

Utilização de geotecnologias para avaliação de risco de doenças animais: um exemplo de aplicação em Febre Aftosa

Thaís Basso Amaral

Pesquisadora Embrapa Gado de Corte Campo Grande - MS

e-mail: thais.amaral@embrapa.br

1- Introdução

A globalização resultou num aumento da comercialização internacional de animais e de seus subprodutos. Porém, as doenças infecciosas têm sido identificadas como uma das maiores barreiras para a expansão deste comércio. Considerando a febre aftosa como uma doença transfronteiriça altamente contagiosa que possui profundo impacto social e econômico, encontrar alternativas para erradicá-la é um grande desafio para boa parte dos países em desenvolvimento.

No Brasil, houve muitos avanços no processo de erradicação da febre aftosa desde a implantação do Programa Nacional de Erradicação da Febre Aftosa (PNEFA) em 1988. Segundo a Organização Mundial de Saúde Animal (OIE), o Brasil atualmente possui o status de livre de Febre Aftosa para 60% do território nacional, onde está localizado cerca de 90% do rebanho bovino (MAPA, 2013).

O principal desafio que o Brasil, como um dos maiores produtores e exportadores mundiais de carne enfrenta, é manter e expandir a área livre de febre aftosa, principalmente porque outros países da América do Sul ainda são endêmicos ou apresentam surtos esporádicos da doença.

Pelos motivos citados acima, a elaboração de uma plataforma para a análise de risco da ocorrência da febre aftosa que possa ser adotada pelos órgãos competentes tanto do Brasil, como de países vizinhos pode contribuir para o avanço no combate e erradicação da doença no Brasil.

Desta forma, serão apresentadas e discutidas algumas geotecnologias e suas aplicações para a avaliação do risco da ocorrência de febre aftosa no contexto da fronteira do Brasil com o Paraguai levando em consideração os aspectos geográficos associados às informações dos sistemas de produção existentes na região.

2- Sistemas de informação geográficas e análise multicritérios de decisão (SIG – MCDA)

Nos últimos anos, a expansão das áreas urbanas, o aumento do trânsito das pessoas, do comércio de bens e de animais, mudanças em sistemas agrícolas e climáticas e falhas nos serviços de vigilância sanitária fizeram com que tanto seres humanos quanto os animais ficassem mais expostos a doenças consideradas exóticas em seus países de origem, como por exemplo, a recente pandemia da gripe H1N1. Por estes motivos, o sistema de informações geográficas (SIG), o sensoriamento remoto (SR), os sistemas de posicionamento geográfico (GPS) e a estatística espacial assumiram um novo papel nos estudos epidemiológicos.

Estas tecnologias vêm sendo desenvolvidas muito rapidamente, os instrumentos e softwares estão cada vez mais amigáveis. Além disso, o acesso imediato aos dados e aplicações foi facilitado por meio da internet. Um exemplo claro seria o Google Earth, que não existia há 10 anos, no entanto, atualmente esta ferramenta é amplamente utilizada tanto por cientistas quanto por leigos (Berquist & Rinaldi, 2009).

Já em 1993, Sanson destacava a crescente importância do SIG em ciência veterinária, principalmente quando envolve doenças epidemiologicamente complexas, onde há necessidade de monitorar rapidamente doenças altamente contagiosas que possam cruzar fronteiras internacionais, e quando há a necessidade de lidar com as doenças politicamente sensíveis, onde é essencial a comunicação rápida e precisa.

No caso da febre aftosa, o SIG fornece a dimensão espacial aos dados relacionados às fazendas e à epidemiologia. Áreas infectadas e propriedades que estão em situação de risco podem ser rapidamente identificadas. Além disso, a capacidade de modelar a propagação do vírus e testar várias opções de controle acrescenta realismo necessário, e a gama de mapas gerados facilita a assimilação dos resultados. Finalmente o SIG

fornece um conjunto de ferramentas de apoio à gestão de recursos humanos e outros recursos (Sanson, 1993).

Os modelos espaciais para estudar a dispersão da febre aftosa e para avaliações de risco para várias medidas de controle vêm sendo cada vez mais utilizados (Sanson et al., 1999; Garner et al., 2006; Rivas et al., 2006; Chowell et al., 2006; Harvey et al. 2007; Parham et al., 2008). Apesar de haver vários modelos e estudos que utilizam as ferramentas de SIG para modelar epidemias e avaliar medidas de controle, seu uso para a identificação de áreas de risco para febre aftosa em países onde a doença é livre com vacinação ou está em processo de erradicação da doença ainda é incipiente.

Mapas de risco de doença podem ser gerados por análise de decisão multicritério baseada em SIG (SIG - MCDA), que pode ser definida como um processo que transforma e combina dados geográficos (critérios de mapa) e juízos de valor (preferências e incertezas dos tomadores de decisão) para obter informações úteis e apropriadas para a tomada de decisão (Boroushaki & Malczweski, 2010). Um dos pontos fortes da SIG-AMCD é a capacidade de incorporar múltiplas perspectivas das partes interessadas, bem como incertezas, subjetividade e informações qualitativas em um explícito e transparente processo de tomada de decisão.

A SIG-AMCD é uma metodologia que vem sendo utilizada na epidemiologia para identificar as áreas de risco para algumas doenças como, por exemplo, doenças transmitidas por vetores, gripe aviária, febre do Vale do Rift, entre outras.

A metodologia pode, potencialmente, melhorar os processos de tomada de decisão em grupo, proporcionando um quadro de resolução de problemas flexível, onde os participantes podem explorar, entender e redefinir o problema de decisão. Neste cenário, a SIG-AMCD para tomada de decisão em grupo agrega julgamentos individuais em uma preferência de grupo de forma que a melhor alternativa possa ser identificada.

Pasi e Yager (2006) propuseram uma abordagem de maioria difusa (fuzzy) para modelar o conceito de opinião majoritária de grupo para problemas de tomada de decisão. Usando um quantificador linguístico, o conceito de maioria difusa pode gerar uma solução grupo que corresponde às preferências da maioria dos tomadores de decisão. O

quantificador linguístico guia o processo de agregação dos julgamentos individuais, de tal forma que não há necessidade de ranquear as soluções alternativas individuais.

A análise da distribuição espacial do risco de febre aftosa e sua apresentação visual por meio de mapas permite a concepção de estratégias direcionadas e, portanto mais eficazes de vigilância sanitária. Outro benefício é a possibilidade de conhecer a heterogeneidade espacial nos padrões de risco em fina escala, o que é relevante para as práticas de prevenção e atividades de controle.

3- Estudo de caso da plataforma: aplicação da metodologia na região de Fronteira do Brasil com o Paraguai

A metodologia SIG-AMCD difusa, descrita acima, foi utilizada num estudo de avaliação do risco de introdução da Febre Aftosa na fronteira do Brasil com o Paraguai.

O Estado de Mato Grosso do Sul possui 1,131 km de fronteira com o Paraguai, em sua maior parte sem barreiras naturais e apenas a Rodovia Internacional, que não é asfaltada e separa os dois países. Ela se estende do Pantanal Sul, no município de Corumbá, até o município de Mundo Novo, no sudeste do Estado, que também tem fronteira com o Estado do Paraná. Doze municípios estão localizados na linha de fronteira, o que corresponde a aproximadamente 30% do território e 17% dos bovinos de Mato Grosso do Sul.

Em função da importância estratégica desta fronteira em relação ao combate e erradicação da febre aftosa, três municípios que faziam parte da antiga Zona de Alta Vigilância (ZAV) foram escolhidos de forma a representar a heterogeneidade de paisagem existente, bem como os diferentes sistemas de produção que coexistem na região de fronteira. Também foram escolhidos por serem bem distribuídos geograficamente, Mundo Novo no extremo sul do Estado, Ponta Porã, ao centro e Porto Murtinho situado à noroeste do Estado (Figura 1).



Figura 1. Representação geográfica do Estado do Mato Grosso do Sul, com a localização das áreas de estudo (Porto Murtinho, Ponta Porã e Mundo Novo) e a antiga Zona de Alta Vigilância (ZAV) evidenciada em vermelho.

O menor município estudado é o de Mundo Novo, que ocupa uma área de 480 km², com cerca de 30 mil cabeças de gado, caracterizado por pequenos agricultores, que desenvolvem principalmente, a pecuária leiteira e a agricultura de subsistência. Mundo Novo foi um dos municípios atingidos pelo último surto de febre aftosa em 2005, onde mais de 10 mil bovinos foram sacrificados.

Ponta Porã é uma região potencialmente agrícola, com uma área de 5,4 mil km², onde coexistem grandes fazendas agrícolas e agricultura familiar com cerca de 3.000 pequenas propriedades.

Porto Murtinho é o maior município com uma área de 17,7 mil km², caracterizado principalmente pela pecuária extensiva, com predomínio de fazendas de médio e grande porte e um rebanho de 650 mil bovinos. Possui uma grande área indígena, que ocupa cerca de 30% do município (538 mil hectares), doada pelo Imperador D. Pedro I como prêmio pela sua participação na Guerra do Paraguai. Cerca de 2 mil índios vivem nesta reserva.

Para a confecção dos mapas de risco as seguintes fontes de dados foram utilizadas:

- banco de dados oficial fornecido pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) contendo a relação de propriedades de cada município estudado, número de cabeças e categoria animal existente em cada propriedade, área de pastagem, presença de outras espécies animais, e a geolocalização das propriedades rurais do ano de 2010;
- banco de dados oficial de movimentação animal (guias de trânsito animal) do ano de 2010 dos três municípios estudados;
- dados geográficos dos limites entre Mato Grosso do Sul e Paraguai, rodovias, limite dos municípios, obtidos no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (www.ibge.com.br);
- geolocalização dos frigoríficos, leilões e laticínios foram fornecidos pelo MAPA.

Os dados geográficos foram observados e manipulados com a utilização do software ArcGIS (ESRI, Redlands, CA, USA). A metodologia aplicada para a análise multicritério de decisão foi a abordagem de maioria difusa, por meio de uma extensão implementada no ArcGIS 9.2 , 'Multi Criteria Group Analyst' extension, proposta por Boroushaki & Malczewski (2010).

Os fatores de risco da introdução do vírus da Febre Aftosa foram identificados a partir da literatura e da consulta a especialistas e se basearam no conceito de "vulnerabilidade", isso é na habilidade do agente viral de entrar em uma fazenda e se espalhar em uma região (Tabela 1). Oito especialistas apontaram as suas preferências em relação ao nível de importância de cada fator de risco identificado para a região estudada onde 1 representou um baixo risco e 5 alto risco.

Tabela 1. Fatores associados com a introdução do vírus da FA na fronteira do Brasil com o Paraguai

Potenciais fatores de risco de introdução da FA	Cálculo do indicador	Relação hipotética entre o fator de risco potencial e a introdução da FA na região
Densidade bovina (Bov/ha)	Rebanho bovino total dividido pelo número de hectares de pastagem	O aumento da densidade bovina está associado a uma maior taxa de contato entre animais suscetíveis e infectados.
Presença de animais jovens (Pres0024)	Soma dos machos e fêmeas bovinas e bubalinas de 0 a 24 meses de idade.	Em áreas onde os animais são submetidos a uma rotina de vacinação de FA (a cada 6 meses), a faixa etária mais susceptível é a de animais de 6 a 12 meses pois receberam menos doses de vacina durante a sua vida.
Presença de outras espécies susceptíveis (Espsucep)	Soma do número de outras espécies susceptíveis presentes na fazenda como caprinos, ovinos e suínos	No Brasil, apenas bovinos e bubalinos são vacinados contra a FA. Se o vírus for introduzido em uma região, estas espécies podem ser infectadas.
Distância das estradas principais (Distestpri)	Distância euclidiana da fazenda à estrada principal mais próxima (asfaltada ou em processo de pavimentação)	A maioria dos animais que são transportados para os frigoríficos, leilões e outras fazendas circulam pelas estradas principais.
Distância da fronteira (Distfront)	Distância euclidiana da fazenda até a fronteira ou outro país que possui um status sanitário mais baixo.	Como é uma doença de transmissão aerógena, o aumento da distância da fronteira com uma condição sanitária inferior está associado a uma diminuição do risco da introdução da FA.
Distância dos frigoríficos e dos laticínios (Distfrig)	Distância euclidiana da fazenda ao frigorífico ou laticínio mais próximo	Uma vez que estes locais representam aglomeração de animais de diferentes localidades, a proximidade com estas áreas está associada a um risco mais elevado. O transporte de leite para laticínios também é considerado uma via para a transmissão da febre aftosa.
Distância dos leilões e das zonas de descanso (Distleil)	Distância euclidiana da fazenda ao leilão ou zona de descanso destinada aos animais em trânsito mais próximo	
Compra de animais (Entradas)	Número de transações de entrada na fazenda em um período de um ano.	A entrada de animais de diferentes regiões na fazenda está associada ao risco da introdução da FA.
Venda de animais (Saídas)	Número de transações de saída da fazenda no período de um ano.	A saída de animais da fazenda está associada ao risco de introdução da FA devido à circulação de veículos e pessoas para o transporte destes animais.
Tipo de propriedade (Assentamentos) (Periferia) (Área indígena) (Fazenda)	Esta é uma variável qualitativa, na base de dados, as propriedades estão caracterizadas quanto ao tipo como assentamento, periferia, zona indígena ou fazenda	A percepção do risco para este indicador é mais subjetiva. De acordo com a opinião dos especialistas, assentamentos, periferia e zona indígena apresentariam um risco maior de introdução do vírus da FA do que uma fazenda. Isto é especialmente devido a uma maior densidade animal e uma menor condição sanitária percebida nesses estabelecimentos.

O processo envolveu duas etapas básicas. A primeira foi a criação de uma solução individual (mapa de risco) para cada especialista consultado. A segunda etapa compreendeu a agregação das opiniões dos especialistas em uma única solução de grupo. Para tanto foi utilizado o quantificador linguístico POUCOS. Desta forma, uma fazenda ou uma região foi considerada como de maior risco quando teve a combinação de poucos fatores de risco que os especialistas consideraram importantes.

3.1 Resultados e Discussão

Os critérios que, segundo os especialistas, mais influenciaram o risco de introdução da FA na região estudada foram, a entrada de animais na fazenda e a distância da fronteira (Figura 2). Com relação à variável qualitativa, tipo de propriedade, os especialistas concordaram que o tipo “fazenda” é o que representa menor risco.

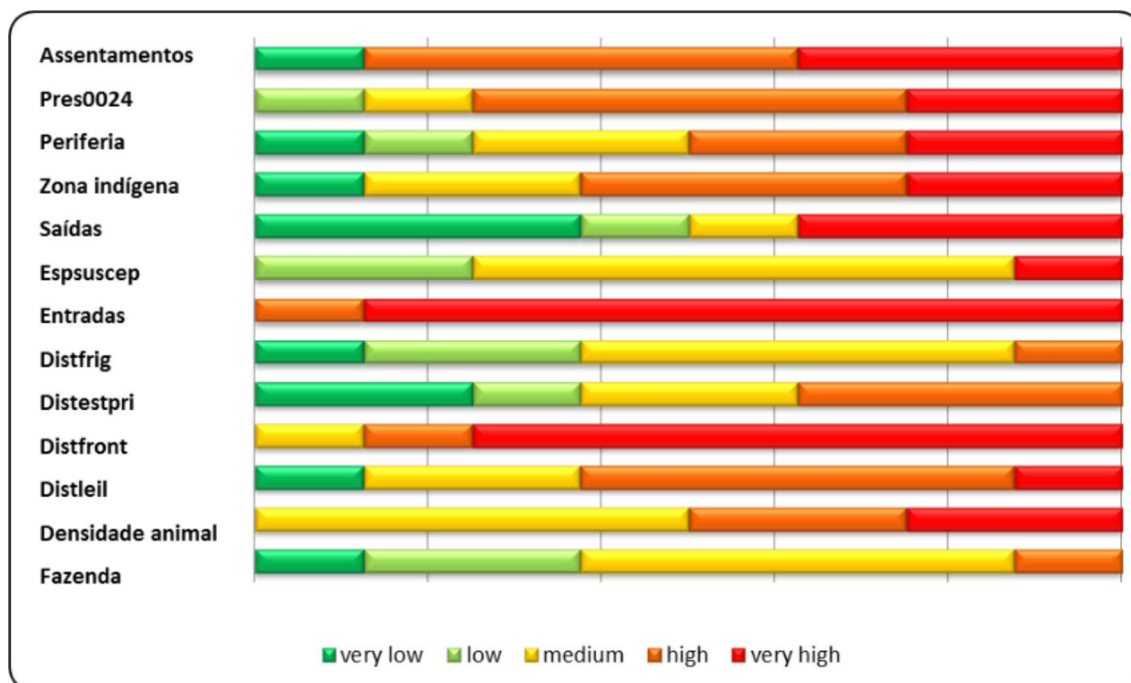


Figura 2. Proporção do risco por fator segundo a opinião dos especialistas

A opinião dos especialistas atingiu um bom grau de concordância para a maioria dos critérios estudados. Houve apenas um especialista que de maneira geral divergiu dos demais e utilizou somente valores extremos para expressar sua opinião sobre a percepção de risco, dando valores máximos para os critérios que julgou serem os mais significativos e mínimos para os outros. Como a metodologia leva em consideração a opinião da maioria, este fato não foi considerado um problema.

A distância da fronteira com o Paraguai, de acordo com os especialistas, foi um dos fatores de risco mais significativos. Apesar do Paraguai possuir o mesmo status sanitário que o Brasil, ou seja, livre com vacinação e dos esforços do governo paraguaio para melhorar as condições sanitária do país, a situação não está totalmente resolvida. No final de 2011, surgiu um foco de febre aftosa na região de San Pedro, demonstrando que ainda há algumas fragilidades no controle e erradicação da febre aftosa, especialmente em algumas áreas isoladas. Um estudo publicado por Garbered et al. (2009), também identificou uma grande diferença entre a opinião dos especialistas e a

opinião da Organização Mundial de Saúde Animal (OIE) sobre a probabilidade da presença de febre aftosa no Paraguai, mesmo sendo considerada livre pela OIE.

Para o tipo de propriedade, os especialistas concordaram que "assentamentos" representam maior risco, seguido por "periferia" e "fazendas". Este fato foi constatado pois nestes estabelecimentos, geralmente o nível de escolaridade é baixo, havendo uma necessidade de maior apoio do governo, além de boa parte destes estar localizado em áreas de fronteira.

A opinião dos especialistas é muito importante neste tipo de exercício onde há falta de dados empíricos sobre vários aspectos da doença e da sua transmissão. Vários estudos de FA são baseados na opinião de especialistas: o risco de introdução da FA na Nova Zelândia (Forbes et al, 1994; Sanson et al, 1999); Risco de introdução da FA nos Países Baixos (Horst et al, 1999); Simulação de epidemias nos Estados Unidos (Bates et al, 2003.), a introdução da FA na Grã-Bretanha através da carne de descaminho (Wooldridge et al, 2006); análise da situação da FA por país (Garabed et al 2009).

O mapa de risco resultante do agrupamento da opinião dos especialistas encontra-se na Figura 3. O cenário estudado, POUCOS fatores de risco, é um cenário bastante sensível, ou seja, uma propriedade será considerada a risco se ela possuir alguns dos indicadores elencados pelos especialistas como sendo importantes para o risco de introdução da FA. Por exemplo, uma propriedade, que se encontra próxima à fronteira e que possua uma grande quantidade de animais jovens e for classificada como assentamento, apresentará um risco elevado.

O mapa mostra uma heterogeneidade especial entre as zonas estudadas. Eles identificam áreas onde é mais provável o risco de introdução da FA baseado nos fatores de risco estudados. Os valores do risco são apresentados como média ordenada ponderada (OWA). Estes valores variam de 0 (baixa probabilidade) a 1 (alta probabilidade). Porém, estes valores não fornecem um valor absoluto do risco e sim, uma probabilidade relativa, permitindo a caracterização de localizações com risco relativo mais alto ou mais baixo.

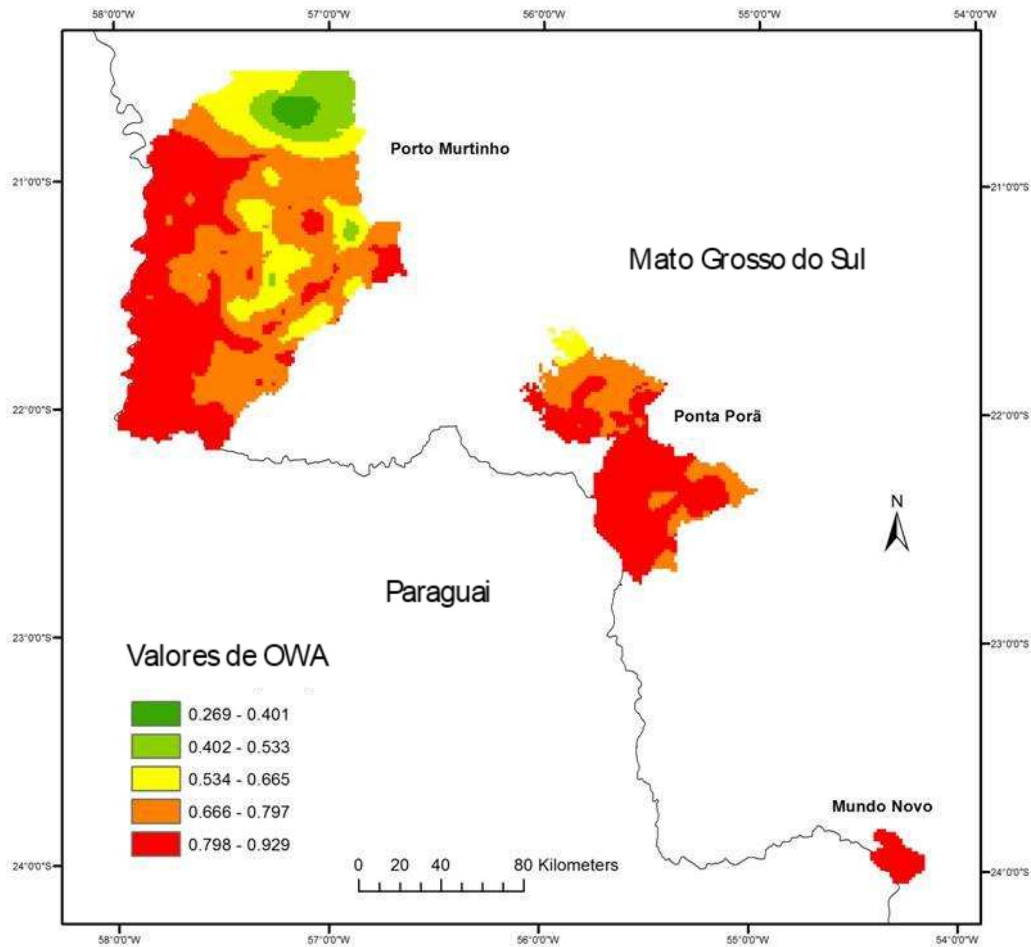


Figura 3. Mapa de risco para a introdução do vírus da Febre Aftosa nos três municípios estudados

Pode-se observar no mapa que a probabilidade de ocorrência de FA é praticamente homogênea na região de Mundo Novo onde toda a região apresentou valores altos de OWA. Para Ponta Porã, somente a porção norte apresentou risco mais baixo. Em Porto Murtinho, pode-se observar que a porção oeste, mais próxima à fronteira apresenta um maior risco de introdução da FA.

O município de Ponta Porã apresentou em média os maiores valores de risco (OWA = 0.902) seguido por Mundo Novo (OWA=0.863) e Porto Murtinho (OWA = 0.809) ($P < 0,05$). Em Ponta Porã, 86% dos estabelecimentos são assentamentos. Como este fator de risco foi considerado alto ou muito alto para quase todos os especialistas, o peso deste indicador no valor final de risco é alto. Já em Porto Murtinho, os assentamentos

representam 23% dos estabelecimentos sendo esta uma das razões pelas quais o risco de Porto Murtinho em média foi menor que nos demais.

A abordagem de maioria difusa para SIG-MCDA aplicada neste estudo, propõe uma nova plataforma para estudar a probabilidade de introdução da febre aftosa na fronteira entre Brasil e Paraguai, desta forma apoiando as ações de vigilância sanitária na região. Esta é a primeira experiência da aplicação desta metodologia para avaliação de risco de doenças infecciosas dos animais.

Tal como acontece com todos os trabalhos de modelagem, é importante estar ciente das premissas adotadas em relação aos modelos e as fontes potenciais de viés na interpretação dos resultados dessas análises (Stevens et al. 2009). Os indicadores de risco aqui estudados foram aqueles que poderiam ser mapeadas. Outros fatores de risco, como por exemplo, o movimento de pessoas dentro da fazenda, os embarques ilegais, não foram considerados pois não poderiam ser espacialmente representados.

Mesmo sabendo das limitações de se trabalhar com modelos de avaliação de risco, especialmente em regiões de fronteira, a metodologia SIG – MCDA difusa demonstrou ter um grande potencial para o estudo de doenças complexas como a febre aftosa, por lidar com a incerteza e complexidade dos diferentes pontos de vista.

Os mapas de risco produzidos neste estudo podem ser utilizados como base para uma discussão entre atores locais. Mapas de risco, associados ao conhecimento local, pode proporcionar uma melhoria da identificação de áreas ou fazendas de risco potencial mais próximas da realidade, ajudando desta forma os tomadores de decisão no combate e erradicação da febre aftosa.

4- Conclusões:

Atualmente, os grandes desafios que o Brasil enfrenta são de manter o status de livre da febre aftosa e de expandir a área livre para todo o território nacional. A região estudada, antiga zona de alta vigilância recuperou o status de livre de febre aftosa com vacinação em 2011, o que foi considerado um grande avanço. Porém isso pode implicar em uma

diminuição das atividades de vigilância de recursos. Neste contexto, identificar as regiões com maior risco potencial torna-se imprescindível.

O estudo demonstrou que existem alguns bolsões de maior probabilidade de febre aftosa em cada município estudado e sendo particularmente maior na região central do município de Ponta Porã onde há mais de 2.500 assentamentos.

Como a febre aftosa é uma doença transfronteiriça, os países ou zonas que alcançam status de livre não estão protegidos contra os **riscos** de um país vizinho infectado. Por esta razão, as regiões fronteiriças brasileiras, não só com o Paraguai, mas também com outros países da América do Sul, em que status sanitário é inferior, são áreas sensíveis onde existe a necessidade de desenvolver e implementar estratégias de erradicação regionais.

No entanto, desenvolver e implementar estratégias comuns entre os países não é uma tarefa fácil. Um dos grandes problemas quando se lida com informações de diferentes países é que o nível e a qualidade da informação **são** extremamente **variáveis**. Por esta razão, um modelo de avaliação de risco comuns precisa ser tão simples quanto possível, a fim de levar em consideração as informações mais relevantes disponíveis para cada país, de forma a construir uma plataforma onde as informações entre países possam ser comparadas de forma transparente.

O primeiro passo seria estabelecer uma vasta discussão em torno dos indicadores de risco a serem monitorados envolvendo o maior número de especialistas possível dos países envolvidos. O segundo passo seria identificar áreas de pastagem por sensoriamento remoto para servir como base espacial para o modelo de avaliação de risco SIG - MCDA em uma escala regional. Como resultado, seria possível identificar áreas de maior risco de introdução dentro dos países e entre os países. Como a maioria dos países da América do Sul lida com recursos escassos, é importante concentrar esforços em áreas de risco, desta forma, a detecção da doença / infecção é reforçada no caso de uma reintrodução do agente viral na área.

Como o processo é demorado, pois exige uma participação ativa das partes interessadas, a fim de definir objetivos, critérios, indicadores e computação da opinião dos

especialistas e posterior discussão dos resultados, só é possível durante os períodos de "calma", não sendo um ferramenta adequada para lidar com períodos de surtos.

5- Referências Bibliográficas

Bates, T., Thurmond, M., Carpenter, T. (2003). Description of an epidemic simulation model for use in evaluating strategies to control an outbreak of foot-and-mouth disease. *American Journal of Veterinary Research*, 64, 195-204.

Borouhaki, S. & Malczewski, J. (2010). Using fuzzy majority approach for GIS_based multicriteria group decision-making. *Computers & Geosciences*, 36, 302-312.

Brasil. (2010) Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. Solicitação de restituição do reconhecimento da condição sanitária de zona livre de Febre Aftosa com vacinação. Zona de Alta vigilância do Estado de Mato Grosso do Sul. Departamento de Saúde Animal, Brasília, DF.

Brasil. (2013). Ministério Da Agricultura E Abastecimento. Brasil avança para obter status internacional de país livre de febre aftosa. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/animal/noticias/2013/03/brasil-avanca-para-obter-status-internacional-de-pais-livre-de-febre-aftosa>. Acesso em 10/07/2013.

Chowell, G., Rivas, A.L.; Hengarter, N. W.; Hyman, J. M.; Castillo-Chavez, C. (2006). The role of spatial mixing in the spread of foot-and-mouth-disease. *Preventive Veterinary Medicine*, 73, 297-314.

Forbes, R., Sanson, R., Morris, R. (1994). Application of subjective methods to the determination of the likelihood and consequences of the entry of foot-and-mouth disease into New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, 42, 81-88.

Garabed, R.G., Perez, A. M., Johnson, W. O., Thurmond, M.C. (2009). Use of expert opinion for animal disease decisions: An example of foot-and-mouth disease status designation *Preventive Veterinary Medicine*, 92, 20–30.

- Garner, M. G.; Hesss, G. D.; Yang, X. (2006). An integrated modelling approach to assess the risk of wind-borne spread of foot-and-mouth disease virus from infected premises. *Environmental Modeling & Assessment* 11, 195–207. DOI: 10.1007/s10666-005-9023-5
- Harvey, N.; Reeves, A. Schoenbaum, M. A.; Zagnutt-Vergara, F. J.; Dubé, C.; Hill, A. E.; Corso, B. A.; McNab, W.B.; Cartwright, C. I.; Salman, M. D. (2007). The North American Animal Disease Spread Model: A simulation model to assist decision making in evaluating animal disease incursions. *Preventive Veterinary Medicine* 82, 176–197.
- Hongoh, V., Hoen, A. G., Aenishaenslin, C. Waaub, J-P, Belanger, D., Michel, P.(2011). Spatially explicit multi-criteria decision analysis for managing vector-borne diseases. *International Journal of Health Geographics*. 10:70.
- Horst, H., Dijkhuizen, A., Huirne, R., Meuwissen, M., (1999). Monte Carlo simulation of virus introduction into the Netherlands. *Preventive Veterinary Medicine*, 41, 209–229.
- Parham, P. E., Brajendra, K. S., Ferguson, N. M.(2008). Analytic approximation of spatial epidemic models of foot and mouth disease. *Theoretical Population Biology*, 73, 349–368.
- Pasi, G., Yager, R.R., (2006). Modeling the concept of majority opinion in group decision-making. *Information Sciences*, 176, 390–414.
- Rivas, A. L. Kunsberg, B.; Chowell, G.; Smith, S. D.; Hyman, J. M.; Schwager, S. J. (2006). Human-mediated Foot-and-mouth Disease Epidemic Dispersal: Disease and Vector Clusters. *Journal of Veterinary Medicine*, 53, 1–10.
- Sanson, R.L. (1993). The development of a decision support system for an animal Disease emergency, PhD Thesis, Massey University. New Zealand.

Sanson, R. L.; Morris, R. S. ; Stern, M. W. (1999). EpiMAN-FMD: a decision support System for managing epidemics of vesicular disease. *Revue Scientifique et Technique de l'Office International des Epizooties*, 18 (3), 593-605.

Stevens, K. B, Costard, S., Métras, R. Pfeiffer, D. U. (2009). Mapping the likelihood of introduction and spread of highly pathogenic avian influenza virus H5N1 in Africa, Ghana, Ethiopia, Kenya and Nigeria using multicriteria decision modeling. Washington, DC: International Food Policy Research Institute, International Livestock Research Institute, Royal Veterinary College. Retrieved from the website on 02 september 2012: International Food Policy Research Institute: http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/hpaiwp_africa.pdf>

Wooldridge, M., Hartnett, E., Cox, A., Seaman, M. (2006). Quantitative risk assessment case study: smuggled meats as disease vectors. *Revue Scientifique et Technique Office International des Epizooties*, 25, 105-117.