medidas de controle destas enfermidades à realidade de cada região além de gerar mecanismos capazes de verificar a efetividade das ações implementadas em cada Estado (POESTER et al., 2009).

Em 2001, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da Instrução normativa nº 2, de 10 de Janeiro de 2001, aprovou o Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose (PNCEBT) com o intuito de melhorar a eficácia das medidas de controle dessas duas doenças e promover a qualidade dos produtos de origem animal oferecidos ao consumidor (BRASIL, 2006).

Através da Portaria SDA nº 10, de 07 de março de 2003 foi instituído o Comitê Científico Consultivo sobre Brucelose e Tuberculose (CCBT) que possui como uma de suas atribuições elaborar propostas que visem a melhoria do sistema de controle da brucelose e tuberculose no país. Assim, foi criado então o Regulamento Técnico do Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose Animal, aprovado pela Instrução Normativa nº 6, de 08 de Janeiro de 2004 (BRASIL, 2009).

Os objetivos específicos do PNCEBT consistem em reduzir a prevalência e a incidência de novos focos de brucelose e de tuberculose, além de criar um número elevado de propriedades certificadas ou monitoradas capazes de fornecer produtos de baixo risco sanitário à população (BRASIL, 2006).

A estratégia do PNCEBT é baseada em um conjunto de medidas sanitárias compulsórias, as quais devem ser complementadas por medidas de adesão

voluntária, que objetivam proteger a saúde pública e fundamentar ações futuras de erradicação destas enfermidades, não pode ser considerado como um programa de responsabilidade apenas do setor governamental, mas um projeto que envolve, na sua execução, diversos atores sociais (BRASIL, 2006).

Em razão da alta prevalência da brucelose nos rebanhos do território nacional, o PNCEBT adotou a obrigatoriedade de imunização das fêmeas, de três a oito meses de idade, com a vacina B-19 como ação prioritária, por se tratar de uma medida compulsória de eficácia comprovada pelos programas desenvolvidos pelos Estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul. Logo, a vacinação consiste em uma das principais estratégias de controle da doença empregadas pelo programa, uma vez que é um instrumento capaz de reduzir a prevalência da enfermidade nos rebanhos a níveis inferiores a 2%, quando se mantém uma taxa de cobertura vacinal igual ou superior a 80% permitindo, desse modo, ações sanitárias compatíveis com programas de erradicação (PAULIN; FERREIRA NETO, 2003; BRASIL, 2006; POESTER et al., 2009).

A diversidade existente entre os estados pôde ser verificada no estudo de caracterização epidemiológica realizado pelas Unidades Federativas (UF's), o qual foi viabilizado devido a criação de um termo de cooperação técnica entre o MAPA e a Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, contando também com a participação da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília e dos Serviços Estaduais de Defesa Sanitária Animal (FERREIRA NETO, 2009). Porém o PNCEBT foi estruturado como um programa capaz de agregar a heterogeneidade existente entre os estados brasileiros às características exigidas pelos organismos internacionais (POESTER et al., 2009).

Os levantamentos estaduais foram realizados a partir da adesão voluntária de cada UF e o estado de Mato Grosso (MT) foi uma das unidades federativas participantes do levantamento soroepidemiológico e é considerado o maior estado produtor da pecuária brasileira, ocupando o primeiro lugar no ranking nacional em relação ao tamanho do rebanho (IBGE, 2009; POESTER et al., 2009). Na ocasião do levantamento foram observadas prevalências de focos e de animais infectados de 41,2% [38,0–44,4%] e 10,2% [7,4–13,1%], respectivamente, no estado de MT

correspondendo a maior prevalência encontrada entre todas as UF's estudadas. O levantamento ainda permitiu observar que a brucelose está homogeneamente distribuída e em frequência elevada no Estado sendo sugerido pelos autores uma intensificação da vacinação de fêmeas para todo o território estadual (NEGREIROS et al., 2009).

Em cumprimento a Portaria conjunta SEDER/ INDEA - MT Nº 010/ 2008, de 30 de Junho de 2008, a vacinação contra brucelose bovina no estado de Mato Grosso acontece em duas etapas anuais, a primeira compreende o período de 1º de janeiro a 30 de junho e a segunda de 1º de julho a 31 de dezembro (MATO GROSSO, 2008).

Atualmente, em virtude da inexistência de um cadastro oficial de bezerras em idade vacinal para brucelose (três a oito meses), o procedimento para estimar a cobertura vacinal na maioria dos estados brasileiros é baseado na relação entre o número de vacinações efetuadas durante o ano e o efetivo de bezerras até um ano de idade existente no estado no período. Segundo Paulin e Ferreira Neto (2003), essa informação é suficiente para se avaliar quantos animais estão protegidos contra brucelose, porém estes valores podem não ter uma relação direta com a estratégia de vacinação quando levam em consideração a notificação de atestados de vacinação para efeito de trânsito e retornam valores superiores a 100%.

O uso incorreto dessas informações compromete seriamente os esforços do PNCEBT produzindo a ideia de uma falsa segurança, a qual compromete o sucesso da estratégia de vacinação estando a dificuldade no cálculo da cobertura vacinal vinculada à determinação do denominador, ou seja, qual o número de animais vacináveis no período de um ano.

Desse modo, o presente estudo pretende desenvolver uma forma de cálculo da cobertura vacinal com base na análise dos bancos de dados que registram o número de animais vacinados e o saldo de animais por propriedade. Paralelamente, procurou-se avaliar a dinâmica da população bovina do estado de Mato Grosso estimando-se as taxas de natalidade e mortalidade bovina a partir da análise da base de dados de saldo de animais por propriedade e do banco de dados de emissão de Guia de Trânsito Animal (GTA), respectivamente. De posse dessas

informações mais precisas buscou-se simular o efeito da vacinação nessa população utilizando-se o modelo proposto por Amaku et al. (2009).

2 OBJETIVOS

Propor método para o cálculo da cobertura vacinal e estimar taxas de natalidade e mortalidade com bases em informações registradas junto ao Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso (INDEA/MT), de modo a avaliar a dinâmica da brucelose na população bovina do Mato Grosso.

Capítulo 1 – MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DA COBERTURA VACINAL PARA BRUCELOSE BOVINA.

3 INTRODUÇÃO

A brucelose em bovinos, por ser uma enfermidade de comprometimento reprodutivo, acarreta importante depreciação econômica e este fato fez com que diversos países se empenhassem em desenvolver programas de controle e erradicação a doença (POESTER; GONÇALVES; LAGE, 2002; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003)**.**

Os programas de imunização e de vigilância epidemiológica são dois componentes fundamentais para o controle de doenças transmissíveis e, em se tratando da brucelose bovina, a vacinação constitui uma importante medida profilática e vem sendo usada, com êxito, como uma das estratégias em diversos países que conseguiram controlar e erradicar a doença dos seus rebanhos. Por outro lado, a doença continua representando um problema, principalmente, nos países em desenvolvimento (PAULIN; FERREIRA NETO, 2003).

A aprovação do Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose (PNCEBT), em 2001, tem a vacinação obrigatória das fêmeas, de três a oito meses de idade, com a vacina B-19 como ação prioritária, sendo que esta é uma medida compulsória de eficácia comprovada, no Brasil, pelos programas desenvolvidos pelos estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul.

Este esforço vacinal é considerado uma das principais estratégias para o controle da doença empregadas pelo programa, uma vez que é um instrumento capaz de reduzir a prevalência da enfermidade nos rebanhos a níveis inferiores a 2%, quando se mantém uma taxa de cobertura vacinal igual ou superior a 80%. (PAULIN; FERREIRA NETO, 2003).

O estado de Mato Grosso (MT) lidera o ranking brasileiro em efetivo bovino e o seu rebanho apresenta a mais alta prevalência de brucelose bovina em nível

nacional (IBGE, 2009; NEGREIROS et al., 2009). De acordo com Negreiros et al. (2009) uma importante estratégia para reduzir esta prevalência seria a intensificação de vacinação.

Diante da inconsistência dos resultados obtidos pela forma atual de cálculo de cobertura vacinal e da necessidade de se avaliar o seu impacto propõe-se uma nova forma de cálculo baseada na consideração de coortes de animais nascidos ao longo do ano.

4 OBJETIVOS

Estimar a cobertura vacinal contra a brucelose bovina a cada ano no período de 2006 a 2010 dos bovinos do estado de Mato Grosso com base em método que considera a evolução de coortes de fêmeas nascidas ao longo do ano.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 ÁREA EM ESTUDO

O estado de Mato Grosso é constituído por 141 municípios distribuídos em uma área de 903.329,7 Km^2 na região centro-oeste do Brasil. É um Estado com maior visibilidade no desenvolvimento pecuário sendo detentor do maior efetivo bovino nacional (IBGE, 2010).

5.2 POPULAÇÃO EM ESTUDO

As informações utilizadas no presente estudo foram obtidas por meio da análise de banco de dados de efetivo populacional cedido pelo Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso – INDEA/MT referentes aos exercícios de 2006, 2007, 2008, 2009 e 2010 com auxílio dos programas de gerenciamento de banco de dados Microsoft Office Access®, Microsoft Office Excel® e IBM SPSS versão 20.

Para cada ano foram confeccionadas planilhas com os dados compreendidos entre 1° de janeiro e 31 de dezembro.

5.3 COBERTURA VACINAL

A cobertura vacinal foi estimada a partir da razão entre o número de fêmeas vacinadas e de fêmeas potencialmente vacináveis para cada um dos anos em estudo.

Para estimar o número de fêmeas potencialmente vacináveis existentes durante um ano, considerou-se a evolução de coortes de animais nascidos a cada mês durante o período de 36 meses, essas coortes são apresentadas na figura 1.

Considerando o ano dois como sendo o ano para o qual se deseja calcular a cobertura vacinal, isto é, deseja-se conhecer, em 31 de dezembro do ano dois, qual foi a cobertura vacinal obtida, sabendo-se que até aquele momento, *v* animais foram vacinados.

Assim, a primeira linha representa a coorte de animais nascidos em janeiro do primeiro ano, a segunda em fevereiro do primeiro ano e assim sucessivamente. Os quadrados mais claros representam o período em que os animais devem ser vacinados contra a brucelose. Desse modo, considerando-se a primeira linha, animais nascidos em janeiro do primeiro ano deveriam ter sido vacinados entre abril e setembro do ano um e assim sucessivamente.

Considerando agora apenas o ano dois para o qual queremos calcular a cobertura vacinal. Pode-se observar que nesse período deveriam ter sido vacinados animais nascidos entre maio do primeiro ano e setembro de segundo, ou seja, animais que teriam de três a oito meses durante o segundo ano.

Como não existem informações sobre o a data de nascimento dos animais e a divisão dos grupos etários existente nos bancos de dados não permite selecionar exclusivamente os animais entre três e oito meses, pressupôs-se, como melhor aproximação, que os nascimentos ocorrem de forma uniforme ao longo do ano. Do mesmo modo, considerou-se que a vacinação ocorre de modo homogêneo ao longo do período em que se pode realiza-la, isto é, para cada coorte, aproximadamente 1/6 dos animais é vacinado em cada um dos seis períodos mensais correspondentes a animais maiores que três e menores que nove meses de idade.

Deve-se ainda destacar que os registros de efetivo animal existentes são obtidos por categorias etárias, ou seja, para o grupo um são consideradas as faixas de zero a quatro meses, para o grupo dois os de quatro a 12 meses, para o grupo três os de 12 a 24 meses, para o grupo quatro os de 24-36 meses e para o grupo cinco os maiores que 36 meses. Desse modo, o número de animais existentes em

cada coorte, definida pelo mês e ano de nascimento, foi aproximado pela divisão do total de animais em cada grupo pelo número de meses constituintes do respectivo grupo.

Assim, o grupo um teve o seu total de animais dividido por quatro, enquanto que os grupos dois e três tiveram os seus efetivos divididos por oito e 12, respectivamente.

Do total de animais existentes no grupo um do segundo ano supôs-se que ¼ dos indivíduos teriam de zero a um mês de vida (última linha da Figura 1), ¼ de 1 a 2 meses de vida (penúltima linha da Figura 1) e assim por diante, tal que, apenas ¼ deles teriam entre três a quatro meses de vida, ou seja, em idade potencialmente vacinável.

Para estabelecer a quantidade de animais vacináveis no grupo um considerou-se que ¼ dos animais teriam entre três e quatro meses de idade em dezembro do ano dois, 1/6 destes poderiam ter sido vacinados no primeiro mês do período de vacinação, logo, 1/24 dos animais do grupo um seriam vacináveis naquele ano.

Para o segundo grupo, a totalidade dos animais entre nove e 12 meses deveriam ter sido vacinados durante o segundo ano. Dos animais com idade entre oito e nove meses, 5/6 deveriam ter sido vacinados no segundo ano, do mesmo modo, 4/6 dos animais entre sete e oito meses, 3/6 dos animais entre seis e sete meses, 2/6 dos animais entre cinco e seis meses e 1/6 dos animais entre quatro e cinco meses deveriam ter sido vacinados no ano dois. Considerando que no grupo dois temos 1/8 dos animais em cada categoria etária, teremos que 1/8*(1+1+1+1+5/6+4/6+3/6+2/6+1/6)= 19/24 dos animais do grupo dois deveriam ter sido vacinados.

Por fim, para o grupo três, nenhum dos animais com idade superior a 20 meses poderiam ter sido vacinados enquanto que 1/6 dos animais com idade entre 19 e 20 meses, 2/6 dos animais com idade entre 18 e 19 meses, 3/6 dos animais com idade entre 17 e 18 meses, 4/6 dos animais com idade entre 16 e 17 meses, 5/6 dos animais com idade entre 15 e 16 meses e a totalidade dos animais com idade entre 12 e 15 meses deveriam ter sido vacinados no ano dois. Assim, considerando que

aproximadamente 1/12 dos animais com idade entre 12 e 24 meses estão em cada categoria etária, temos que 1/12*(0+0+0+0+1/6+2/6+3/6+4/6+5/6+1+1+1)=11/24 dos animais dessa faixa poderiam ter sido vacinados.

Finalmente, poderíamos aproximar a cobertura vacinal por:

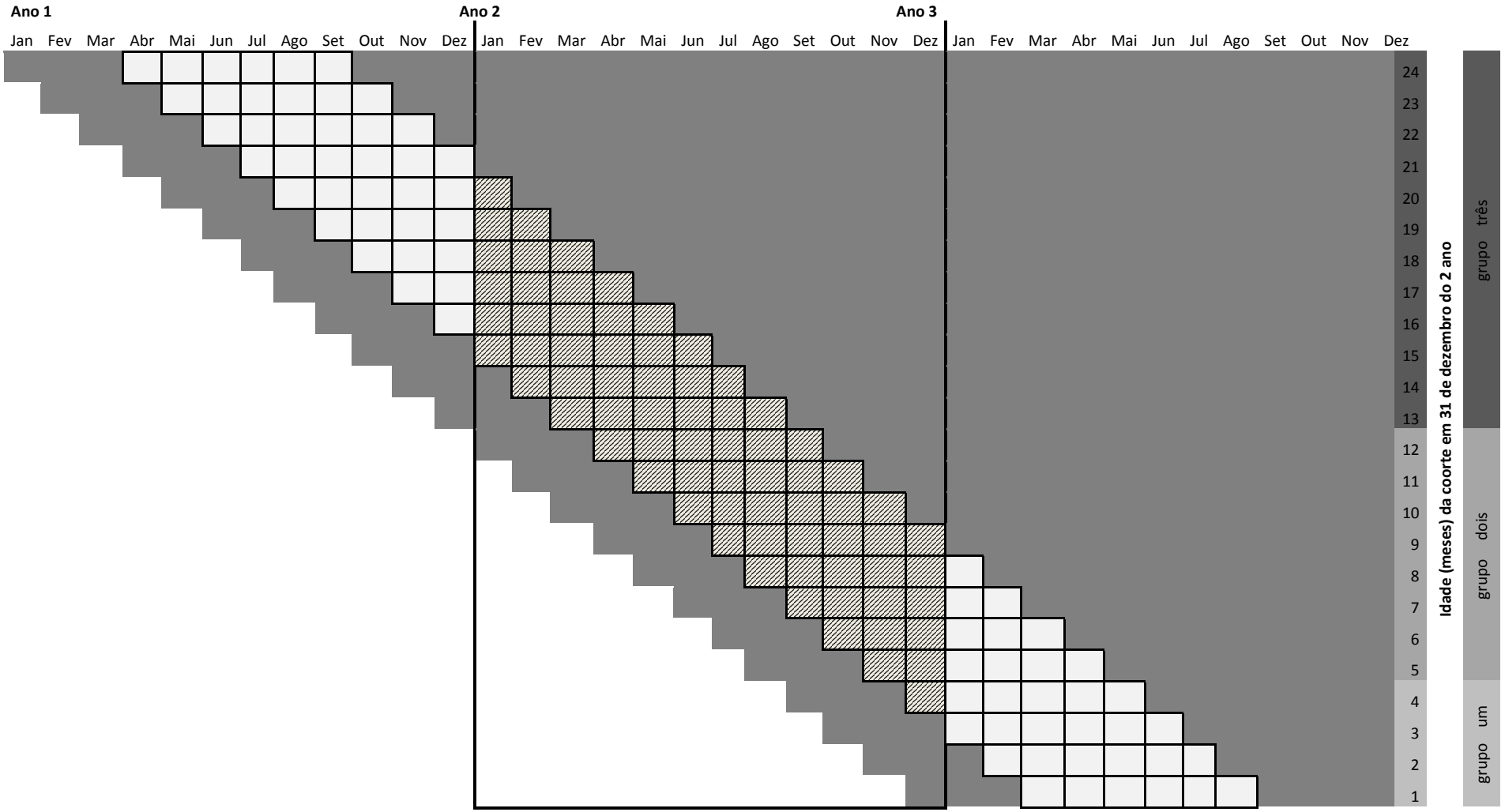
$$CV = \frac{v}{n}$$

Onde:

v é o número de fêmeas efetivamente vacinadas no ano

n é o número de fêmeas potencialmente vacináveis, dado pela soma de 1/24 do grupo um, com 19/24 do grupo dois e 11/24 do grupo três.

Figura 1 - Representação da coorte hipotética de nascimentos e acompanhamento vacinal do no período de 36 meses



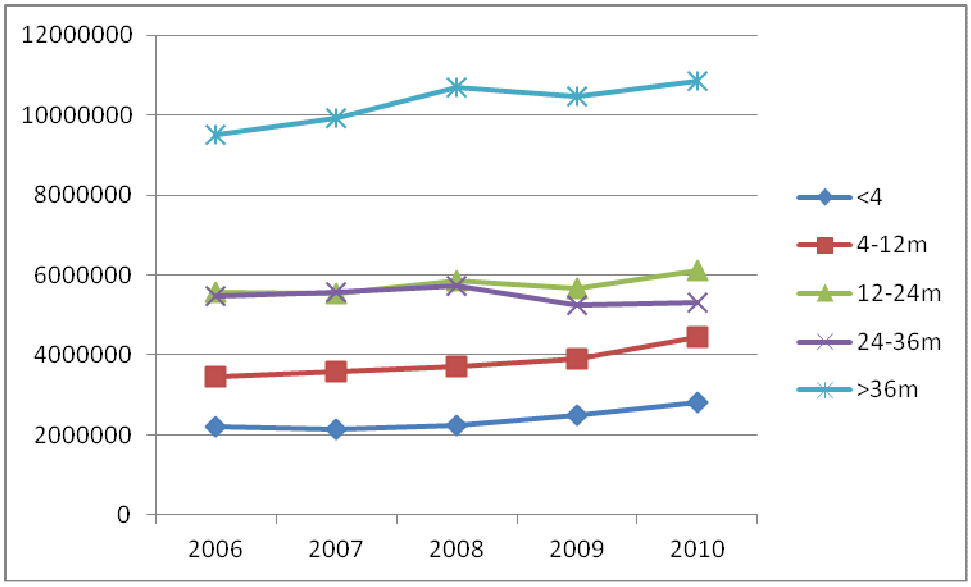
6 RESULTADOS

6.1 POPULAÇÃO ESTUDADA

O rebanho bovino do estado de Mato Grosso ultrapassou a casa de 27 milhões de cabeças de gado nos últimos três anos, representando cerca de 13% do rebanho nacional e correspondendo a 39% do rebanho existente na região Centro-oeste do Brasil.

O gráfico 1 apresenta a evolução do efetivo bovino de acordo com as faixas etárias no Estado de Mato Grosso.

Gráfico 1 - Cenário da pecuária bovina, quanto a faixa etária, ao último dia de cada ano, no período de 2006-2010 no Estado de Mato Grosso, de acordo com os dados fornecidos pelo INDEA/MT



Nota-se que o ano de 2006 e 2010 apresentaram o menor e o maior efetivo, respectivamente, sendo que a maior parte do rebanho estadual é constituída por animais com idade superior a 36 meses, aonde as fêmeas representam mais de

80% da população existente nesta categoria. De um modo geral, as fêmeas correspondem a 60% de todo o plantel estadual e entre as fêmeas existentes no rebanho, cerca de 50% compõe o grupo etário superior a 36 meses e em torno de 30% do total de fêmeas pertencem aos grupos etários em idade vacinal.

A tabela 1 apresenta a evolução do efetivo de fêmeas bovinas segundo as diferentes categorias etárias. Estes dados permitiram estimar o total de fêmeas vacináveis a cada ano, isto é, o denominador da razão que permite o cálculo da cobertura vacinal contra a brucelose bovina.

Tabela 1 - Efetivo de fêmeas bovinas e bubalinas existentes, em 31 de dezembro, nos rebanhos do estado de Mato Grosso durante os anos de 2006 a 2010

Fêmeas	2006	2007	2008	2009	2010
<4m	1.079.591	1.061.748	1.104.865	1.207.878	1.380.733
4-12m	1.641.459	1.688.388	1.745.527	1.819.637	2.080.989
12-24m	2.645.814	2.649.304	2.764.550	2.696.839	2.935.024
24-36m	2.531.297	2.709.505	2.790.710	2.607.645	2.677.794
>36m	7.785.555	8.095.797	8.827.450	9.001.424	9.528.089
TOTAL	**15.683.716**	**16.204.742**	**17.233.102**	**17.333.423**	**18.602.629**

Na tabela 2, pode-se perceber que até o ano de 2008 havia uma intensificação na vacinação contra brucelose também no mês de fevereiro, porém a partir do ano de 2009 se observa um decréscimo no número de animais vacinados contra brucelose neste mês. Em se tratando de percentuais de vacinação contra brucelose, foi possível notar que 47,18% do rebanho estadual foi vacinado durante os meses em que ocorreu a vacinação contra febre aftosa, demonstrando uma possível associação entre os procedimentos.

Tabela 2 - Número e percentual de fêmeas vacinadas contra brucelose bovina no estado de Mato Grosso, mês a mês, entre os anos de 2006 e 2010

	2006		2007		2008		2009		2010	
	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)
Janeiro	188.830	8,31	174.511	8,15	158.969	7,19	95.746	4,21	90.950	3,62
Fevereiro	353.523	15,57	361.589	16,89	396.722	17,95	122.524	5,39	123.838	4,92
Março	230.984	10,17	205.677	9,61	147.127	6,66	142.526	6,27	161.354	6,42
Abril	100.167	4,41	93.414	4,36	91.006	4,12	115.556	5,08	147.840	5,88
Maio	310.526	13,67	319.039	14,9	351.440	15,9	532.781	23,43	601.635	23,93
Junho	172.943	7,61	145.639	6,8	204.440	9,25	236.138	10,38	240.770	9,58
Julho	127.638	5,62	102.823	4,8	72.566	3,28	73.716	3,24	64.192	2,55
Agosto	90.783	4	67.170	3,14	30.165	1,36	63.605	2,8	60.366	2,4
Setembro	58.109	2,56	45.435	2,12	39.174	1,77	50.719	2,23	57.147	2,27
Outubro	83.856	3,69	64.529	3,01	63.704	2,88	88.542	3,89	81.193	3,23
Novembro	354.092	15,59	356.652	16,66	384.012	17,38	489.496	21,53	565.877	22,5
Dezembro	199.788	8,8	204.674	9,56	270.727	12,25	262.588	11,55	319.375	12,7
TOTAL	**2.271.239**	**100**	**2.141.152**	**100**	**2.210.052**	**100**	**2.273.937**	**100**	**2.514.537**	**100**

Se por um lado há uma maior concentração de animais nestes meses, por outro, nota-se que os meses de agosto e setembro concentram os menores índices de vacinação, com média de 2,46% (Tabela 2).

O cálculo das vacináveis foi realizado conforme descrito em material e método e os resultados são apresentados na tabela 3 juntamente com o número de fêmeas vacinadas e estimativa de cobertura vacinal no período. Os resultados obtidos com base neste cálculo fornecem a melhor estimativa possível com base nos dados atualmente disponíveis na maioria dos estados.

A tabela 3 demonstra o crescimento no número de fêmeas vacinadas ao longo dos anos estudados, excetuando o ano de 2007 que apresentou uma discreta redução em relação ao ano de 2006, fazendo com que o estado programasse ações restritivas aos proprietários que não praticavam a vacinação contra brucelose em suas bezerras com o intuito de aumentar os índices vacinais nas propriedades. Os resultados também demonstram o claro crescimento do rebanho de fêmeas consideradas vacináveis durante o período estudado.

Tabela 3 - Número de fêmeas, bovinas e bubalinas, vacináveis, número de fêmeas que foram vacinadas e cobertura vacinal contra brucelose bovina no Estado de Mato Grosso, durante os anos de 2006 a 2010

	2006	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**
Vacináveis	2.557.136	2.595.144	2.694.997	2.726.925	3.050.200
Vacinadas	2.271.239	2.141.152	2.210.052	2.273.937	2.514.537
Cobertura	88,82%	82,51%	82,01%	83,39%	82,44%

Os dados da tabela 3 permitiram calcular o índice médio de vacinação do período como sendo igual a 83,83%, sendo que os extremos de vacinação ocorreram nos anos de 2006 e 2008, com a maior e menor cobertura, respectivamente.

7 DISCUSSÃO

O limite de menor efetivo bovino observado no ano de 2006 pode ser justificado em virtude dos problemas sanitários relacionados a focos de febre aftosa enfrentados pela pecuária nacional no ano de 2006, os quais comprometeram a exportação de carne e afetaram as contas externas do País.

Neste período, a região Centro-Oeste sofreu uma redução do rebanho bovino de (-2,0%) em relação ao ano de 2005 sendo que, em termos absolutos, as maiores quedas foram observadas nos estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso indicando um possível deslocamento do rebanho para outras regiões e um abate de animais maior do que a reposição no período (IBGE, 2006) que, segundo o Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária (IMEA) foi maior em fêmeas, correspondendo a 49,4% neste ano (BEEFPOINT, 2012).

Por outro lado, o limite de maior efetivo bovino observado no ano de 2010 reflete o aumento do efetivo nacional de bovinos que foi de 2,1% em relação a 2009 e a agropecuária brasileira apresentou um crescimento de 6,5% sobre o volume registrado em 2009 e participou com 5,8% do Produto Interno Bruto - PIB do País, movimentando um montante de R$ 180,831 bilhões. Também no ano de 2010, a exemplo de outros anos, o estado de Mato Grosso foi detentor do maior rebanho de bovinos do país e tendo sido observado um abate de matrizes relativamente menor que nos anos anteriores (IBGE – PPM, 2010).

Os dados apresentados na tabela 2 permitem acompanhar o desempenho da estratégia vacinal ao longo do ano, sendo que esse acompanhamento é fundamental para avaliar o sucesso de programas que possuem a vacinação como um de seus alicerces (MORAES et al., 2000). Em se tratando de percentuais de vacinação contra brucelose, foi possível notar que 47,18% do rebanho estadual foi vacinado durante os meses em que ocorreu a vacinação contra febre aftosa. Este fato é reforçado ao se analisar o comportamento da vacinação contra brucelose durante o mês de fevereiro, pois até o ano de 2008 a vacinação contra febre aftosa acontecia em três etapas em todo o estado de Mato Grosso, a saber: fevereiro, maio e novembro, contudo, entre os anos de 2009 e 2011 apenas a região da fronteira de Mato Grosso com a Bolívia continuou com essas três etapas de vacinação enquanto

que nas demais regiões o processo passou a ocorrer em apenas duas etapas (maio e novembro).

Esta possível associação entre os dois procedimentos pode ser justificada pela economia e a maior praticidade de se manejar o rebanho uma única vez para se realizar as duas imunizações.

Por outro lado, os meses de agosto e setembro concentram os menores índices de vacinação quando, segundo as observações de campo, por parte de funcionários do INDEA/MT, nesses meses ocorre uma maior concentração de nascimento de bezerros, justificando o menor manejo do rebanho a fim de se evitar o estresse pré-parto.

De acordo com Moraes et al. (2000), um dos elementos importantes em um programa de vigilância epidemiológica é se ter o conhecimento preciso a cerca da cobertura vacinal pois desta forma é possível acompanhar o número de indivíduos suscetíveis na população, bem como se pode estimar até que ponto a imunidade de massa está se constituindo em barreira efetiva para a interromper a transmissão da doença. O maior desafio encontrado neste estudo foi determinar o número de animais vacináveis, já que os registros das diferentes faixas etárias no banco de dados não contempla exatamente a idade preconizada para a vacinação contra brucelose.

O procedimento usado atualmente para se estimar a cobertura vacinal na maioria dos estados brasileiros, incluindo o estado de Mato Grosso, tem sido questionado em virtude da produção de resultados discrepantes como, por exemplo, coberturas superiores 100% em alguns municípios.

Apesar da nova forma de cálculo produzir valores inferiores, pode-se observar que a cobertura vacinal no estado foi sistematicamente superior a 80% demonstrando uma grande adesão ao programa e a estruturação do serviço oficial do estado gerando expectativa de redução da prevalência da brucelose, a ser avaliada nos próximos anos, em relação à prevalência estimada em 2003.

Capitulo 2 – AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA VACINAÇÃO NO CONTROLE DA BRUCELOSE BOVINA NO ESTADO DE MATO GROSSO.

8 INTRODUÇÃO

A infecção pela bactéria Brucella abortus em bovinos determina a brucelose, que é uma enfermidade infectocontagiosa capaz de determinar importante depreciação econômica, principalmente em virtude das perdas reprodutivas consequentes ao abortamento e a diminuição na produção leiteira (NIELSEN; DUNCAN, 1990; POESTER; GONÇALVES; LAGE, 2002; PAULIN; FERREIRA NETO, 2003). Os machos e as fêmeas são igualmente suscetíveis a infecção brucélica, contudo as fêmeas são as principais responsáveis pela disseminação da enfermidade entre os animais (PAULIN; FERREIRA NETO, 2003).

O Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose (PNCEBT) adotou a obrigatoriedade de imunização das fêmeas, de três a oito meses de idade, com a vacina B-19 como ação prioritária, uma vez que a vacinação consiste em um instrumento capaz de reduzir a prevalência da enfermidade nos rebanhos quando se mantém uma taxa de cobertura vacinal igual ou superior a 80% (BRASIL, 2006).

O Mato Grosso é o estado brasileiro com a mais alta prevalência da brucelose em bovinos apresentando prevalências de focos e de animais infectados de 41,2% [38,0–44,4%] e 10,2% [7,4–13,1%], respectivamente (NEGREIROS et al., 2009). Diante disso surgiu a necessidade em se conhecer a atual situação vacinal do rebanho estadual e qual o impacto desta estratégia sobre a dinâmica da brucelose bovina naquele estado.

No setor pecuário, tem sido cada vez mais frequente o uso de modelos matemáticos como ferramentas de auxilio à compreensão, disseminação, controle e erradicação das doenças infecciosas (HETHCOTE, 2000). De modo que alguns

modelos matemáticos já foram empregados para simular os efeitos de estratégias de controle para brucelose em bovinos (ENGLAND et al., 2004, AMAKU et al., 2009). Amaku et al. (2009) simularam a dinâmica da brucelose no estado do Mato Grosso considerando cenários com 30% e 90% de cobertura vacinal e uma população fechada com taxa de natalidade igual à de mortalidade estimada como sendo o inverso da expectativa média de vida dos animais, aproximada por 7 anos. A utilização desses parâmetros se deu pela inexistência, à época, de melhor aproximação.

Cinco anos após o estabelecimento da obrigatoriedade de vacinação, foi possível estabelecer a cobertura aproximada da vacinação contra a brucelose e, paralelamente, foi possível obter, a partir do banco de dados de efetivo populacional, as taxas reais de mortalidade e natalidade da população bovina do Estado.

9 OBJETIVOS

Estimar parâmetros de natalidade, mortalidade e cobertura vacinal para que se possa realizar novas simulações, de modo a avaliar o real impacto da estratégia de vacinação na redução da prevalência de brucelose bovina.

10 MATERIAL E MÉTODOS

10.1 POPULAÇÃO EM ESTUDO

A população em estudo foram as fêmeas com idade superior a 24 meses existentes no rebanho do estado de Mato Grosso em 31 de dezembro de 2006.

10.2 TAXAS DE NATALIDADE E MORTALIDADE

O cálculo das taxas instantâneas de natalidade e mortalidade foi realizado considerando o valor médio do período estudado com base no ajuste da população para cada ano avaliado.

O cálculo da população ajustada foi estipulado pelo valor médio para o período de um ano, para cada ano estudado.

Os valores médios de natalidade e mortalidade da população foram empregados às equações descritas por Caswell (1972), considerando:

N(t) = Tamanho da população no inicio do período de um ano.

N(t+1) = Tamanho da população ao término do período de um ano.

N(aj) = Tamanho da população ajustada para o período de um ano, dada pela média da população.

B(t) = Número de nascimentos ocorridos no período de um ano.

D(t) = Número de mortes ocorridas no período de um ano.

Tem-se que:

a) Taxa finita de natalidade (b):

$$b = B_{(t)}/N_{(aj)}$$

b) Taxa finita de mortalidade (d):

$$d = D_{(t)}/N_{(aj)}$$

c) Taxa finita de crescimento (λ):

A taxa finita de crescimento (λ) é definida de forma que $N_{(t+1)} = \lambda N_{(t)}$

Assumindo um modelo de crescimento exponencial:

$$\frac{N_{(t+1)}}{N_{(t)}} = e^r$$

Sendo:

$$\lambda = N_{(t+1)}/N_{(t)}$$

Então:

$$\lambda = e^r$$

d) Taxa instantânea de crescimento (r):

$$r = ln\lambda$$

e) Taxa instantânea de natalidade(η):

$$\eta = rb/(e^r - 1)$$

f) Taxa instantânea de mortalidade (μ):

$$\mu = rd/(e^r - 1)$$

A população de fêmeas bovinas foi representada por seis compartimentos, a saber, fêmeas suscetíveis (S), fêmeas vacinadas (V), fêmeas portadoras latentes primíparas (L1), fêmeas infecciosas primíparas (I1), fêmeas latentes multíparas (L2) e fêmeas infecciosas multíparas (I2).

A dinâmica da brucelose em fêmeas bovinas pode ser descrita mediante um sistema de equações diferenciais em que N(t)=S(t)+L1(t)+I1(t)+L2(t)+I2(t)+V(t) é a população total de fêmeas no tempo *t,* que corresponde ao efetivo de fêmeas bovinas com idade igual ou superior a 24 meses no ano de 2006.

O modelo considerou o coeficiente de transmissão (β), dado pelo número de contatos potencialmente infectantes per capita por unidade de tempo, e a força de infecção (λ), dada pela probabilidade, por unidade de tempo, de um suscetível ser infectado, calculada por λ(t)=β [I1(t)+I2(t)].

Uma proporção ρ de bezerras nascidas de mães positivas se torna portadora latente (L1(t)), sendo estimado para ρ o valor de 3% (PAULIN; FERREIRA NETO, 2003). As fêmeas portadoras latentes (primíparas ou multíparas) tornam-se infecciosas a uma taxa γ, relacionada ao intervalo entre partos (Tγ), ou seja, 20 meses nas fêmeas infectadas (FARIA, 1984).

As fêmeas permanecem infecciosas (com ou sem abortamento) durante o período puerperal, o qual dura até 42 dias, porém as brucelas eliminadas durante o processo de abortamento podem permanecer viáveis no ambiente por períodos que variam de horas, sob a luz solar direta, a aproximadamente seis meses, em um feto albergado à sombra por exemplo (PNCEBT, 2006). Por conta desta grande variedade, o modelo adotou como período infeccioso (Tδ) o tempo de 30 dias, sendo que as fêmeas infecciosas (I1 e I2) retornaram ao estado latente a uma taxa δ, equivalente ao inverso do período infeccioso (1/Tδ).

A proporção de abortamento em primíparas (α) foi estimada em 80% (PAULIN; FERREIRA NETO, 2003). Se por um lado esta proporção é alta nas fêmeas primíparas, por outro lado ela cai drasticamente nas fêmeas multíparas, portanto em virtude da baixa frequência de abortamentos em multíparas, em relação às primíparas, a proporção de abortamento em multíparas foi desconsiderada do modelo.

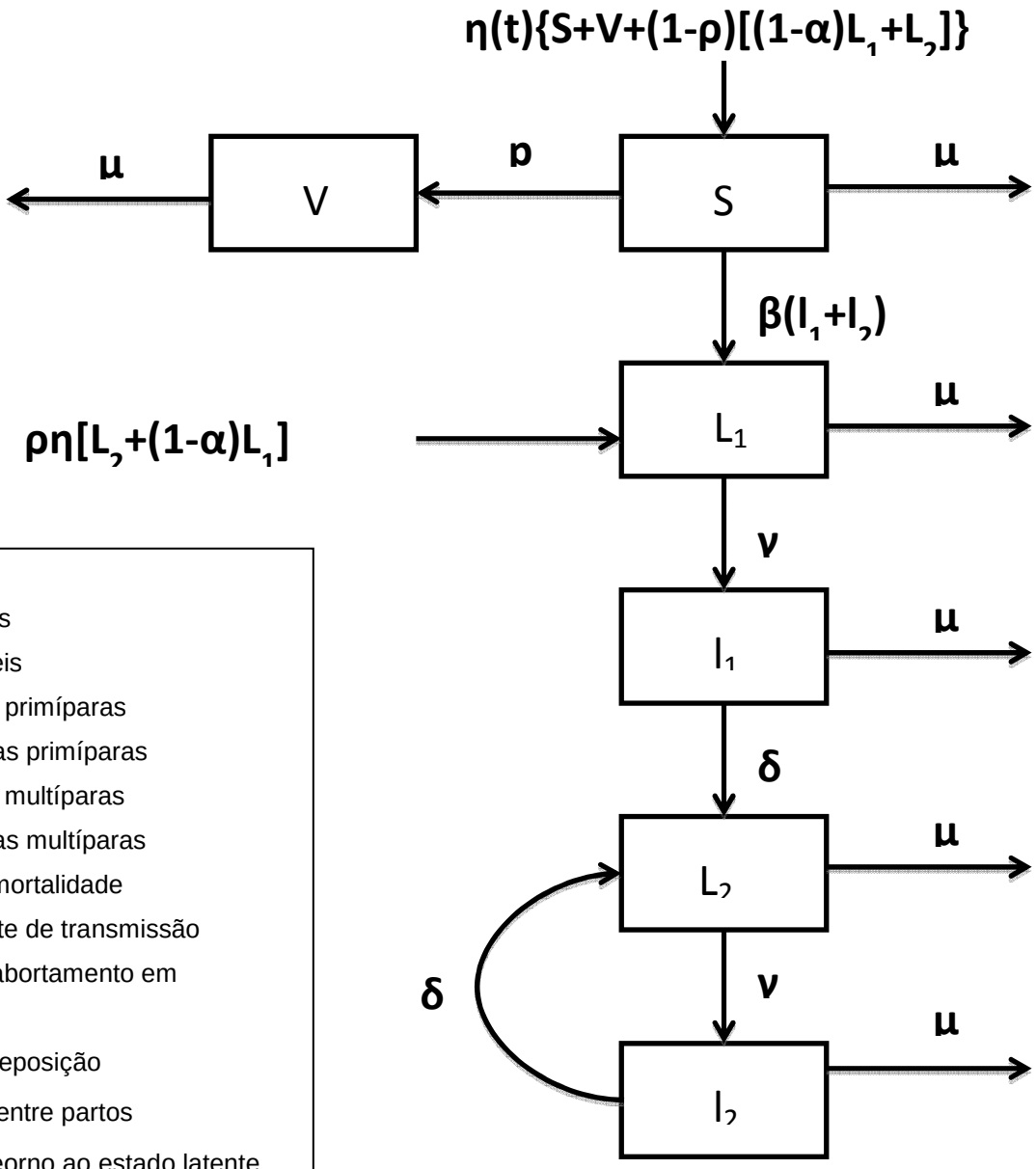
A proporção de cobertura vacinal (p) utilizada foi p = 82% que representa a menor taxa de cobertura vacinal encontrada nos cinco anos analisados .

A taxa de reposição (η) foi calculada para o período entre 2006 a 2010 a partir de $\eta = rb/(e^r - 1)$, e a taxa de mortalidade (μ) foi obtida para o mesmo período utilizando-se $\mu = rd/(e^r - 1)$, ambas as taxas se referem a valores médios para o período em estudo.

A proporção inicial de fêmeas infectadas foi considerada equivalente à prevalência do estado de Mato Grosso, 10,25% referidas por Negreiros et al. (2009), considerando suscetíveis as outras fêmeas (89,75%).

As taxas estimadas acima foram utilizadas para simular o modelo apresentado na figura 2. A população inicial simulada refere-se ao efetivo de fêmeas acima de 24 meses existentes no ano de 2006. As simulações foram realizadas com o auxílio do software MATLAB® versão 7.

Figura 2 - Diagrama ilustrativo de compartimentos da dinâmica da brucelose em rebanhos de fêmeas bovinas desenvolvido por AMAKU et al. (2009)



Legenda

V: Vacinadas

S: Suscetíveis

L_1: Latentes primíparas

I_1: Infecciosas primíparas

L_2: Latentes multíparas

I_2: Infecciosas multíparas

μ: Taxa de mortalidade

β: Coeficiente de transmissão

α: Taxa de abortamento em primíparas

η: Taxa de reposição

γ: intervalo entre partos

δ: taxa de reorno ao estado latente

p: Taxa de cobertura vacinal

ρ: Taxa de portadora latente

O modelo descrito anteriormente pode ser representado por meio do seguinte sistema de equações diferenciais:

$$\frac{dS(t)}{dt} = [1 - p(t)]\eta(t)\{S(t) + V(t) + (1-\rho)[(1-\alpha)L_1(t) + L_2(t)]\} - \mu S(t) - \lambda(t)S(t)$$

$$\frac{dL_1(t)}{dt} = \lambda(t)S(t) + \rho\eta(t)[L_2(t) + (1-\alpha)L_1(t)] - (\gamma + \mu)L_1$$

$$\frac{dI_1(t)}{dt} = \gamma L_1 - (\delta + \mu)I_1$$

$$\frac{dL_2}{dt} = \delta(I_1 + I_2) - (\gamma + \mu)L_2$$

$$\frac{dI_2}{dt} = \gamma L_2 - (\delta + \mu)I_2$$

$$\frac{dV}{dt} = p(t)\eta(t)\{S(t) + V(t) + (1-\rho)[(1-\alpha)L_1 + L_2]\} - \mu V$$

$$\frac{dN(t)}{dt} = \eta(t)[S(t) + V(t) + (1-\alpha)L_1 + L_2] - \mu N(t)$$

11 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A população inicial simulada foi N= 8.377.433, representando o efetivo de fêmeas bovinas com idade igual ou superior a 24 meses no ano de 2006.

A taxa de natalidade média para o período é η(t)= 0,223 ano-1 e a taxa de mortalidade média corresponde a μ*(t)*= 0,170 ano^{-1}, conforme pode ser verificado na tabela 4:

Tabela 4 - Valores de taxas finitas e instantâneas de crescimento, natalidade e mortalidade e estimativa de expectativa de vida entre os anos de 2006 a 2010 no rebanho bovino do estado de Mato Grosso.

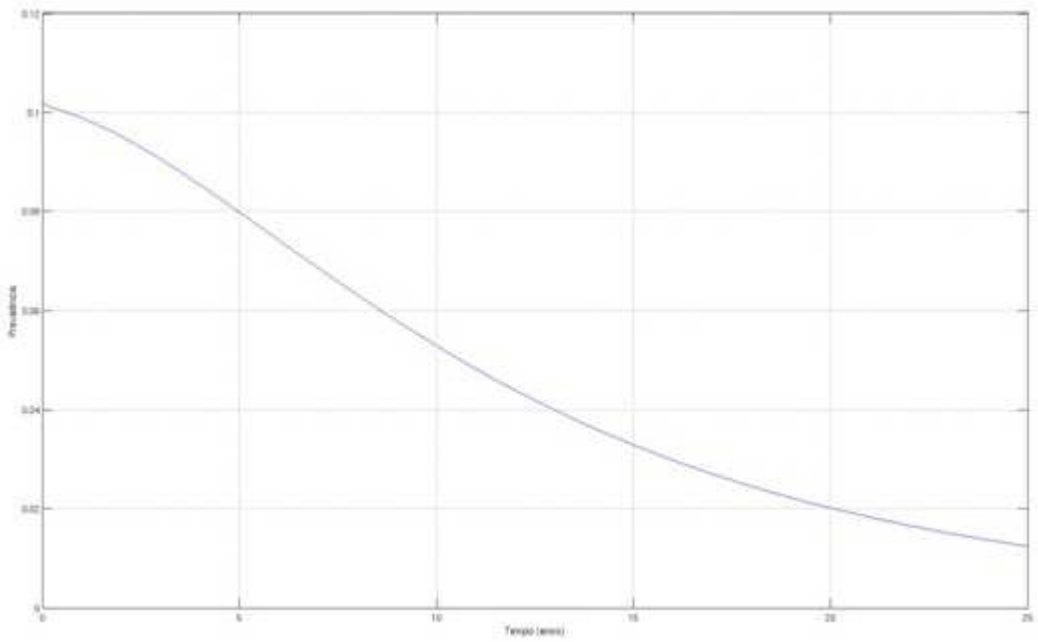
	2006	2007	2008	2009	2010	Média
λ	0,8866	1,0253	1,0541	0,9831	1,0644	
r	-0,1204	0,0250	0,0527	-0,0170	0,0624	
b	0,2024	0,2180	0,2158	0,2258	0,2532	
d	0,1879	0,2032	0,1503	0,1541	0,1554	
η	0,2148	0,2152	0,2101	0,2277	0,2454	0,2230
μ	0,1995	0,2007	0,1464	0,1554	0,1506	0,1707
Ω	5,0137	4,9822	6,8319	6,4355	6,6408	5,9699

λ = taxa finita de crescimento (Efetivo do ano atual / efetivo do ano anterior)
r = taxa instantânea de crescimento (LN(λ))
b = total de nascimentos (nascimentos ano atual/efetivo mesmo ano)
d = total de mortes (abate ano atual/efetivo mesmo ano)
η= taxa instantânea de natalidade (r*b/(Exp(r)-1))
μ = taxa instantânea de mortalidade (r*d/(Exp(r)-1))
Ω = Expectativa de Vida (1/ μ)

A estimativa do coeficiente de transmissão β= 3.94 x 10-7 ano-1 foi obtida utilizando os dados de prevalência encontrados por Negreiros et al. (2009) que referem uma prevalência de fêmeas positivas para brucelose bovina no estado de Mato Grosso de 10,25%. A proporção de cobertura vacinal p(t) = 82% corresponde à menor taxa encontrada no período entre 2006 e 2010, o qual representa o pior cenário.

O resultado da simulação realizada com auxílio do programa MATLAB® versão 7 é apresentado no gráfico 2.

Gráfico 2- Simulação da evolução da prevalência de brucelose em fêmeas de bovinos considerando cobertura vacinal de 82%



Com base no gráfico simulado pelo modelo (Gráfico 2), partindo de uma prevalência real de 10,25% e assumindo uma constante cobertura vacinal de 82%, o estado de Mato Grosso alcançaria, no período de 20 anos, prevalência inferior a 2%, fato este que permitiria o emprego de ações sanitárias voltadas a metodologia diagnóstica mais especifica e abate sanitário de animais reagentes (PAULIN; FERREIRA NETO, 2003).

Os resultados deste estudo não diferem significativamente das simulações realizadas por Amaku et al. (2009) que demonstraram que o tempo estimado para o estado de Mato Grosso reduzir a prevalência a níveis compatíveis com ações de erradicação também estava em torno de 20 anos em um cenário em que a taxa de cobertura vacinal é de 90%. Desse modo, a expectativa de que em a redução da prevalência de brucelose no estado de Mato Grosso se daria em período mais breve, em virtude de uma taxa de renovação elevada, não se verificou,

provavelmente em decorrência da taxa de mortalidade real (μ(t)= 0,170 ano-1) não ser muito diferente da taxa utilizada por Amaku et al. (2009).

De acordo com Amaku et al. (2009) alguns estados com cobertura vacinal superior a 70% seriam capazes de reduzir a prevalência a 2% em torno de 10 anos.

O estado de Mato Grosso alcançou um índice médio de 82% de cobertura vacinal nos cinco anos estudados e de acordo com as simulações deste estudo demoraria um pouco mais de dez anos para reduzir em 50% a proporção de fêmeas positivas da população inicial e em torno de duas décadas para reduzir a prevalência ao nível de 2%.

12 CONCLUSÕES GERAIS

- É necessário padronizar no país a forma de cálculo de cobertura vacinal utilizando a metodologia proposta que, considerando coortes de nascidos, reduz os erros dessa estimativa e torna os valores comparáveis entre os diversos estados.

- A cobertura vacinal no estado de Mato Grosso entre os anos de 2006 a 2010 manteve-se em níveis superiores a 80%.

- Considerando-se as taxas de natalidade e mortalidade reais obtidas para o estado de Mato Grosso e a perspectiva de manutenção deste nível de cobertura vacinal, estima-se em 20 anos o prazo necessário para o estado reduzir a prevalência a níveis inferiores a 2%.

REFERÊNCIAS

ALTON, G. G.; JONES, L. M.; PIETZ, D. E. Las técnicas de laboratorios en la brucelosis. 2. ed. Genebra: Organización Mundial de la Salud, 1976. p. 68-133.

AMAKU, M.; DIAS, R. A; FERREIRA NETO, J. S.; FERREIRA, F. Modelagem matemática do controle de brucelose bovina por vacinação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia,** v. 61, p. 135-141, 2009. Suplemento, 1.

BEEFPOINT. MT: abate de fêmeas não comprometerá rebanho bovino, avalia IMEA. 2012. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/giro-do-boi/mt-abate-de-femeas-nao-comprometera-rebanho-bovino-avalia-imea/>. Acesso em 19 abr. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e da Tuberculose Animal (PNCEBT)**. Brasília: MAPA, 2006, 188 p. Manual Técnico, Brasília, 2006, 188 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de Legislação: programas nacionais de saúde animal do Brasil**. Brasília: MAPA/SDA/DSA, 2009, 440 p. Disponível em: < http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/Manual%20de%20Legisla%C3%A7%C3%A3o%20-%20Sa%C3%BAde%20Animal%20-%20low.pdf >. Acesso em 06 set. 2011.

CASWELL, H. On instantaneous and finite birth rates**. Limnology and Oceanography**, v. 17, n. 5, p. 787-791, 1972.

ENGLAND, T.; KELLY, L.; JONES, R. D.; MACMILLAN, A.; WOOLDRIDGE, W. A simulation model of brucellosis spread in British cattle under several testing regimes. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 63, p. 63-73, 2004.

FARIA, J. F. Situação da brucelose no Brasil. **Comunicações Científicas da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo**, v. 8, p. 161-175, 1984.

FERREIRA NETO, J. S. **Situação epidemiológica da brucelose bovina no Brasil: Bases para intervenções**. 2009. Disponível em: < http://www.revistas.ufg.br/index.php/vet/article/view/7669>. Acesso em: 06 set. 2011.

HETHCOTE, H. W. The mathematics of infectious diseases. **Society for Industrial and Applied Mathematics,** v. 42, n. 4, p. 599-653, 2000.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da pecuária municipal**. 2006. v. 34. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2006/comentarios.pdf>. Acesso em 19 abr. 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da pecuária municipa**l. 2009, v. 37. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2009/ppm2009.pdf>. Acesso em 06 set. 2011.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da pecuária municipal**. 2010, v. 38. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2010/comentarios.pdf> Acesso em 19 abr. 2012.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Rural. Portaria Conjunta SEDER/ INDEA - MT Nº 010/ 2008. 2008. Disponível em: < http://www.indea.mt.gov.br/arquivos/A_2890658f0502ba366bf7d260118345abportaria_brucelose_010_2008.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2012.

MELLO, M. T. Animal brucellosis in Brazil. In: INTERAMERICAN CONGRESS ON BRUCELLOSIS, 3., 1950, Washington: WHO, Washington. 1950, p. 56-89.

MORAES, J. C.; BARATA, R. C. B.; RIBEIRO, M. C. S. A.; CASTRO, P. C. Cobertura vacinal no primeiro ano de vida em quatro cidades do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Panamericana de Salud Pública**. 8(5), 2000.

NEGREIROS, R. L.; DIAS, R. A.; FERREIRA, F.; FERREIRA NETO, J. S.; GONÇALVES, V. S. P.; SILVA, M. C. P.; FIGUEIREDO, V. C. F; LOBO, J. R.; FREITAS, J.; AMAKU, M. Situação epidemiológica da brucelose bovina no Estado de Mato Grosso. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia,** v. 61, p. 56-65, 2009. Suplemento, 1.

NIELSEN, K.; DUNCAN, J. R. **Animal brucellosis**. Boca Raton: CRC Press, 1990. 453 p.

PAULIN L. M.; FERREIRA NETO, J. S. **O combate à brucelose bovina: situação brasileira**. São Paulo: Funep, 2003, 154 p.

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. 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,** v. 61, p. 1-5, 2009. Suplemento, 1.

POESTER, F. P.; GONÇALVES, V. S. P.; LAGE, A. P. Brucellosis in Brazil. **Veterinary Microbiology**, v. 90, n. 1-4, p. 55-62, 2002.