



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária
Programa de Pós Graduação em Saúde Animal

**MODELO PARA AVALIAÇÃO E GESTÃO DO RISCO DE
DIFUSÃO DO VÍRUS DA FEBRE AFTOSA EM CARNE SUÍNA
EXPORTADA PELO RIO GRANDE DO SUL**

MARIANA FIGUEIRA DORNELAS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
EM SAÚDE ANIMAL

BRASÍLIA/DF
MARÇO/ 2018



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária
Programa de Pós Graduação em Saúde Animal

**MODELO PARA AVALIAÇÃO E GESTÃO DO RISCO DE
DIFUSÃO DO VÍRUS DA FEBRE AFTOSA EM CARNE SUÍNA
EXPORTADA PELO RIO GRANDE DO SUL**

MARIANA FIGUEIRA DORNELAS

ORIENTADOR: PROF. DR. VITOR SALVADOR PICÃO GONÇALVES

PUBLICAÇÃO: 146/2018

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM SAÚDE ANIMAL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: MEDICINA PREVENTIVA E PATOLOGIA VETERINÁRIA
LINHA DE PESQUISA: EPIDEMIOLOGIA, PREVENÇÃO E CONTROLE DE DOENÇAS DOS ANIMAIS E
GESTÃO DOS RISCOS PARA A SAÚDE PÚBLICA

BRASÍLIA/ DF
MARÇO/ 2018

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**MODELO PARA AVALIAÇÃO E GESTÃO DO RISCO DE DIFUSÃO DO VÍRUS DA
FEBRE AFTOSA EM CARNE SUÍNA EXPORTADA PELO RIO GRANDE DO SUL**

MARIANA FIGUEIRA DORNELAS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
SUBMETIDA AO PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE
ANIMAL, COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS A
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM SAÚDE ANIMAL.

APROVADA POR:



VITOR SALVADOR PICÃO GONÇALVES, Doutor (UnB). Orientador



FERNANDA CÉTRANGOLO DÓREA, Doutora (National Veterinary Institute, Suécia)



DIEGO VIALI DOS SANTOS, Doutor (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento)

Brasília/DF, 22 de março de 2018.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

DORNELAS, M. F. **Modelo para avaliação e gestão do risco de difusão do vírus da febre aftosa em carne suína exportada pelo Rio Grande do Sul**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2018, 65p. Dissertação de Mestrado.

Documento formal, autorizando reprodução desta dissertação de mestrado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

DM333m	Dornelas, Mariana Figueira Modelo para avaliação e gestão do risco de difusão do vírus da febre aftosa em carne suína exportada pelo Rio Grande do Sul / Mariana Figueira Dornelas; orientador Vitor Salvador Picão Gonçalves. -- Brasília, 2018. 66 p. Dissertação (Mestrado - Mestrado em Saúde Animal) -- Universidade de Brasília, 2018. 1. Febre aftosa. 2. Análise de risco. 3. Suinocultura. 4. Carne suína. 5. Árvore de cenários. I. Gonçalves, Vitor Salvador Picão, orient. II. Título.
--------	--

“If knowledge can create problems, it is not through ignorance that we can solve them.” (Isaac Asimov)

AGRADECIMENTOS

À minha família e aos meus amigos por apoiarem as minhas decisões e dividirem as alegrias e aflições da vida acadêmica e pessoal; agradeço a todos pelos conselhos e pela compreensão.

Ao professor Vitor Gonçalves pela orientação, pelos ensinamentos, pelo incentivo, e por todas as oportunidades oferecidas a mim desde a graduação.

Aos demais professores da Universidade de Brasília, da graduação e da pós-graduação, por todo o conhecimento compartilhado em sala de aula.

À médica veterinária Ana Lourdes Mota e aos colegas da SEAPI/RS e do SIPS/RS por toda a colaboração e participação neste projeto.

Aos colegas do laboratório de epidemiologia veterinária EpiPlan (UnB) pela cumplicidade, amizade e apoio: Ana Lourdes, Marina Delphino, Cátia Dejuste, Fernanda Mergulhão, Flávio Veloso, Geórgia Roriz, Geraldo de Moraes, José Henrique, Silene Rocha, Geraldo Nascimento e Janaína Licurgo; e também os demais colegas do programa de pós-graduação em saúde animal.

SUMÁRIO

	Página
Lista de abreviaturas	8
Lista de tabelas	9
Lista de figuras	10
Informações adicionais	11
Introdução	12
CAPÍTULO I	
Mercado Mundial e a Suinocultura no Rio Grande do Sul	13
Febre aftosa	16
Análise de risco	21
Objetivo	26
Referências bibliográficas	27
CAPÍTULO II	
Resumo	33
Abstract	35
Introdução	36
Material e métodos	37
Resultados	54
Análise de sensibilidade	57
Discussão	59
Conclusão	62
Referências bibliográficas	63

LISTA DE ABREVIATURAS

FA	Febre Aftosa
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
OIE	Organização Mundial de Saúde Animal
OMC	Organização Mundial do Comércio
PSC	Peste suína clássica
RS	Rio Grande do Sul
SC	Santa Catarina
SEAPI/RS	Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação do estado do Rio Grande do Sul
SPS	Acordo sobre as medidas sanitárias e fitossanitárias
SVO	Serviço Veterinário Oficial
vFA	Vírus da Febre Aftosa

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Distribuição das granjas suínas estudadas.	39
Tabela 2. Resultados do questionário de biossegurança e risco de transmissão horizontal entre suínos e bovinos.	45
Tabela 3. Sensibilidade das etapas da inspeção <i>post-mortem</i>	52
Tabela 4. Árvore de cenários da inspeção <i>post-mortem</i> .	52
Tabela 5. Resumo estatístico de todos os parâmetros utilizados na árvore de cenários após 10.000 iterações.	55
Tabela 6. Descrição dos cenários alternativos e mudança percentual na estimativa do risco.	57

LISTA DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO I	
Figura 1. Sistemas de produção suinícolas.	14
Figura 2. Distribuição da febre aftosa em 2016.	18
Figura 3. Status oficial dos países membros da OIE para febre aftosa em 2017.	19
Figura 4. Focos de febre aftosa no Brasil de 1970 a 2002.	20
Figura 5. Etapas da análise de risco.	22
CAPÍTULO II	
Figura 1. Árvore de cenários que considera a transmissão do vFA ao longo da cadeia de produção e abate de suínos.	41
Figura 2. Distribuição do número de GTs necessárias para gerar o volume exportado em quatro meses.	42
Figura 3. Simulação estocástica para a probabilidade de que, no volume total de exportação em quatro meses, pelo menos uma granja selecionada esteja infectada com o vFA.	54
Figura 4. Análise de sensibilidade avançada: alteração do risco final (P5) em função da mudança no valor base (média) de cada variável da Parte I do modelo (granjas).	56
Figura 5. Análise de sensibilidade avançada: alteração do risco final (P5) em função da mudança no valor base (média) de cada variável da Parte II do modelo (frigorífico).	56

INFORMAÇÕES ADICIONAIS

O Capítulo I inclui o referencial teórico do trabalho de pesquisa e os seus objetivos. O Capítulo II descreve a metodologia e resultados da pesquisa realizada e está escrito na forma de artigo completo para publicação.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o quarto maior produtor e exportador de carne suína no mundo e o estado do Rio Grande do Sul (RS) tem se destacado neste cenário pela qualidade tecnológica e sanitária do seu rebanho, concentrando mais de 30% do volume de carne suína exportada pelo país anualmente (ABCS, 2016; ABPA, 2016). A febre aftosa (FA), que é uma das doenças de maior impacto na pecuária e no comércio internacional, não é registrada há mais de 15 anos no estado (OIE, 2017). No entanto, a vacinação contra febre aftosa em bovinos ainda impede o acesso da carne suína gaúcha a mercados internacionais mais exigentes do ponto de vista sanitário.

Dada a importância da suinocultura para a economia do RS, a Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação (SEAPI/RS), juntamente com a iniciativa privada do estado, tem buscado parcerias com grupos de pesquisa para fomentar estudos que subsidiem o desenvolvimento de análises de risco para caracterizar os níveis de risco que os produtos suínos do estado oferecem aos mercados a que se destinam, com o objetivo de aumentar a competitividade do setor e auxiliar na tomada de decisões.

As análises de risco são, portanto, uma maneira efetiva de se quantificar riscos, medir as incertezas e a variabilidade dos eventos relacionados, bem como detectar as principais falhas dentro de um sistema de produção animal. A Organização Mundial de Saúde Animal (OIE) preconiza a sua utilização para evitar a ocorrência de medidas sanitárias injustificáveis e fornece recomendações e princípios para a criação de um modelo de análise de risco (OIE, 2015).

Assim, considerando a FA um dos entraves no comércio internacional de carne suína, o objetivo deste trabalho foi avaliar o risco de exportação do vírus da febre aftosa (vFA) a partir de produtos suínos produzidos no RS, no caso de reintrodução do vírus na população de bovinos vacinada. A pergunta a ser respondida é: qual seria probabilidade de um lote de suínos infectado chegar ao frigorífico e não ser detectado na inspeção, caso houvesse a reintrodução do vírus na população bovina, sem que a doença tivesse sido detectada? Por fim, o trabalho buscou identificar as etapas da cadeia produtiva que mais podem contribuir para a redução dos riscos ou onde seria necessário investir para melhorar a segurança sanitária da cadeia produtiva.

CAPÍTULO I

REFERENCIAL TEÓRICO

Mercado mundial e a suinocultura do Rio Grande do Sul

O Brasil é o quarto maior produtor e exportador de produtos suínos no mundo, e na última década a suinocultura nacional se manteve em constante crescimento. Em 2016, o país produziu 39,9 milhões de suínos para abate, 0,4% a mais que no ano anterior, e gerou mais de um milhão de empregos diretos e indiretos. O volume produzido foi de 3,7 milhões de toneladas de carne suína, do qual 19,6% foi exportado. Seus principais importadores são a Rússia, Hong Kong, China, Cingapura e Uruguai (ABCS, 2016; ABPA, 2017; IBGE, 2016, 2017).

Embora a suinocultura esteja presente em todas as regiões brasileiras, sua produção está fortemente concentrada na região Sul, onde se encontra quase metade do rebanho nacional. O Rio Grande do Sul (RS), que é o Estado foco deste trabalho, possui o terceiro maior rebanho do país e é responsável por mais de 30% das exportações nacionais de produtos suínos, atrás somente de Santa Catarina (SC) (ABPA, 2017; IBGE, 2016). Entre 2011 e 2016, a produção do estado cresceu 23%, passando de 602 mil toneladas para 738 mil toneladas (ABCS, 2016; ABPA, 2017).

A suinocultura do RS é predominantemente tecnificada e confinada, usa mão-de-obra familiar, e está organizada no sistema de integração industrial, à semelhança dos demais estados da região Sul. Neste modelo de cadeia produtiva, a agroindústria ou cooperativa fornecem ao produtor toda a logística e os insumos necessários: genética, medicamentos, assistência técnica e alimentação. O produtor se responsabiliza pelas instalações e gerenciamento da produção, atuando como um provedor de serviços. O modelo de integração tem crescido nas últimas décadas pois fornece mais segurança ao produtor e promove um maior controle sobre os custos de produção, aumento da produtividade e da especialização, controle da qualidade dos insumos, além de otimizar os processos logísticos de abastecimento (ABCS, 2016).

A especialização da atividade, conduzida pelos moldes do sistema integrado, consiste na divisão da produção em três etapas: Unidades Produtoras de Leitões (UPL), Creches (CR), e Terminações (GT). Nas UPLs os leitões nascem e permanecem até o desmame; em seguida, seguem para as CRs, onde ficam por cerca de 60 a 70 dias; por fim, os leitões permanecem por cerca de 150 dias nas GTs, até atingirem o peso de abate (aproximadamente 125kg). Cada sítio

de produção envolve cuidados específicos para cada faixa etária dos animais e, ainda, permite a implementação do sistema “todos-dentro-todos-fora”, facilitando a realização do vazio sanitário entre os lotes, o que garante um maior controle sanitário (ABCS, 2016; ABCS; MAPA, 2011).

Há ainda o modelo de produção em ciclo completo (CC), realizado por produtores independentes, fora do sistema integrado. Neste modelo, todas as etapas da produção são desenvolvidas no mesmo estabelecimento. Este tipo de sistema tem entrado em desuso desde a década de 90, principalmente na região Sul do país. Estima-se que os produtores independentes representam menos de 10% da produção comercial do RS. A Figura 1 ilustra os modelos de produção citados (ABCS, 2016; ABCS; MAPA, 2011, RS, 2014).

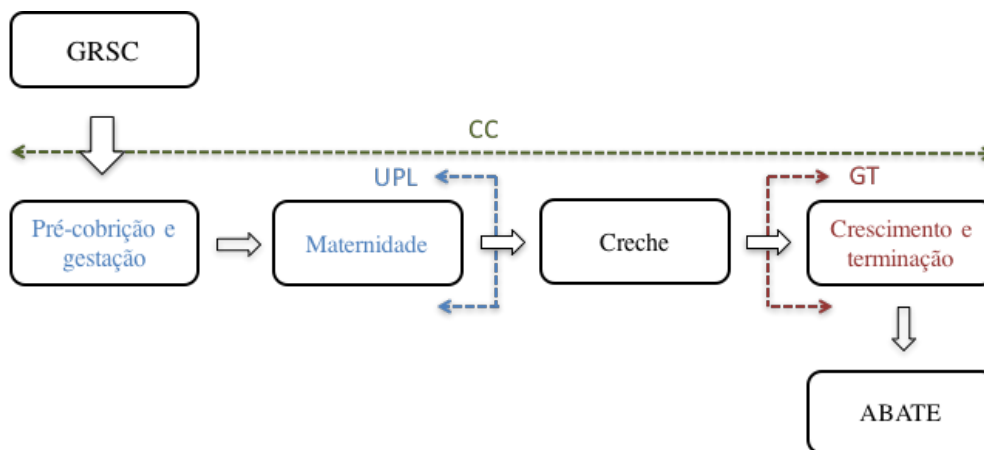


Figura 1 – sistemas de produção suínola. Fonte: Adaptado de DELPHINO, 2010.

Os animais destinados à reprodução somente podem ser comercializados pelas granjas reprodutoras de suídeos certificadas (GRSC), que seguem rigorosamente as normas previstas na Instrução Normativa DDA nº 19 de 15 de fevereiro de 2002. A certificação se baseia no monitoramento sorológico e na classificação sanitária dessas granjas (BRASIL, 2002).

Essa estruturação da cadeia produtiva tem contribuído para a sanidade do rebanho suíno do RS e para o crescimento da atividade. Doenças de grande importância para o comércio e para a saúde animal, como febre aftosa (FA) e peste suína clássica (PSC), não estão mais presentes no estado. Os últimos focos de PSC e de FA ocorreram em 1991 e em 2001, respectivamente. Atualmente o RS é reconhecido pela OIE como livre de PSC e livre de FA com vacinação em bovinos (OIE, 2017a; MAPA, 2017; GOCKS, 2012).

Outras doenças importantes para a suinocultura também não estão presentes no RS, como a síndrome respiratória e reprodutiva dos suínos (PRRS) e a diarreia epidêmica (PED), que nunca foram registradas no Brasil, assim como a doença de Aujeszky (OIE, 2017b).

O status sanitário do rebanho suíno gaúcho é resultado, principalmente, da implantação e consolidação de sistemas de vigilância e de medidas de biossegurança nas granjas. Em 2009, o serviço técnico do estado (SEAPI/RS) e da iniciativa privada, juntamente com as integradoras, sistematizaram os critérios básicos de biossegurança a serem implantados nas granjas do RS, utilizando como base as recomendações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (FUNDESA, 2009; SIPS, 2009).

Essas medidas podem ser resumidas da seguinte forma (FUNDESA, 2009; SIPS, 2009):

- Isolamento da granja - localização e infraestrutura capazes de impedir a entrada e disseminação de doenças no lote;
- Controle de entradas - registro e redução da entrada de indivíduos e de produtos possivelmente contaminados lote, e as medidas de higiene a serem tomadas;
- Controle de movimentos internos - manejo e limpeza das instalações que visam impedir a transmissão de patógenos entre lotes;
- Controle das saídas - adoção de medidas que impedem a contaminação de outras unidades de produção;

Em estudos recentes, Delphino (2010), Dornelas (2015) e Mota (2016) avaliaram e caracterizaram essas medidas de biossegurança nas granjas do estado. Embora ainda haja falhas na implantação dessas medidas, de uma forma geral as granjas do sistema integrado possuem menor vulnerabilidade à introdução de doenças quando comparadas às granjas de produtores independentes, refletindo melhores condições de biossegurança nesse sistema. Além disso, entre as tipologias produtivas também há diferenças significativas na aplicação dessas medidas. As creches são as que possuem melhores condições, principalmente com relação à infraestrutura/isolamento físico da granja (como cercas e telas antipássaros), e controle de entradas. Em média, as UPLs e as GTs possuem características de biossegurança semelhantes, mas as UPLs são mais heterogêneas entre si do que as demais. (DELPHINO, 2010; DORNELAS, 2015; MOTA, 2016).

Ressalta-se que nos últimos cinco anos pôde ser observada uma evolução na implantação de algumas dessas práticas, como o isolamento da granja com cerca telada, o controle de visitantes, o uso de uniforme exclusivo, e o estabelecimento de entrada única por meio de vestiário e banheiro. Isso demonstra o potencial crescimento da atividade no estado e os benefícios que a integração com a indústria podem conferir à segurança do produto final (DELPHINO, 2010; DORNELAS, 2015; MOTA, 2016).

A febre aftosa

A febre aftosa (FA) é causada por um vírus do gênero *Aphthovirus*, da família Picornaviridae. Existem sete sorotipos diferentes do vírus: A, O, C, SAT1, SAT2, SAT3, e Asia1, mas apenas os três primeiros estiveram presentes na América do Sul. O vírus é inativado gradativamente em temperaturas acima de 50°C, e sobrevive à dessecação e em pH entre 6.0 e 9.0, podendo permanecer viável no ambiente por até um mês (LYRA; SILVA, 2004; OIE, 2013, 2017a, 2017b).

A doença é conhecida por ser uma das mais contagiosas em animais e por causar importantes perdas econômicas. Todos os animais domésticos de casco fendido são susceptíveis, mas os bovinos são os principais reservatórios do vírus. Ainda assim, suínos, caprinos, ovinos e búfalos também podem ser importantes para a disseminação da doença. Animais selvagens, biungulados ou não, como cervídeos, camelídeos, suídeos asselvajados, girafas, elefantes e capivaras também podem se infectar, mas estes têm pouca relevância epidemiológica na pecuária (OIE, 2013, 2017b).

Após a exposição ao vírus, o período de incubação pode durar de dois a quatorze dias nos bovinos e até nove dias nos suínos. Os animais afetados podem apresentar sinais clínicos leves ou severos, ou podem permanecer subclínicos, dependendo da virulência da cepa, da imunidade do hospedeiro e da dose infectante. A taxa de morbidade pode chegar a 100%, mas a mortalidade é muito baixa em adultos (1-5%), podendo ser mais alta em animais jovens (20% ou mais) (OIE, 2013). Os sinais clínicos da doença são semelhantes aos de outras doenças vesiculares (doença vesicular dos suínos, estomatite vesicular, entre outras), e envolvem principalmente: febre, vesículas na mucosa oral, nasal e nos cascos, que se rompem e culminam em dificuldades para se alimentarem e se locomoverem. A morte em animais jovens pode ocorrer devido a miocardite (KINSLEY et al., 2016; OIE, 2013).

Os bovinos se recuperam da enfermidade em cerca de 15 dias, e, em alguns casos, podem continuar a carrear o vírus na orofaringe, tornando-se portadores por até seis meses. A doença em suínos também dura cerca de duas semanas, mas eles não se tornam portadores do vírus após a recuperação. No entanto, estes animais apresentam uma maior severidade de sinais clínicos, podendo haver o desprendimento dos cascos e lesões por todos os membros, especialmente na região dos carpos devido à claudicação severa. Há também evidências de grave linfopenia nestes animais e alta mortalidade em leitões jovens. Além disso, os suínos eliminam maiores quantidades de vírus que os bovinos durante o pico de viremia, configurando-

se como um importante elo na disseminação da doença (ALEXANDERSEN et al., 2003a; KINSLEY et al., 2016; OIE, 2013; STENFELDT et al., 2016; WARD et al., 2009).

Na avaliação *post-mortem*, os suínos podem apresentar lesões pálidas no ventrículo esquerdo do coração em decorrência de necrose das células cardíacas, aparentando um aspecto “tigrado” (KITCHING; ALEXANDERSEN, 2002).

O vFA pode estar presente em todas as secreções e excreções dos animais doentes durante a fase aguda. Para os bovinos, a principal forma de disseminação do vírus se dá a partir da movimentação e aglomeração de animais infectados e a subsequente transmissão direta de partículas virais em aerossóis e outras secreções para os susceptíveis por inalação (DONALDSON et al., 2001; DONALDSON; ALEXANDERSEN, 2002; OIE, 2013, 2017b). Para os suínos, a propagação viral ocorre principalmente pela via oral, por meio da ingestão de carne crua contaminada, sendo muito resistentes à via aerógena. O fornecimento de alimentos contaminados aos suínos e a subsequente introdução do vFA esteve relacionada a importantes surtos epidêmicos na África do Sul em 2000 e na Inglaterra em 2001 (ALEXANDERSEN et al., 2002; KITCHING; HUTBER; THRUSFIELD, 2005). Uma vez que o vírus atinge um rebanho suíno, a infecção se espalha muito rapidamente entre estes animais devido à alta taxa de contato direto entre eles. Dessa forma, várias investigações demonstraram que a transmissão do vírus para suínos pode ser interrompida quando eles são isolados fisicamente (ALEXANDERSEN et al., 2003a; ALEXANDERSEN; DONALDSON, 2002; OIE, 2013; STENFELDT et al., 2016).

Outra via de transmissão que também deve ser considerada é o contato indireto, que é caracterizado pela transferência do vírus a partir objetos contaminados (veículos, equipamentos, fômites, etc.), ou de pessoas que entram em contato com os animais infectados. Medidas de biosseguridade são cruciais para mitigar essa forma de difusão (KINSLEY et al., 2016; KITCHING; HUTBER; THRUSFIELD, 2005; QUAN et al., 2004; WARD et al., 2009).

A disseminação do vFA pelo vento é um mecanismo mais raro e que exige uma série de condições climáticas e geográficas favoráveis, mas, quando ocorrem, seus efeitos podem ser dramáticos. Vale ressaltar que, neste caso, o risco é maior partindo de um rebanho suíno infectado a um rebanho bovino susceptível, enquanto que o contrário seria muito improvável devido à resistência dos suínos a esta via e ao fato de que eles excretam maiores quantidades de vírus (DONALDSON; ALEXANDERSEN, 2002; OIE, 2013; STENFELDT et al., 2016; WARD; GARNER; COWLED, 2015).

O diagnóstico da doença é feito por meio da avaliação dos sinais clínicos e de testes

laboratoriais. No Brasil, as amostras devem ser colhidas por um veterinário do serviço veterinário oficial (SVO), quando houver suspeita de doença vesicular, e enviadas aos laboratórios de referência do MAPA. O diagnóstico laboratorial baseia-se na aplicação de (1) testes para detecção de anticorpos se existir vínculo epidemiológico com outro foco; ou (2) testes de isolamento viral em animais com ou sem sinais clínicos; ou (3) detecção de antígeno viral específico se for confirmada doença vesicular ou havendo possibilidade de contato prévio com o vírus. Na confirmação do caso, este deve ser notificado em até 24h à OIE, ao PANAFTOSA, aos países vizinhos e parceiros comerciais, e os animais devem ser eutanasiados (BRASIL, 2007a, 2007b, 2009).

A FA é uma doença de notificação obrigatória pela OIE e está presente de forma endêmica em partes da Ásia, África, Oriente Médio, e na América do Sul, onde ocorrem surtos esporádicos. As Figuras 2 e 3 apresentam, respectivamente, a distribuição da doença e o status de cada país membro.

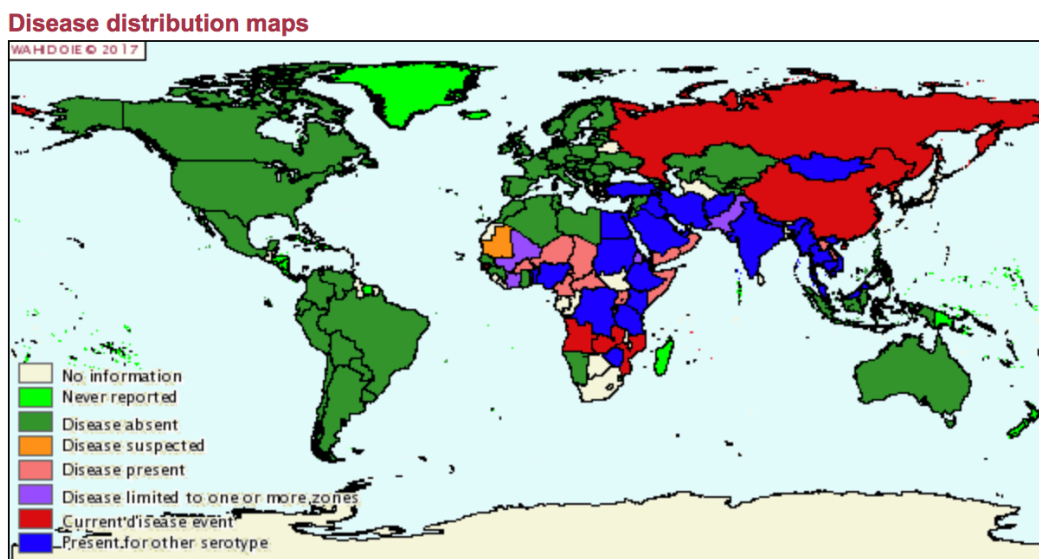


Figura 2 – Distribuição da febre aftosa em 2016. (WAHIS, 2017).

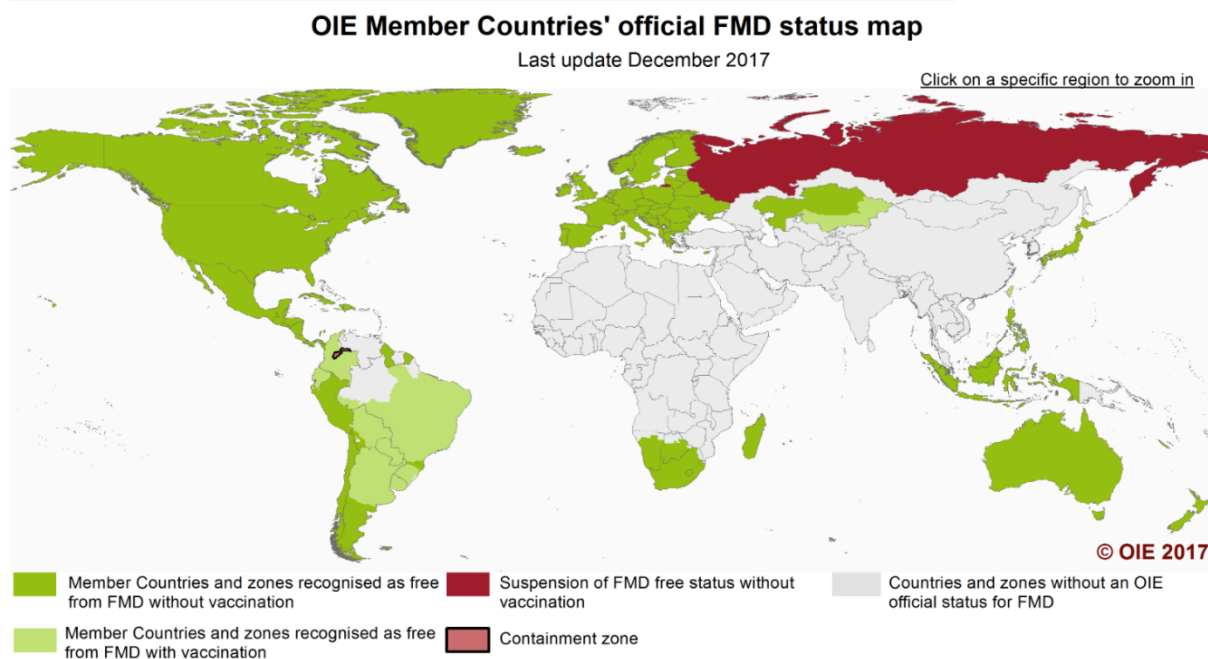


Figura 3 – Status oficial dos países membros da OIE para febre aftosa em 2017 (WAHIS, 2017).

Desde 1895 há relatos da doença no Brasil, mas só em 1972 foi institucionalizada a campanha nacional de combate à FA por meio da vacinação. A década de 70 foi marcada por elevado número de casos, chegando a mais de 10 mil focos em 1976 (LYRA; SILVA, 2004; SALMAN; GONÇALVES; WONGSATHAPORNCHAI, 2006). Na década de 80 já se podia observar a redução na sua ocorrência. Em 1992, com a implantação do Programa Nacional de Erradicação da Febre Aftosa (PNEFA), a doença foi reduzida drasticamente (Figura 4) (LYRA; SILVA, 2004).

O PNEFA foi marcado por melhorias na qualidade da vacina, pela implantação da regionalização e por uma maior interação público-privado. A partir de 1999, o programa teve apenas alguns sobressaltos: a reintrodução do vírus no RS em 2000 e 2001, e no Mato Grosso do Sul e Paraná em 2005 e 2006, os quais já eram considerados livres com vacinação, além de surtos em áreas não livres em 2004 (Pará e Amazonas) (GOCKS, 2012; LYRA; SILVA, 2004; MÜLLER; MATTOS; LIMA, 2007).

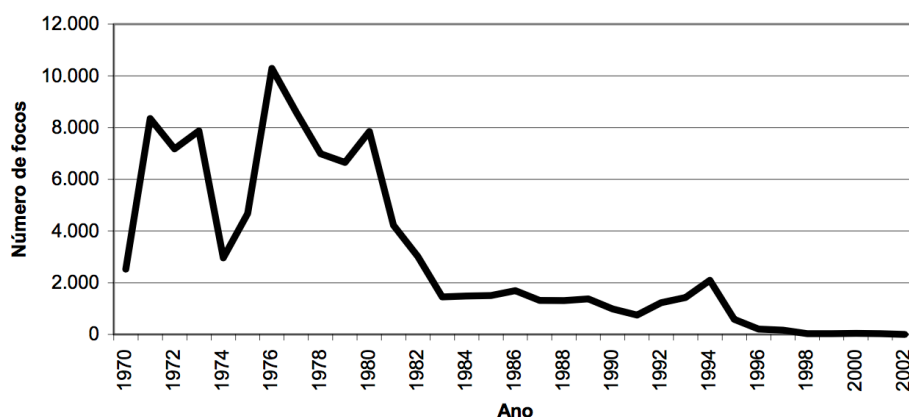


Figura 4 – Focos de febre aftosa no Brasil de 1970 a 2002 (LYRA; SILVA, 2004).

Quando na década de 80 a FA ocorria de forma epidêmica no RS, notava-se uma dificuldade na contenção dos focos devido à elevada densidade populacional e coexistência de bovinos, suínos e ovinos na mesma propriedade. Ainda assim, os esforços da iniciativa privada em lidar com a doença, juntamente com os recursos públicos disponíveis e impulsionados pela importância econômica das atividades pecuárias no estado e os prejuízos causados pela doença, as medidas de erradicação se tornaram efetivas a longo prazo (GOCKS, 2012; LYRA; SILVA, 2004; MÜLLER; MATTOS; LIMA, 2007).

A primeira zona livre com vacinação do Brasil surgiu em 1998, composta pelo RS e SC. No início de 2000, estes dois estados já tentavam retirar a vacinação visando a evolução do status sanitário. Com a reintrodução do vírus no RS em 2000 e 2001, os dois estados foram suspensos da zona livre. Esses focos estiveram relacionados com a ocorrência da doença na Argentina, no Paraguai e no Uruguai, onde havia movimentação informal de animais para o Brasil. Os focos ocorreram em assentamentos rurais e propriedades de baixa tecnificação. Ao todo, foram 22 focos no primeiro surto e 30 focos no segundo. O elevado número de focos foi atribuído à demora na notificação ao SVO (GOCKS, 2012; LYRA; SILVA, 2004; MÜLLER; MATTOS; LIMA, 2007).

A situação foi normalizada em 2002 adotando-se as medidas preconizadas pelo PNEFA: sacrifício sanitário de animais acometidos ou que foram expostos, vacinação emergencial, desinfecção de equipamentos e instalações, contenção de trânsito, vigilância epidemiológica e educação sanitária (GOCKS, 2012).

O último foco de FA em suínos de granjas comerciais da região Sul do país ocorreu em 1993, quando foram detectados em um frigorífico de SC animais doentes provenientes do PR e

SC. Uma propriedade de bovinos vizinha ao frigorífico no RS também foi infectada a partir desse foco. Com isso, nota-se a dificuldade da introdução da doença em populações de suínos, mesmo não sendo vacinados, quando estes são isolados fisicamente e medidas de biossegurança são tomadas (DELPHINO, 2010; LYRA; SILVA, 2004). Ademais, no Brasil é proibido por lei o fornecimento de restos de alimentação humana aos suínos (BRASIL, 2004), além de que a alimentação dos suínos de produção comercial, especialmente na região Sul, é fornecida pela indústria integradora, o que reduz consideravelmente o risco de introdução do vírus para os suínos (DELPHINO, 2010; DORNELAS, 2015).

Atualmente, a área livre do Brasil reconhecida pela OIE é especificada conforme mostra a Figura 3, mas a previsão é de que em maio de 2018 todo o país seja internacionalmente reconhecido como livre com vacinação (BRASIL, 2018), exceto Santa Catarina, que já é reconhecido como estado livre sem vacinação. A vacinação é obrigatória para todos os bovinos e bubalinos, e é de responsabilidade do produtor (BRASIL, 2007b). Destaca-se que apenas SC possui o status de livre sem vacinação, o que permite a exportação de produtos suínos a países mais exigentes do ponto de vista sanitário, como o Japão e a Coreia do Sul, que estão entre os maiores importadores mundiais (ABCS, 2016; GARCIA et al., 2015). Assim, com o intuito de ampliar a participação mundial do agronegócio brasileiro, em setembro de 2017 foi aprovado o Plano Estratégico do PNEFA, que propõe a ampliação da zona livre de FA sem vacinação em todo o território nacional até o ano de 2026 (BRASIL, 2017).

Análises de Risco

O aumento das transações de animais vivos, seus produtos e subprodutos entre países representa um importante fator de risco para a introdução e disseminação de doenças. Desta forma, os benefícios da importação devem ser equilibrados com os riscos associados. Para se ter conhecimento desses riscos e facilitar o comércio entre países, o Acordo Sobre Aplicação de Medidas Sanitárias e Fitossanitárias (SPS), da Organização Mundial do Comércio (OMC), incentiva a realização de análises de risco para a tomada de decisões, utilizando como base a metodologia científica. No âmbito do comércio de animais e produtos animais, a OIE é a organização oficial que preconiza as diretrizes e recomendações para a realização dessas análises (OIE, 2016; VOSE, 2008).

A análise de risco passou a ser mais utilizada pelos serviços veterinários a partir da década de 90 como ferramenta auxiliadora na tomada de decisões, tanto por países importadores quanto exportadores. Ela pode ser realizada para avaliar o potencial ingresso de uma enfermidade e suas possíveis vias de introdução e para avaliar o impacto de pontos críticos da cadeia produtiva, contribuindo para a gestão dos riscos dos processos produtivos (HARTNETT et al., 2007; OIE, 2016; SANTOS et al., 2014; STÄRK et al., 2006).

Uma análise de risco busca responder as seguintes questões (OIE, 2004a):

- O que pode dar errado?
- Qual a probabilidade de isso dar errado?
- Quais são as consequências disso?
- O que pode ser feito para reduzir essa probabilidade ou essas consequências?

Ainda conforme as diretrizes da OIE, o processo de construção de um modelo de risco consiste em quatro etapas: identificação do perigo, avaliação de risco, gestão de risco e comunicação de risco (Figura 5) (OIE, 2016).



Figura 5 – Etapas da análise de risco (OIE, 2016).

A primeira etapa, identificação do perigo, procura verificar quais são os patógenos que podem causar danos associados à importação de um produto. Para tanto, é necessário identificar se o perigo está presente no país importador, e qual é a sua situação. As fontes de dados para essas informações podem ser provenientes dos serviços veterinários, dos programas de vigilância e controle, e dos sistemas de compartimentalização ou regionalização (OIE, 2016). No presente trabalho, o perigo a ser avaliado é o vírus da febre aftosa.

Uma questão crucial para esta primeira etapa é saber se o produto a ser importado representa um veículo potencial do agente patogênico (OIE, 2016). No caso da carne suína, sabe-se que a queda do pH é menos brusca durante o *rigor-mortis* do que nos bovinos, e que esta queda não atinge os linfonodos, a medula óssea e a gordura, possibilitando a viabilidade

do vFA. Além disso, o músculo contendo sangue residual também pode apresentar partículas virais. Assim, caso os suínos sejam abatidos no pico de viremia, não deve ser descartada a possibilidade de que cortes da carne in natura, carcaças resfriadas e até produtos processados (presunto e salame) possam carrear o vFA (FAREZ; MORLEY, 1997; LOPEZ; DEKKER; NIELEN, 2001).

A avaliação de risco é a etapa que estima os riscos associados ao perigo. Ela deve ser norteada pelos princípios da transparência e da consistência metodológica para que se possa fazer o uso correto das suas conclusões. Assim, a avaliação de risco deve se basear em conhecimento científico, utilizando a literatura e outras referências, incluindo opinião de especialistas. Devem ser bem documentadas as incertezas e suposições. Além disso, ela deve ser flexível para que se adapte a diferentes contextos e informações disponíveis, e deve permitir a atualização dos dados (OIE, 2016).

A avaliação de risco é composta por quatro etapas: a avaliação da entrada (ou da difusão), avaliação da exposição, avaliação das consequências, e estimação de riscos. A avaliação da difusão, que é o foco deste trabalho, descreve os caminhos necessários que o agente infeccioso deve percorrer para atingir o produto final, e estima a probabilidade de que esse processo ocorra, considerando todas as condições possíveis. Entre essas condições, destacam-se as características biológicas do patógeno, do hospedeiro e a cadeia epidemiológica; as características do país exportador, como incidência e prevalência, e as atividades do serviço veterinário; e as características do produto final, como o seu volume e processamento (OIE, 2004a, 2016).

A avaliação da exposição descreve os caminhos necessários para que o perigo atinja os animais ou seres humanos do país importador. Em seguida, a avaliação das consequências determina a relação entre a exposição ao agente patogênico e as suas consequências, que podem ser biológicas ou socioeconômicas. Por fim, a estimativa dos riscos integra os resultados de todas as etapas anteriores e os sintetiza para que possam ser utilizados na tomada de decisões. Se a estimativa do risco não for negligenciável ou insignificante, medidas sanitárias devem ser tomadas (OIE, 2004a, 2016; SANTOS, 2016).

A próxima etapa da análise de risco, a gestão do risco, decide quais medidas serão implementadas a partir dos riscos estimados, caso eles superem o risco aceitável. Devido à subjetividade inerente às análises de risco, as medidas devem ser tomadas com precaução. Dessa forma, o grande desafio é saber como utilizar e interpretar as análises de risco. Uma maneira de se fazer isso é examinar a análise de risco como um método que descreve e

caracteriza as incertezas associadas às variáveis de interesse, e usá-la como ferramenta auxiliar, ou seja, devem ser levados em consideração a interpretação e o julgamento dos gestores. Ainda, um risco pode ser aceitável para um determinado país e não o ser para outro (AVEN; ZIO, 2014; OIE, 2016; SANTOS, 2016).

A comunicação do risco deve ser feita simultaneamente durante todas as etapas da análise, e deve envolver a interação e a troca de informações entre os envolvidos, baseando-se na transparência (OIE, 2016).

Quanto aos tipos de análise de risco, elas podem ser qualitativas ou quantitativas. Na análise qualitativa, suas variáveis e resultados são dados em categorias, e. g. alto, médio, baixo ou negligenciável. Nas análises quantitativas utilizam-se modelos matemáticos, ou seja, os inputs e outputs são dados numericamente. Estes modelos geralmente são expressos em processo estocástico, utilizando distribuições de probabilidade para designar cada variável. Neste caso, os valores destas distribuições são amostrados e combinados aleatoriamente em cada simulação do modelo, resultando em diferentes cenários (iterações), produzindo uma distribuição de possíveis resultados à medida que vários cenários são formados. A amostragem de cada valor nas distribuições de probabilidade é comumente realizada pelo método de Monte-Carlo, em que há reposição dos valores selecionados em cada simulação (OIE, 2004; VOSE, 2008).

A vantagem das distribuições de probabilidade é que elas permitem descrever e incorporar na análise a variabilidade e a incerteza dos parâmetros estudados. A variabilidade é um fenômeno existente a ser analisado e estudado na população alvo, já a incerteza é uma medida de incompletude do conhecimento de quem analisa. Com o aumento da quantidade e qualidade dos dados coletados, a incerteza é reduzida. Vale lembrar que mesmo quando o conhecimento é perfeito, ou seja, onde não há incerteza, ainda existe variabilidade (OIE, 2004; VOSE, 2008).

As incertezas são parte inerente das análises de risco e muitas vezes, quando não há dados existentes sobre algum parâmetro, utilizam-se opiniões de especialistas. Embora seja essencialmente subjetiva, a opinião de especialistas é uma ferramenta consolidada e muito utilizada em diversas áreas do conhecimento. É muito importante que ela seja sempre evidenciada de forma transparente, permitindo discussões lógicas e razoáveis (GARABED et al., 2009; GUSTAFSON et al., 2013; MORGAN, 2014; OIE, 2004).

Por fim, embora a análise de risco em saúde animal seja bastante utilizada em vários países em nível de excelência, no Brasil ela ainda foi pouco explorada. Isto ocorre devido à

escassez de dados de qualidade, que deveriam ser gerados por sistemas de vigilância e monitoramento, e também devido à falta de capacitação de pessoal. No entanto, com as tentativas de integrar o sistema veterinário oficial brasileiro com as universidades e a pesquisa científica, o uso deste recurso tem aumentado nos últimos cinco anos (DELPHINO, 2010; SANTOS et al., 2014).

OBJETIVOS

Avaliar o risco de difusão do vírus da febre aftosa em carne suína produzida no Rio Grande do Sul, caso a doença seja reintroduzida na população bovina, e identificar os principais pontos críticos de controle para a doença na cadeia produtiva de suínos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCS. Associação Brasileira de Criadores Suínos. **Mapping of brazilian pork chain.** / Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. 1ª ed.; 376 p.; il.; color. Brasília, DF, 2016.

ABCS; MAPA. Associação Brasileira de Criadores Suínos e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual brasileiro de boas práticas agropecuárias na produção de suínos.** Brasília, DF : ABCS; MAPA; Condórdia: Embrapa Suínos e Aves. 1ª ed. 140 p.; 2011.

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual.** São Paulo, SP. 136 p., 2016.

ABPA. Brazilian Association of Animal Protein. **2017 Annual Report.** São Paulo: [s.n.]. 133 p.; Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/suinoicultura/publicacoes/relatorios-anuais>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

ALEXANDERSEN, S. et al. Quantities of infectious virus and viral RNA recovered from sheep and cattle experimentally infected with foot-and-mouth disease virus O UK 2001. **Journal of General Virology**, v. 83, n. 8, p. 1915–1923, 2002.

ALEXANDERSEN, S. et al. Studies of quantitative parameters of virus excretion and transmission in pigs and cattle experimentally infected with foot-and-mouth disease virus. **Journal of Comparative Pathology**, v. 129, n. 4, p. 268–282, 2003a.

ALEXANDERSEN, S. et al. Clinical and laboratory investigations of five outbreaks of foot-and-mouth disease during the 2001 epidemic in the United Kingdom. **Veterinary Record**, v. 152, n. 16, p. 489–496, 19 abr. 2003b.

ALEXANDERSEN, S.; DONALDSON, A I. Further studies to quantify the dose of natural aerosols of foot-and-mouth disease virus for pigs. **Epidemiology and Infection**, v. 128, n. 2, p. 313–323, 2002.

AVEN, T.; ZIO, E. Foundational Issues in Risk Assessment and Risk Management. **Risk Analysis**, v. 34, n. 7, p. 1164–1172, jul. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 19, de 15 de fevereiro de 2002.** Aprova as normas a serem cumpridas para a certificação de granjas de reprodutores suídeos.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Vigilância veterinária de doenças vesiculares: Orientações gerais**. 2007a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 44, de 2 de Outubro de 2007b**. Aprova as diretrizes gerais para a erradicação e a prevenção da febre aftosa a serem observados em todo o território nacional.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano de Ação para Febre Aftosa: atendimento à notificação de doença vesicular**. v. I [s.l: s.n.], 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 116, de 20 de Setembro de 2017**. Aprova o Plano Estratégico do Programa Nacional de Erradicação e Prevenção da Febre Aftosa - PNEFA para 2017 - 2026.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, MAPA. Comitê científico da OIE aceita pedido para declarar o país livre de febre aftosa com vacinação, 2018. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/noticias/comite-cientifico-da-oie-aceita-pedido-para-declarar-o-pais-livre-da-aftosa-com-vacinacao> > Acesso em: 23 fev. 2018.

DELPHINO, M. K. V. C. Avaliação do risco de difusão do vírus da febre aftosa em produtos suínos exportados pela região sul do Brasil. [s.l: s.n.], 2009. (Dissertação de mestrado em Saúde Animal) - Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2009.

DONALDSON, A. I. et al. Relative risks of the uncontrollable (airborne) spread of FMD by different species. **The Veterinary Record**, v. 148, p. 602–604, 2001.

DONALDSON, A. I.; ALEXANDERSEN, S. Predicting the spread of foot and mouth disease by airborne virus. **Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)**, v. 21, n. 3, p. 569–575, 2002.

DORNELAS, M. F. Avaliação da biossegurança em granjas suínas comerciais do Rio Grande do Sul. 2015. (Monografia de graduação em Medicina Veterinária) - Universidade de Brasília, Brasília, DF.

FAREZ, S.; MORLEY, R. S. Potential animal health hazards of pork and pork products. **Revue Scientifique Et Technique De L Office International Des Epizooties**, v. 16, n. 1, p. 65–78, 1997.

FUNDESA. Fundo de Desenvolvimento e Defesa Sanitária Animal. Recomendações Básicas de Biossegurança na Produção de Suínos. 2009. Disponível em: <

http://www.fundesa.com.br/_arquivos/criterios_basicos_biosseguranca_da_suinocultura.pdf >
Acessado em: 16 nov. 2017.

GARABED, R. B. et al. Use of expert opinion for animal disease decisions: An example of foot-and-mouth disease status designation. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 92, n. 1–2, p. 20–30, 2009.

GARCIA, D. C. C. et al. Impactos do surto de febre aftosa de 2005 sobre as exportações de carne bovina Brasileira. **Ciencia Animal Brasileira**, v. 16, n. 4, p. 525–537, 2015.

GOCKS, M. Informativo técnico N° 10/Ano 03: Ocorrência sanitária de febre aftosa no Rio Grande do Sul nos anos 2000 e 2001 e os fatores que influenciaram o saneamento, Relato de caso. [s.l: s.n.]. 2012.

GUSTAFSON, L. L. et al. Integrating expert judgment in veterinary epidemiology: Example guidance for disease freedom surveillance. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 109, n. 1–2, p. 1–9, 2013.

HARTNETT, E. et al. A quantitative assessment of the risks from illegally imported meat contaminated with foot and mouth disease virus to Great Britain. **Risk Analysis**, v. 27, n. 1, p. 187–202, 2007.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro: [s.n.]. v. 44. 2016.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE: Estatística da Produção Pecuária**. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=72380>>. Acessado em 13 de nov. 2017.

KINSLEY, A. C. et al. Parameter Values for Epidemiological Models of Foot-and-Mouth Disease in Swine. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 3, n. June, p. 1–9, 2016.

KITCHING, R. P.; ALEXANDERSEN, S. Clinical variation in foot and mouth disease: pigs. **Revue Scientifique et Technique de l'OIE**, v. 21, n. 3, p. 513–518, 2002.

KITCHING, R. P.; HUTBER, A. M.; THRUSFIELD, M. V. A review of foot-and-mouth disease with special consideration for the clinical and epidemiological factors relevant to predictive modelling of the disease. **Veterinary Journal**, v. 169, n. 2, p. 197–209, 2005.

KNIGHT-JONES, T. J. D.; RUSHTON, J. The economic impacts of foot and mouth disease –

What are they, how big are they and where do they occur? **Preventive Veterinary Medicine**, v. 112, n. 3–4, p. 161–173, nov. 2013.

LOPEZ, E.; DEKKER, A.; NIELEN, M. Risk assessment on Foot-and-Mouth Disease in pork from vaccinated animals. **Food and Agriculture Organization of the United Nations Publications**, p. 207–212, 2001.

LYRA, T. M. P.; SILVA, J. A. A febre aftosa no Brasil, 1960-2002. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 5, p. 565–576, 2004.

MARTIN, P. A. J.; CAMERON, A. R.; GREINER, M. Demonstrating freedom from disease using multiple complex data sources 1 : A new methodology based on scenario trees. v. 79, p. 71–97, 2007.

MORGAN, M. G. Use (and abuse) of expert elicitation in support of decision making for public policy. **Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)**, v. 111, n. 20, p. 7176–7184, 2014.

MOTA, A. L. A. Avaliação do sistema de vigilância da peste suína clássica nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, 2016. (Tese de doutorado) Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016.

MÜLLER, C. A. DA S.; MATTOS, L. B. DE; LIMA, J. E. DE. Determinantes da erradicação da febre aftosa no Brasil. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 9, n. 1, p. 89–97, 2007.

OIE. World Organisation for Animal Health. **Handbook on import risk analysis for animals and animal products**. Paris: [s.n.]. v. 1, 2004a.

OIE. World Organisation for Animal Health. **Handbook on import risk analysis for animals and animal products**. Paris: [s.n.]. v. 2, 2004b.

OIE. World Organisation for Animal Health. Foot and mouth disease. **Technical Disease Cards**, p. 1–5, 2013.

OIE. World Organisation for Animal Health. Infection with foot-and-mouth disease virus. In: **Terrestrial Animal Health Code**. [s.l: s.n.]. v. Iip. 1–24. 2015.

OIE. World Organisation for Animal Health. Risk analysis. In: **Terrestrial Animal Health Code**. [s.l: s.n.]. v. 1p. 1–6. 2016

OIE. World Organisation for Animal Health. Foot and mouth disease (infection with foot and mouth disease virus). In: **OIE Terrestrial Manual**. [s.l: s.n.]. v. Iip. 1–32. 2017.

QUAN, M. et al. Determinants of early foot-and-mouth disease virus dynamics in pigs. **Journal of Comparative Pathology**, v. 131, n. 4, p. 294–307, 2004.

Rio Grande do Sul (RS). Secretaria de Agricultura, Pecuária e Irrigação. Sistema de Vigilância Sanitária na Zona Livre de Peste Suína Clássica. Relatório Anual, 2014.

SALMAN, M. D.; GONÇALVES, V. S. P.; WONGSATHAPORNCHAI, K. Risco De Introdução Da Febre Aftosa Através Da Importação De Produtos Suínos Do Brasil: Avaliação De Riscos. p. 1–44, 2006. Disponível em: < http://file.aviculturaindustrial.com.br/Material/Tecnico/abipecs_aftosa.pdf > Acessado em: 12 out 2017.

SANTOS, D. V. et al. A análise de risco como ferramenta estratégica para o serviço veterinário oficial brasileiro: dificuldades e desafios. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 34, n. 6, p. 542–554, 2014.

SANTOS, D. V. Avaliação De Riscos: Emprego Da Técnica Pelo Serviço Veterinário Oficial E Identificação De Áreas De Risco Para a Febre Aftosa No Rio Grande Do Sul. **Lume UFRGS**, v. 1, 2016.

SIPS. Sindicato das Indústrias de Produtos Suínos do Rio Grande do Sul. Manual de Procedimentos Sanitários para a Suinocultura. Disponível em: < <http://www.sips.com.br/relatorio.php?ID=8> > Acessado em: 12 out 2017.

STÄRK, K. D. et al. Concepts for risk-based surveillance in the field of veterinary medicine and veterinary public health: Review of current approaches. **BMC Health Services Research**, v. 6, n. 20, p. 1–8, 2006.

STENFELDT, C. et al. The Pathogenesis of Foot-and-Mouth Disease in Pigs. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 3, n. May, p. 1–12, 2016.

WAHIS. World Animal Health Information System (OIE). Disease distribution maps, 2017. Disponível em:

< http://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Diseaseinformation/Diseasedistributionmap >. Acessado em 10 dez 2017.

WARD, M. P. et al. Simulation of foot-and-mouth disease spread within an integrated livestock system in Texas, USA. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 88, n. 4, p. 286–297, 2009.

WARD, M. P.; GARNER, M. G.; COWLED, B. D. Modelling foot-and-mouth disease

transmission in a wild pig-domestic cattle ecosystem. **Australian Veterinary Journal**, v. 93, n. 1–2, p. 4–12, 2015.

VOSE, D. Risk Analysis, A quantitative guide. England: John Wiley & Sons, 735 p., 2008.

CAPÍTULO II

Modelo para avaliação e gestão do risco de difusão do vírus da febre aftosa em carne suína exportada pelo Rio Grande do Sul

(A model for risk assessment and management of the spread of foot-and-mouth disease virus in pork exported from Rio Grande do Sul)

RESUMO

O estado do Rio Grande do Sul (RS) destaca-se na suinocultura e nas exportações de carne suína nacionais pela qualidade tecnológica e sanitária do seu rebanho. Considerando a febre aftosa (FA) um dos entraves ao comércio internacional de carne suína e a importância deste setor para o estado, o objetivo deste estudo foi avaliar o risco de difusão do vírus da FA a partir de produtos suínos exportados pelo RS, no caso de reintrodução do vírus na população de bovinos vacinada. A pergunta a ser respondida é: qual seria a probabilidade de um lote de suínos infectado chegar ao frigorífico e não ser detectado na inspeção, caso houvesse a reintrodução do vírus na população bovina, sem que a doença tivesse sido detectada? As granjas suínas estudadas foram retiradas de uma amostra aleatória de quatro importantes regiões produtoras, onde aplicamos um questionário sobre biossegurança e vigilância. Utilizamos árvores de cenários para quantificar os riscos ao longo da cadeia produtiva em um modelo estocástico que descreve, resumidamente, a probabilidade de (1) as granjas se infectarem, (2) falha na vigilância nas granjas, e (3) falha de detecção no frigorífico. O risco final foi calculado para um período de quatro meses, tempo médio em que os leitões permanecem alojados nas granjas de terminação. Este período representaria a janela de oportunidade para que o vírus ingressasse e se disseminasse na cadeia produtiva de suínos, antes de ser detectado na população bovina e de serem tomadas as respectivas medidas de emergência sanitária. Estimamos que em média 910 granjas de terminação produziriam o volume (kg) equivalente de exportação neste período. Partimos do pressuposto que a doença estaria presente na população bovina com uma prevalência de 0,2% de rebanhos e que o vírus seria transmitido aos suínos por meio de falhas de biossegurança nas granjas, como a ausência de uniforme exclusivo e o acesso de pessoas alheias à produção. A falha na detecção nos frigoríficos foi obtida por entrevista estruturada aos veterinários da inspeção dos 13 frigoríficos de exportação do estado. Em 95% das 10.000 iterações do modelo estocástico, a probabilidade de exportar produtos suínos de uma granja

infectada foi $3,83 \times 10^{-4}$, ou seja, menor que quatro em 10.000. Em 50% das iterações, o risco foi de $2,65 \times 10^{-5}$. Concluímos, portanto, que o risco de exportação do vírus da FA em carne suína do RS é muito baixo, mesmo considerando a possibilidade de circulação viral em bovinos. As variáveis de maior impacto no risco final são a sensibilidade da inspeção em abatedouro e a probabilidade de falha na detecção/notificação em granjas, o que sugere uma necessidade de aprimoramento técnico e prático nessas etapas da cadeia para a diminuição dos riscos, envolvendo o serviço veterinário oficial e a cadeia produtiva.

Palavras-chave: febre aftosa, análise de risco, suinocultura, Rio Grande do Sul.

ABSTRACT

The state of Rio Grande do Sul (RS) stands out in the Brazilian swine industry due to its technological development and sanitary status. Considering the importance of pork exports to the state's economy and the trade barriers that foot-and-mouth disease (FMD) might cause, this study aims to evaluate the risk of spread of FMD virus through pork products exported by the state, if the disease was to be reintroduced in the vaccinated cattle population. The research question is: given the hypothetical introduction of FMD virus in the cattle population of RS, what would be the probability of the virus spreading into and along the swine production chain and being present in exported meat, considering possible failures in biosecurity and a period of time until the infection is detected and the emergency response is in place? We estimated the biosecurity standards of swine farms by randomly sampling farms in four important state regions. We used scenario trees to quantify the risks throughout the producing chain in a stochastic model that describes, briefly, the probability of (1) a farm being infected, (2) surveillance failure in the farm, and (3) inspection failure in the abattoir. The final risk was calculated for a period of four months, the average time pigs remain in the finishing farms, and considering a mean of 910 finishing farms that would generate the volume exported (kg) in this period. This would be maximum time needed to detect the virus, take the emergency measures and halt exports. The design prevalence of infected cattle was set at 0.2% and we assumed the virus would be transmitted to swine as a result of biosecurity breaches. The failure at slaughterhouse inspection was obtained through expert elicitation. In 95% of the model iterations, the probability of exporting pork products from an infected farm was below 3.83×10^{-4} . We concluded that the risk of exporting FMD virus in pork from RS is very low, even when the possibility of viral activity in cattle is considered. The most impact variables studied were the sensitivity of slaughterhouse inspection and the probability of failure of detection/notification in infected farms. This suggests that there is a need for technical and practical improvements of these steps to reduce the risks, involving the veterinary service and the swine industry in the process.

Keywords: risk analysis, scenario tree, swine, sensitivity analysis, FMD.

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma importante atividade econômica no Brasil, especialmente para o estado do Rio Grande do Sul (RS), atualmente o segundo maior exportador de produtos suínos do país. O volume exportado pelo estado chega a quase 170 mil toneladas por ano. A inserção do RS no mercado mundial se deve, entre outros fatores, à evolução do status sanitário do seu rebanho suíno, que hoje se encontra livre das enfermidades de maior impacto (ABCS, 2016; ABPA, 2017).

A febre aftosa (FA), que é uma das mais importantes barreiras sanitárias no comércio internacional, não é registrada na suinocultura comercial do RS há mais de duas décadas. No entanto, o acesso da carne suína do estado a mercados internacionais mais exigentes é restringido em decorrência da vacinação em bovinos, que supostamente poderia mascarar a introdução do vírus, mesmo com o reconhecimento de “livre com vacinação” pela Organização Mundial de Saúde Animal (OIE) e mesmo que os suínos não sejam vacinados (OIE, 2017b).

A doença é causada por um aphtovirus altamente contagioso da família Picornaviridae, e afeta principalmente mamíferos domésticos de casco fendido, e algumas espécies selvagens. A importação de produtos animais traz consigo o risco da introdução do vírus em áreas livres (OIE, 2016, 2017a). Por exemplo, a última grande epidemia no Reino Unido, em 2001, decorreu do fornecimento de carne crua contaminada aos suínos, resultando no abate sanitário de mais de seis milhões de animais e um prejuízo de quase US\$ 10 bilhões (ALEXANDERSEN et al., 2003b; KNIGHT-JONES; RUSHTON, 2013).

No RS, a maioria das granjas suínas funciona por meio da integração entre o produtor rural e as agroindústrias, o que tem contribuído para o aumento da tecnificação e especialização da produção, e, conseqüentemente, para a sanidade do rebanho. Desde 2002 o RS faz parte da zona livre de febre aftosa com vacinação do Brasil. Os últimos casos de FA no estado foram em 2000 e 2001, em propriedades sem tecnificação, após nove anos sem registrar a doença (BRASIL, 1998; LYRA; SILVA, 2004; OIE, 2017). Espera-se que até 2026, com a aprovação do Plano Estratégico do Programa Nacional de Erradicação da Febre Aftosa (PNEFA), todo o país seja livre sem vacinação, condição conquistada atualmente apenas por Santa Catarina (BRASIL, 2017).

Considerando a possibilidade de falha na detecção de circulação viral decorrente da vacinação em bovinos e os riscos aos quais a suinocultura estaria exposta durante uma suposta reintrodução do vírus no RS, alguns países ainda consideram a carne suína do estado um

potencial veículo de introdução do vírus da febre aftosa (vFA).

Dessa forma, dada a importância da suinocultura do estado do RS para o comércio internacional e os impactos negativos causados pela FA, o objetivo deste trabalho é avaliar o risco de exportação do vFA em carne suína produzida no RS, caso a doença fosse reintroduzida na população bovina. A pergunta a ser respondida é: qual seria probabilidade de um lote de suínos infectado chegar ao frigorífico e não ser detectado na inspeção, caso houvesse a reintrodução do vírus na população bovina vacinada, sem que a doença tivesse sido detectada? Por fim, esta análise também busca identificar quais são os principais pontos críticos de controle para a doença na cadeia produtiva para que se possam reduzir esses riscos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Visão geral do modelo

A metodologia utilizada neste trabalho é a avaliação quantitativa de risco. O modelo desenvolvido aborda a avaliação de difusão, primeira etapa da avaliação de risco proposta pelo Código Sanitário para Animais Terrestres, da Organização Mundial de Saúde Animal (OIE, 2016).

As variáveis associadas ao risco de difusão do vírus da febre aftosa (vFA) ao longo da cadeia de produção e abate foram determinadas a partir de estudos anteriores, coleta de dados a campo e opiniões de especialistas do setor agropecuário oficial e privado, além de revisão bibliográfica. Foi realizado um estudo sobre padrões de biossegurança em granjas, por amostragem aleatória, em quatro regiões importantes na suinocultura do estado. Coletamos também dados sobre vigilância do vFA durante a inspeção sanitária em estabelecimentos de abate com Serviço de Inspeção Federal (SIF).

O modelo de simulação computacional foi desenvolvido em planilha do Microsoft Office Excel® 2013, com auxílio do aplicativo da Palisade @Risk Professional 7.5®, para simplificar o uso das distribuições de probabilidade do modelo estocástico baseado em amostragem de Monte-Carlo. Foram executadas dez mil iterações para cada simulação. Em cada iteração, valores são amostrados das distribuições utilizadas para cada variável e geram resultados chamados de *outputs*. Isso incorpora a variabilidade biológica e a incerteza associadas aos valores que estão sendo modelados (OIE, 2004b). Incerteza pode ser definida

como o estado incompleto de uma informação (*input*) ou conhecimento inexato de uma variável. A variabilidade trata-se da variação natural de um fator inerente aos processos biológicos dentro de uma população (VOSE, 2008).

2.2. População estudada

Para este estudo consideramos a população suína do estado do Rio Grande do Sul (RS) de criação comercial, preferencialmente voltada ao comércio internacional ou interestadual, ou seja, aquela abatida no sistema de inspeção federal (SIF). Essas granjas comerciais funcionam em sua maioria dentro do sistema de integração industrial, no qual o produtor rural atua como um prestador de serviços à indústria agropecuária, que fornece ao produtor os insumos necessários à produção, a genética, a assistência técnica e a logística. O produtor se responsabiliza pelas instalações e manejo dos animais. Estima-se que este sistema representa ~61% das granjas comerciais do estado (POETA et. al, 2014).

Este sistema de integração industrial é caracterizado por uma produção tecnificada e confinada e especializada, embora a mão-de-obra seja predominantemente familiar. A especialização da produção consiste na sua realização em etapas, conforme a idade/peso dos animais. Assim, as granjas são divididas em: Unidades Produtoras de Leitões (UPL), Creches (CR) e Terminações (GT). Nas UPLs os leitões nascem e permanecem até o desmame; em seguida seguem para as CRs, onde ficam por cerca de 60 a 70 dias; após, nas GTs, os leitões permanecem por cerca de 150 dias, até atingirem o peso de abate (~125kg) (ABCS, 2016; ABCS; MAPA, 2011; RS, 2014).

A criação em ciclo completo (CC), onde todas as etapas da produção ocorrem em um mesmo estabelecimento, é realizada apenas por produtores independentes e representa uma pequena proporção da produção do estado (RS, 2014), de forma que não foi incluída no estudo.

Os animais destinados à reprodução são criados em Granjas de Reprodutores Suídeos Certificadas (GRSC), as quais devem seguir rígidas medidas de biossegurança conforme legislação específica, além de estarem sob rigoroso sistema de vigilância (BRASIL, 2002). Existem 93 GRSCs no RS, o que representa apenas 0,5% do total de granjas comerciais do estado (BRASIL, 2014). Portanto, as GRSCs não foram incluídas no estudo, pois considerá-las no modelo iria reduzir o risco calculado, sem adicionar elementos que contribuíssem com a discussão sobre medidas de mitigação de risco.

Por questões logísticas, as granjas estudadas foram retiradas das regiões de maior representatividade na suinocultura do RS e onde se concentra a maior parte do rebanho: Estrela, Santa Rosa, Erechim e Palmeira das Missões, conforme a subdivisão estadual da Secretaria de Agricultura, Pecuária e Irrigação (SEAPI/RS). Essas regionais concentram ~60% da produção de suínos abatidos sob o SIF do estado, e possuem uma distribuição representativa em relação à diversidade de tipologias produtivas e de níveis de tecnificação existentes no RS (RS, 2014).

Realizamos então uma amostragem aleatória estratificada para cada tipologia produtiva comercial identificada, ponderada por regional, ou seja, as granjas foram selecionadas proporcionalmente para cada regional. O cálculo do tamanho da amostra para cada uma das quatro tipologias produtivas foi obtido considerando um nível de confiança de 95%, precisão absoluta de 15% e uma estimativa de frequência de ocorrência dos parâmetros investigados igual a 50%, segundo a fórmula:

$$n = \frac{z^2 \times p \times (1 - p)}{d^2}$$

Onde n é o tamanho da amostra, z é 1,96 (valor da distribuição normal padrão correspondente ao nível de confiança de 95%), p é a prevalência e d é a precisão desejada.

O cálculo resultou em 43 propriedades amostrais. Foram então selecionadas 50 propriedades de cada tipologia produtiva (UPL, CR, GT) a partir do cadastro das propriedades suínícolas do RS, fornecido pela SEAPI/RS. Algumas propriedades sorteadas precisaram ser substituídas por outra semelhante nas proximidades quando essas não podiam ser localizadas ou haviam mudado o foco produtivo. A quantidade de granjas amostradas e estudadas por regional e por tipologia produtiva pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição das granjas suínas estudadas.

Regional	Tipologia produtiva			Total
	UPL	CR	GT	
Estrela	12	37	25	74
Palmeira das Missões	9	6	11	26
Santa Rosa	7	3	10	20
Erechim	19	2	8	29
Total	47	48	54	149

2.3. Estrutura do modelo

As etapas da produção para a quantificação dos riscos ao longo da cadeia produtiva foram representadas por meio de árvores de cenários. Todos os eventos relevantes que dizem respeito aos riscos de introdução da febre aftosa foram levados em consideração e foram separados em duas partes: a primeira vai da Unidade Produtora de Leitões (UPL) até a Creche (CR) e a Granja de Terminação (GT); a segunda parte considera a inspeção no abatedouro. Em resumo, foi calculada a probabilidade de infecção em lotes de leitões que são enviados para abate e a probabilidade de falha da vigilância sanitária ao longo da cadeia de abate no frigorífico. Estas etapas podem ser observadas na Figura 1.

O primeiro ponto possível de entrada do vírus é a UPL, mas todas as granjas são consideradas portas de entrada para a doença por meio de uma possível contaminação horizontal a partir dos bovinos (Figura 1).

A principal via de transmissão do vFA para os suínos é a via oral (STENFELDT et al., 2016), no entanto, esta via foi desconsiderada no estudo pois a alimentação dos suínos neste sistema, que é predominante no estado, é a ração fornecida pela indústria integradora. Além disso, fornecer restos de alimentação humana (lavagem) aos suínos é ilegal no país (BRASIL, 2004), e considerar esta prática demonstraria um cenário irrealista.

Além disso, os suínos são muito resistentes à via de transmissão aerógena (ALEXANDERSEN; DONALDSON, 2002; STENFELDT et al., 2016). Portanto, consideramos que a entrada do vírus nas granjas ocorreria a partir do contato com bovinos infectados por meio de falhas nas medidas de biossegurança. Ainda, as granjas podem permitir a entrada do vírus de forma vertical ao longo das etapas de produção da cadeia quando há falha na detecção ou na notificação da doença (Figura 1).

Também não foi considerada a possibilidade de introdução de suínos infectados no lote, pois neste sistema de criação o manejo é “all-in-all-out”, de forma que todos os animais do lote entram e saem juntos, com o ingresso de um novo lote após o vazio sanitário. Ressalta-se que todos os animais das granjas são fornecidos pela integradora, e que a importação de suínos só é permitida a partir de países livres de febre aftosa (BRASIL, 2007).

A granja, ou rebanho suíno, foi considerada a unidade epidemiológica durante toda a cadeia de eventos, uma vez que o gerenciamento do risco e as práticas de manejo são realizados para o grupo de animais, e não individualmente.

Para o cálculo do risco final foi necessário definir o número de granjas necessário para produzir o volume de exportação correspondente a quatro meses de produção, o que equivale a um ciclo de terminação de leitões. Em um ano, o RS exporta um volume aproximado de três ciclos de terminação, ou seja, cada granja de terminação pode enviar, em média, três lotes para abate. O período escolhido seria também o tempo hipotético máximo que decorreria entre a introdução do vFA e a notificação, com implantação de medidas de emergência, quando a exportação seria suspensa.

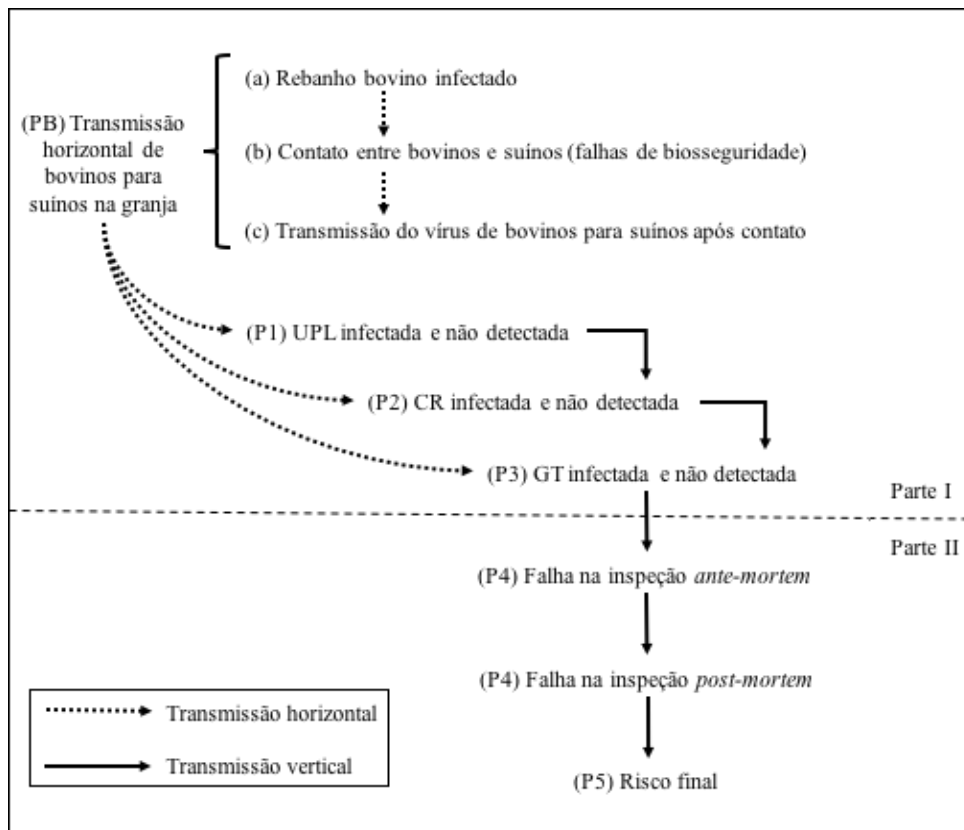


Figura 1 – Árvore de cenários que considera a transmissão do vFA ao longo da cadeia de produção e abate de suínos.

A lógica das etapas da estrutura do modelo de risco pode ser resumida da seguinte forma:

1. Prevalência basal de infecção pelo vFA na população bovina, em decorrência da introdução ainda não detectada e notificada;
2. Probabilidade de introdução do vFA na cadeia produtiva de suínos com origem em bovinos vacinados;
3. Probabilidade de falha de detecção clínica ou de notificação em granjas de suínos infectadas;

4. Probabilidade de uma granja de terminação estar infectada;
5. Probabilidade de falha de detecção de animais infectados na cadeia de abate, considerando a inspeção *ante-mortem* e *post-mortem*;
6. Estimativa do risco da carne suína exportada pelo RS em quatro meses ter origem pelo menos uma granja infectada.

2.4. Parâmetros do modelo de risco

2.4.1. (N_GT) Número de granjas de terminação (GT) necessárias para produzir o volume de carne suína exportada a cada ciclo de engorda (quatro meses).

Para simular a probabilidade de presença do vFA na carne suína exportada, calculamos o número de granjas de terminação que seriam necessárias para produzir o equivalente a 56,7 mil toneladas, que representa o volume aproximado de exportação em um ciclo de produção de quatro meses, considerando um peso médio de carcaça de 90 kg/suíno informado pelo SIPS/RS.

Ao longo de 10.000 iterações, o seguinte processo foi simulado: uma granja, entre o total de granjas disponível, é amostrada aleatoriamente. A quantidade total de quilos produzidos por essa granja é contabilizada, considerando o número de suínos na granja e um peso médio de carcaça de 90 quilos. Enquanto o número total de quilos de carcaça produzido ainda for menor que 56,7 mil toneladas, uma nova granja é amostrada, do universo de granjas restantes. Isto é, as granjas são amostradas sem repetição entre o total de granjas simuladas. Em seguida, ajustou-se uma distribuição normal aos dados empíricos gerados pelas simulações (Figura 2), que representa o número de GTs necessárias para gerar o volume exportado em quatro meses.

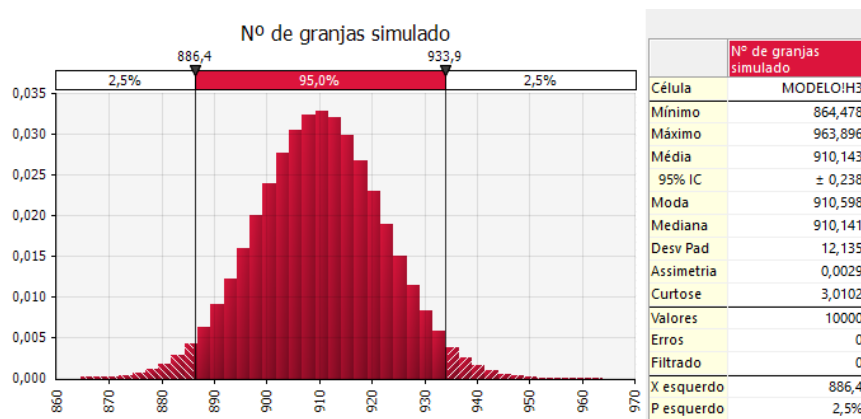


Figura 2 – Distribuição do número de GTs necessárias para gerar o volume exportado em quatro meses.

2.4.2. (PB) Probabilidade de transmissão horizontal – bovinos

O cálculo da probabilidade de transmissão horizontal do vFA com origem em bovinos infectados foi obtido por meio da multiplicação de três variáveis independentes: **a** = probabilidade de propriedades de bovinos da região estarem infectados com o vFA; **b** = probabilidade de contato direto ou indireto entre rebanhos de suínos e rebanhos bovinos, na mesma propriedade rural; e **c** = probabilidade de infecção da granja de suínos após contato com rebanho bovino infectado.

$$PB = a * b * c$$

(a) – Probabilidade de os bovinos da região estarem infectados com o vFA

A probabilidade de um rebanho bovino no RS estar infectado com o vFA foi estabelecida em 0,2% (prevalência de rebanho). Este valor é usado em diversas circunstâncias pela OIE (e. g. como critério para definir uma zona/país livre de algumas doenças de tipo endêmico), pela FAO e por vários autores por ser um valor hipotético que representaria uma região onde não há mais evidências da ocorrência da doença, podendo ser utilizado em modelagens cujo objetivo seja avaliar a rápida detecção no caso de introdução do patógeno. Nesta situação, um sistema de vigilância deve ser capaz de detectar a doença em níveis baixos, de preferência antes que ela se dissemine. É importante ressaltar que este valor não representa a prevalência da doença na população sob estudo, mas sim um padrão frente ao qual se avalia a capacidade de detecção do sistema de vigilância (EFSA, 2011; FAO, 2014; MARTIN; CAMERON; GREINER, 2007; OIE, 2016).

(b) – Probabilidade de contato entre uma granja de suínos e rebanhos bovinos

Determinamos o risco de contato entre os suínos de uma granja e os rebanhos bovinos a partir das possíveis falhas de biossegurança nestas granjas. Para a pesquisa das medidas de biossegurança aplicamos um questionário estruturado nas granjas sorteadas das quatro regionais escolhidas (Tabela 1) durante os meses de setembro e outubro de 2015. As entrevistas foram realizadas presencialmente e os entrevistados eram as pessoas que trabalhavam diretamente com os suínos nas granjas, preferencialmente o proprietário.

Para este estudo, consideramos as seguintes questões: presença de bovinos na propriedade; possibilidade de bovinos terem contato direto com os suínos (baseado na infraestrutura da granja e proximidade dos animais); compartilhamento da mão-de-obra entre as diferentes espécies; vestuário para entrar na granja; e acesso de pessoas alheias à produção (vizinhos, crianças, etc.). A partir disso, foram estabelecidos os seguintes critérios para inclusão de granjas com risco de contato entre suínos e bovinos:

1. Conter bovinos na propriedade e estes poderem ter contato direto com os suínos ou;
2. Conter bovinos na propriedade, a mão-de-obra ser compartilhada entre as espécies e não haver a prática de trocar de roupa ou;
3. Acesso de pessoas alheias à produção sem a prática de trocar de roupa antes de entrar na granja.

Para o cálculo da probabilidade de contato foi utilizada uma distribuição Beta (1,1), da seguinte forma:

$$b = RiskBeta(s + 1, n - s + 1)$$

Onde:

b = probabilidade de contato entre uma granja de suínos e rebanhos bovinos;

s = número de granjas com risco de transmissão horizontal;

n = número de granjas visitadas.

Os resultados do questionário e o risco de contato entre as espécies em cada tipo de granja estão apresentados na Tabela 2. Observa-se que, embora haja coexistência entre as espécies na maioria das propriedades, o número de granjas com risco de transmissão horizontal é reduzido, pois é necessário que haja falhas na biossegurança para que o contato ocorra (critérios um e dois). No entanto, ressalta-se que o risco induzido pelo acesso de pessoas alheias à produção não depende da presença de bovinos na propriedade, o que indica a possibilidade de entrada do vírus de outras localidades (critério três). Por exemplo, das 46 UPLs, 36 possuem bovinos, mas apenas 21 possuem risco de transmissão do vírus para os suínos a partir de bovinos da mesma propriedade ou de outras localidades.

Tabela 2 – Resultados do questionário de biosseguridade e risco de transmissão horizontal entre suínos e bovinos.

Tipologia produtiva	Amostradas	Presença de bovinos	Contato direto entre suínos e bovinos	Mão-de-obra compartilhada	Não troca de roupa	Acesso de pessoas alheias sem trocar de roupa	Nº Granjas com risco de transmissão horizontal*	Risco de transmissão horizontal (DistBeta, média)	IC 95%
UPL	46	36 (78%)	0	20 (44%)	29 (63%)	14 (30%)	21	0,46	0,34-0,58
CR	48	41 (85%)	0	24 (50%)	26 (54%)	6 (13%)	14	0,30	0,18-0,43
GT	54	48 (89%)	1 (2%)	36 (67%)	37 (69%)	11 (20%)	28	0,52	0,39-0,65

*Segundo os critérios: conter bovinos na propriedade e estes poderem ter contato direto com os suínos ou; conter bovinos na propriedade, a mão-de-obra ser compartilhada entre as espécies e não haver a prática de trocar de roupa ou; acesso de pessoas alheias à produção sem a prática de trocar de roupa antes de entrar na granja.

(c) – Probabilidade de infecção de uma granja de suínos após contato com rebanho bovino infectado

A possibilidade de contato direto entre bovinos e suínos foi documentada em apenas uma propriedade (GT) do estudo, portanto, consideramos apenas a transmissão por contato indireto entre estas espécies.

Foi utilizado um valor fixo de 0,2 para a probabilidade de transmissão do vírus a partir de bovinos considerando o contato indireto entre as espécies, com base em estudo de WARD et. al. (2009), o qual sugere que pequenas propriedades leiteiras teriam essa probabilidade de transmitir o vFA indiretamente. Deve ser ressaltado que este não é um dado validado experimentalmente.

2.4.3. (PF) Probabilidade de falha na notificação da FA

O sistema de vigilância clínica nas granjas é realizado diariamente, por inspeção visual pelo funcionário da propriedade e com periodicidade mínima mensal pela assistência técnica fornecida pela empresa integradora. Além disso, sempre que o funcionário registrar comportamento ou sinal clínico suspeito de doenças vesiculares ou qualquer outro quadro que necessite de atenção especializada, o médico veterinário será acionado. Este procedimento é análogo a realização de testes em série, já que a detecção de alguma anormalidade pelo funcionário funciona como triagem que leva ao acionamento do médico veterinário.

O manejo do funcionário na granja e as visitas da assistência técnica são diferentes quando comparamos uma UPL e uma CR ou GT. Nas UPLs o funcionário deve movimentar as fêmeas no mínimo quatro vezes por dia (duas por ocasião da alimentação) para estimular o consumo de água e a micção e também identificar os animais com problema, anotar os sinais de inquietação e controlar a temperatura corporal (CNPSA, 2003). De acordo com Delphino & Gonçalves (2009), as propriedades do sistema integrado apresentam visita diária do funcionário às instalações dos suínos e visita quinzenal da assistência técnica.

Nas demais granjas os leitões são monitorados de forma sistemática, com frequência diária variável em função do sistema de criação, para observar as condições dos animais, bebedouros, comedouros, ração e temperatura ambiente, além da limpeza diária das baias de crescimento e terminação com pá e vassoura (CNPSA, 2003). Segundo Delphino & Gonçalves

(2009), as propriedades do sistema de integração apresentam visita diária do funcionário às instalações dos suínos e visita mensal da assistência técnica.

No Brasil os suínos não são vacinados contra febre aftosa. Quando infectados, os suínos apresentam sinais clínicos e o vFA se dissemina rapidamente devido ao curto período de incubação e à acentuada excreção de vírus por esta espécie, assim como pela virulência de algumas cepas do vírus nos suínos (KINSLEY et al., 2016; STENFELDT et al., 2016). A probabilidade de transmissão por contato direto ou indireto é muito alta (WARD et al., 2009). Assim, havendo uma introdução hipotética do vFA em uma granja de suínos no RS, a disseminação seria rápida, com grande proporção de casos clínicos, facilitando a detecção pelo sistema de vigilância.

Apesar do exposto, neste modelo optamos por considerar um cenário no qual se simula a possibilidade de algum foco não ser detectado ou notificado. Trata-se de um cenário teórico, sem fundamentação empírica, mas que pretende avaliar as consequências de possíveis falhas do sistema de vigilância. Assim, usamos uma distribuição do tipo Pert para simular a probabilidade de falha de detecção/notificação de um foco, com os seguintes parâmetros:

Mínimo = 0,1; mais provável = 0,5; máximo = 0,9

Estes parâmetros representam uma ampla abrangência de possibilidades em um cenário no qual o mais provável seria que apenas 50% dos focos fossem notificados. Os valores mínimo e máximo extremos simulam um cenário de detecção/notificação muito imprevisível. Desta forma, estamos simulando uma presumível falta de confiança no sistema de vigilância na cadeia produtiva de suínos e avaliando o risco final com este pressuposto.

$$PF = RiskPert (0,1; 0,5; 0,9)$$

2.4.4. (P1) Probabilidade de uma UPL estar infectada com o vFA e não ser detectada

O cálculo de P1 é resultado do produto das variáveis independentes PB e PF. Neste trabalho considerou-se que pelos padrões existentes nas GRSC a transmissão do vFA transversalmente a partir desta seria pouco provável. Sendo assim, foi considerada apenas a transmissão horizontal a partir de bovinos (PB) e de uma possível falha na vigilância clínica praticada dentro das granjas (PF). Logo:

$$P1 = PB_{UPL} * PF$$

Onde:

PB_{UPL} = Probabilidade de transmissão horizontal do vFA com origem em bovinos (UPL)

PF = Probabilidade de falha na detecção da FA nas UPLs.

2.4.5. (P2) Probabilidade de uma CR estar infectada com o vFA e não ser detectada

P2 depende da probabilidade de os animais da creche serem provenientes de uma UPL infectada (P1) ou da probabilidade de transmissão horizontal do vFA de bovinos da região (PB) e falha de detecção/notificação do vFA pelo sistema de vigilância (PF) nas CRs. O cálculo de P2 pode ser determinado pela seguinte fórmula:

$$P2 = [(P1 + PB_{CR}) * PF]$$

A soma de P1 e PB é explicada pela “regra da adição”, que estabelece que quando dois eventos são mutuamente exclusivos a probabilidade de qualquer um deles ocorrer é a soma das probabilidades de cada evento (OIE, 2004a; VOSE, 2008).

2.4.6. (P3) Probabilidade de uma GT estar infectada com o vFA e não ser detectada

P3 é calculado da mesma forma que P2, porém o ingresso do vFA ocorreria de animais procedentes de uma CR infectada, e não de uma UPL.

$$P3 = [(P2 + PB_{GT}) * PF]$$

2.4.7. (P4) Probabilidade de falha durante a inspeção no abatedouro

Para calcular P4 consideramos a sensibilidade do diagnóstico desta etapa dividida em dois testes aplicados analogamente a testes em paralelo, que seriam a inspeção *ante-mortem* e a inspeção *post-mortem*. Esta abordagem justifica-se pelo fato de os animais poderem ser positivos na inspeção *ante-mortem* ou na inspeção *post-mortem*.

Para estimar a sensibilidade da detecção em abatedouro, foram visitados todos os 13 abatedouros frigoríficos de suínos do RS sob o serviço de inspeção federal (SIF). Os 13 veterinários do SIF de cada estabelecimento foram entrevistados mediante um questionário estruturado. Adaptamos o método usado em estudo encomendado pela Agência Europeia para a Segurança Alimentar (EFSA, 2011), perguntando quantos animais, ou partes destes, com sinais compatíveis com a presença do vFA seriam necessários para gerar a suspeita de febre aftosa, considerando um lote de 100 animais infectados. A pergunta foi feita para cada etapa da linha de inspeção, e os entrevistados deveriam responder os valores mínimos, mais prováveis e máximos. Além disso, as respostas deveriam considerar as capacidades de toda a equipe de inspeção do abatedouro, incluindo os funcionários técnicos, conforme a rotina e os treinamentos que são realizados no estabelecimento.

A sensibilidade foi estimada de forma complementar ao valor respondido. Por exemplo, se o entrevistado respondesse que poderia deixar passar até dois leitões com sinais compatíveis na inspeção ante-mortem, a sensibilidade seria de 98%. Para o valor mais provável utilizamos o complemento da mediana das respostas e para os valores mínimos e máximos utilizamos o complemento dos valores extremos. Um dos entrevistados foi retirado da análise porque respondeu “zero” a todas as perguntas, o que foi considerado inverossímil.

A unidade de estudo é o lote, portanto o resultado é uma sensibilidade de rebanho (granja), e não individual (por suíno).

As linhas de inspeção que apresentaram probabilidade de detecção maior que 0 foram:

Ante-mortem: pocilga.

Post-mortem: Cabeça e papada; coração e língua; carcaça.

As demais foram consideradas irrelevantes, o que foi confirmado pelas respostas obtidas.

2.4.7.1. Inspeção *ante-mortem*

Os suínos, assim como os bovinos, apresentam sinais clínicos visíveis da febre aftosa quando infectados, o que torna pouco provável a não detecção da doença em um exame *ante mortem* (PATON et al., 2009) e, em geral, apresentam lesões severas e debilitantes (KITCHING & ALEXANDERSEN, 2002).

Na inspeção *ante-mortem* os suínos podem inicialmente apresentar sinais brandos de laminite e desenvolver febre acima de 42°C, mas, na maioria das vezes, a temperatura oscila

entre 39°C a 40°C. Suínos infectados apresentam comportamento letárgico, menor apetite e permanecem em grupos. Na inspeção dos pés pode ser observado o aparecimento de vesículas entre os cascos, na coroa do casco, podendo até ocorrer a sua perda. Na cabeça, o aparecimento de aftas esbranquiçadas de aproximadamente 1 cm de diâmetro no dorso da língua e no focinho, que podem romper-se, formando úlceras, frequentemente aparecem mais tarde que as lesões nos pés. As lesões nos cascos são mais comuns do que na boca (KITCHING; ALEXANDERSEN, 2002; STENFELDT et al., 2016).

A inspeção *ante-mortem* é o procedimento realizado desde o recebimento dos animais até o abate. Ao receber os animais, eles devem estar acompanhados do Boletim Sanitário e da Guia de Trânsito Animal (GTA). A GTA é um documento de trânsito para a rastreabilidade do animal e da propriedade a qual pertence, o que assegura que não há pendências junto ao serviço veterinário oficial (SVO) quanto a questões sanitárias na propriedade (BRASIL, 2009).

O Boletim sanitário deverá transcrever informações constantes na ficha de acompanhamento de lote (documento de controle do produtor/integração) e deverá ser emitido e assinado por Médico Veterinário responsável pela segurança sanitária dos animais. No boletim devem constar os medicamentos utilizados, a ocorrência de alguma doença ou sintomatologia clínica, taxas de mortalidade, origem dos leitões e número de animais enviados para o abate, ou seja, o histórico do lote. Só será emitido quando transportados os animais da terminação para o abate (BRASIL, 2009).

O Médico Veterinário Oficial (MVO) do SIF que receberá o Boletim Sanitário deverá avaliar as informações ali relacionadas, para programar e realizar os procedimentos de inspeção *ante mortem* conforme os dados declarados a campo (*ante-mortem* documental) considerando o previsto nas demais formas vigentes e circulares do DIPOA/DSA. O Boletim Sanitário deve ser enviado aos SIFs junto à planta de abate de suínos com 24 horas de antecedência à chegada dos animais (BRASIL, 2009).

Após conferir os dados presentes no Boletim Sanitário e na GTA os animais desembarcam no curral de seleção, onde é realizada a avaliação do lote quanto à presença de algum sinal clínico, alteração comportamental, fratura ou qualquer outro quadro que prejudique o bem-estar animal e que necessite de abate especial. O destino dos animais pode ser o abate mediato, imediato ou abate normal.

Os animais que seguirão para o abate normal ficam esperando, em média, seis horas nas baias antes de iniciar o abate. Neste caso, mais seis horas sendo observados e avaliados. Quando o funcionário observa qualquer alteração, chama o médico veterinário do SIF para que tome as

devidas providências e avalie os animais de forma individual e com exame mais apurado das patas e focinhos.

As respostas do questionário foram modeladas usando uma distribuição de Pert. O resultado foi o seguinte:

Valor mínimo: 0,70;

Valor mais provável: 0,98;

Valor máximo: 1,00;

Média da distribuição Pert (0,7; 0,98; 1,0) = 0,937 = Sensibilidade *ante-mortem*

2.4.7.2. Inspeção *post-mortem*

Na inspeção *post-mortem*, o animal é avaliado desde o abate até o resfriamento da carcaça, procedimento que leva em média 45 minutos. Durante este percurso o animal passa por diversos pontos de inspeção e reinspeção da carcaça, o que torna pouquíssimo provável que algum sinal clínico passe despercebido pela equipe. Ainda existem pontos especiais de inspeção de partes da carcaça, como por exemplo, cabeça, língua e pés, que possuem uma toaleta mais apurada para sua comercialização.

Os funcionários devem ficar atentos para lesões como áreas necróticas esbranquiçadas no músculo do ventrículo esquerdo (STENFELDT et al., 2016). Lesões na língua, boca, cascos serão avaliadas detalhadamente nas linhas de inspeção de cada grupo. Quando alguma alteração é encontrada, o funcionário da linha deve comunicar o médico veterinário para que tome as devidas providências. Estima-se que a inspeção *post-mortem* seja mais sensível que as inspeções clínicas *ante-mortem*, uma vez que há inspeção individual de todas as carcaças (EFSA, 2011).

A Tabela 3 a seguir resume os parâmetros usados para modelar as respostas obtidas dos 12 inspetores, e apresenta os resultados da distribuição de Pert aplicada às etapas da inspeção *post-mortem* consideradas relevantes:

Tabela 3 – Sensibilidade das etapas da inspeção *post-mortem*

Etapa	Média (PERT)	Mínimo ¹	Mais provável ²	Máximo ¹
Cabeça e papada	0,817	0	0,975	1
Coração e língua	0,813	0	0,970	1
Carcaça	0,732	0	0,850	0,9

¹Complemento dos valores extremos das respostas ao questionário;

²Complemento das medianas das respostas ao questionário.

As respostas para cada linha de abate do questionário foram modeladas em distribuições de Pert e aplicadas em uma árvore de cenários para calcular a sensibilidade final da inspeção *post-mortem*, conforme a Tabela 4:

Tabela 4 – Árvore de cenários da inspeção *post-mortem*.

Cabeça e papada		Coração e língua		Carcaça		Resultados		Sensibilidade final
Ramo	Prob.	Ramo	Prob.	Ramo	Prob.	Resultado	Prob.	
Não	0,183	Não	0,187	Não	0,268	Negativo	0,009	
				Sim	0,732	Positivo	0,025	
		Sim	0,813			Positivo	0,149	0,991
Sim	0,817					Positivo	0,817	

Portanto, a sensibilidade da inspeção *post-mortem* foi igual a 0,991.

2.4.7.3. (P4) Probabilidade de falha da inspeção no abatedouro

O cálculo de P4 considerou as duas inspeções, como sendo dois testes independentes X (inspeção *ante-mortem*) e Y (inspeção *post-mortem*), análogos a testes em paralelo. A probabilidade de um lote de leitões infectado ser falso-negativo nas várias etapas da inspeção no frigorífico foi calculada da seguinte forma:

$$P4 = (1 - SEN_{insp_{am}}) * (1 - SEN_{insp_{pm}})$$

Onde:

$SEN_{insp_{am}}$ = sensibilidade da inspeção *ante-mortem*

$SEN_{insp_{pm}}$ = sensibilidade da inspeção *post-mortem*

2.4.8. (P5) Probabilidade de inclusão de pelo menos um lote de leitões infectados com o vFA no volume de carne suína exportada em 4 meses – Risco final

Esta probabilidade é calculada como o complemento do valor exato da distribuição binomial para zero granjas infectadas, considerando uma probabilidade de infecção igual ao produto da probabilidade de uma granja de terminação estar infectada pela probabilidade de a mesma não ser detectada durante a inspeção no frigorífico. Portanto, P5 calcula a probabilidade de inclusão de pelo menos um lote de leitões infectado com o vFA no volume de carne suína exportado em quatro meses pelo RS.

$$P5 = 1 - \text{DISTR.BINOM}(0; N_{GT}; P3 \times P4; 0)$$

Onde:

DISTR.BINOM = Função do Excel para cálculo da distribuição binomial

0 = Número de granjas infectadas

(N_{GT}) = Número de Granjas de Terminação (GT) necessárias para produzir o volume de carne suína exportada a cada ciclo de engorda (quatro meses).

P3 = Probabilidade de uma GT estar infectada com o vFA e não ser detectada

P4 = Probabilidade de falha durante a inspeção no abatedouro

3. RESULTADOS

A simulação com 10.000 iterações mostrou que o valor mediano para a probabilidade de que, no volume total exportado em quatro meses, pelo menos uma granja selecionada esteja infectada com o vFA é igual a $2,65 \times 10^{-5}$. Deve ser ressaltado que em 95% das iterações a probabilidade de exportar produtos suínos com origem em alguma granja contaminada foi menor que $3,83 \times 10^{-4}$, ou seja, menor que quatro em 10 mil. O resultado de 10.000 iterações é apresentado na Figura 3 e o resumo estatístico dos resultados e de todos os parâmetros utilizados na árvore de cenários é fornecido na Tabela 5.

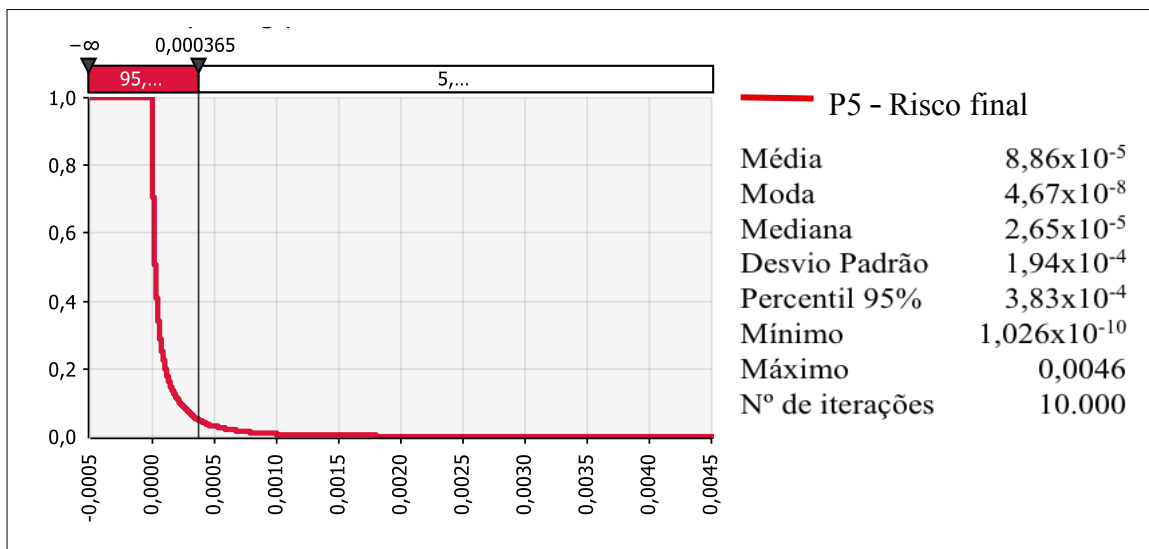


Figura 3 – Simulação estocástica para a probabilidade de que, no volume total de exportação em quatro meses, pelo menos uma granja seleccionada esteja infectada com o vFA.

Tabela 5 – Resumo estatístico de todos os parâmetros utilizados na árvore de cenários após 10.000 iterações.

Parâmetro	Granja	Fórmula	Média	Percentil 95%	Desvio Padrão
P_B : Probabilidade de transmissão horizontal a partir de bovinos	UPL		1,8x10 ⁻⁴	2,3x10 ⁻⁴	2,84x10 ⁻⁵
	CR	$P_B = a*b*c$	1,2x10 ⁻⁴	1,64x10 ⁻⁴	2,56x10 ⁻⁵
	GT		2,1x10 ⁻⁴	2,51x10 ⁻⁴	2,64x10 ⁻⁵
a : Probabilidade de bovinos infectados	Todas	Valor fixo	0,002		
b : Probabilidade de contato entre suínos e bovinos	UPL	Beta (22; 26)	0,46	0,58	0,07
	CR	Beta (15; 35)	0,30	0,41	0,06
	GT	Beta (29; 27)	0,52	0,63	0,07
c : Probabilidade de infecção após contato	Todas	Valor fixo	0,2		
P_F : Probabilidade de falha na detecção/notificação (granja)	Todas	Pert (0,1; 0,5; 0,9)	0,5		
P₁ : Probabilidade UPL infectada e não detectada	UPL	$P_1 = P_B * P_F$	9,2x10 ⁻⁵	1,47x10 ⁻⁴	3,14x10 ⁻⁵
P₂ : Probabilidade CR infectada e não detectada	CR	$P_2 = (P_B + P_1) * P_F$	1,1x10 ⁻⁴	1,99x10 ⁻⁴	4,88x10 ⁻⁵
P₃ : Probabilidade GT infectada e não detectada	GT	$P_3 = (P_B + P_2) * P_F$	1,6x10 ⁻⁴	3,04x10 ⁻⁴	7,43x10 ⁻⁵
P₄ : Probabilidade de falha no abatedouro	Abatedouro	$P_4 = (1 - SEN_{insp_{am}}) * (1 - SEN_{insp_{pm}})$	6,1x10 ⁻⁴	2,48x10 ⁻³	0,001
P₅ : Risco final		$P_5 = 1 - DISTR.BINOM(0; N_{GT}; P_3 * P_4; 0)$	8,86x10 ⁻⁵	3,83x10 ⁻⁴	1,94x10 ⁻⁴

4. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Foi realizada uma análise de sensibilidade para avaliar a importância relativa das estimativas e incertezas dos parâmetros utilizados no modelo.

Utilizamos a ferramenta “análise de sensibilidade avançada” do software Palisade @Risk Professional 7.5[®] para simular as alterações no risco final à medida que as demais variáveis do modelo eram modificadas. Analogamente, nove cenários alternativos foram criados a partir de intervenções que poderiam ser aplicadas de forma prática pelo serviço veterinário e pela iniciativa privada, ou a partir de suposições que modificariam inputs de alto grau de incerteza. A descrição dos cenários alternativos e as mudanças na estimativa do risco final seguem conforme a Tabela 6.

O resultado da análise de sensibilidade está apresentado nas Figuras 4 e 5.

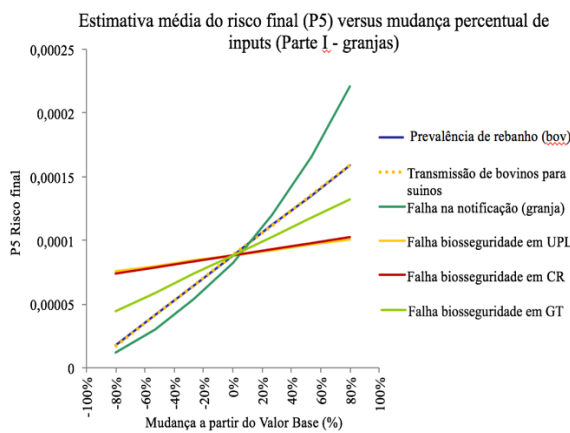


Figura 4 - Análise de sensibilidade avançada: alteração do risco final (P5) em função da mudança no valor base (média) de cada variável da Parte I do modelo (granjas).

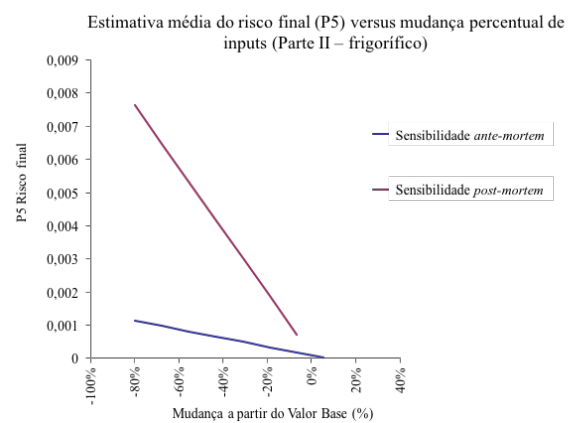


Figura 5 - Análise de sensibilidade avançada: alteração do risco final (P5) em função da mudança no valor base (média) de cada variável da Parte II do modelo (frigorífico).

Tabela 6 – Descrição dos cenários alternativos e mudança percentual na estimativa do risco.

Cenário	Descrição do cenário	Valor padrão do modelo	Valor usado no cenário alternativo	Mudança percentual na estimativa média do risco (P5)
A1	Redução na probabilidade de falha na notificação em granjas	PF = Pert (0,1; 0,5; 0,9)	PF = Pert (0,1; 0,2; 0,3)	-70%
A2			PF = Pert (0,05; 0,1; 0,15)	-86%
B1 ¹	Redução de 50% na probabilidade de contato entre suínos e bovinos em UPLs	b _{UPL} = Beta (22; 26)	b _{UPL} = Beta (11,5; 36,5)	-7%
B2	Redução de 50% na probabilidade de contato entre suínos e bovinos em CRs	b _{CR} = Beta (15; 35)	b _{CR} = Beta (8; 42)	-9%
B3	Redução de 50% na probabilidade de contato entre suínos e bovinos em GTs	b _{GT} = Beta (29; 27)	b _{GT} = Beta (15,5; 40,5)	-31%
B4	Redução de 50% na probabilidade de contato entre suínos e bovinos em todas as granjas		B1, B2 e B3 simultaneamente	-47%
C1	Aumento da probabilidade de transmissão viral de bovinos para suínos	c = 0,2	c = Pert (0,1; 0,3; 0,5)	+50%
D1 ²	Aumento da sensibilidade no frigorífico	$SEN_{insp_{am}} = 0,937$ $SEN_{insp_{pm}} = 0,991$	$SEN_{insp_{am}} = 0,976$ $SEN_{insp_{pm}} = 0,999$	-99,5%

¹A redução na probabilidade de contato equivale a melhorias nas medidas de biosseguridade nas granjas, mais precisamente à troca de roupa ao entrar na granja.

²Para o aumento da sensibilidade no frigorífico consideramos as medianas das respostas do questionário para os valores mais prováveis, mínimos e máximos de detecção.

5. DISCUSSÃO

Os resultados da avaliação indicam que o risco de exportar o vírus da febre aftosa em carne suína produzida no RS é muito baixo. Mesmo considerando um cenário pessimista, em 95% das iterações o risco é inferior a quatro em 10 mil, sendo que o número estimado de lotes de terminação necessários para gerar o volume exportado em quatro meses é de 910. O risco calculado indica a probabilidade de que pelo menos um lote de suínos seja infectado após a reintrodução do vFA na população bovina vacinada, sem que o estado de emergência sanitária seja deflagrado, e que o mesmo lote não seja detectado até a exportação do produto final. Nota-se que não foi analisada a dispersão da doença pelo estado, e, portanto, este estudo não avalia a velocidade ou dimensão da epidemia após a suposta reintrodução do vírus.

Os resultados encontram-se dentro do esperado, visto que a febre aftosa não afeta granjas suínas comerciais do RS desde 1992. Considerando o status sanitário atual e o histórico dos últimos surtos do estado, a prevalência de delineamento de 0,2% de rebanhos bovinos infectados e o período de quatro meses sem que a doença seja detectada utilizados neste estudo representam um cenário conservador, e, portanto, o risco real dificilmente ultrapassaria o estimado. Em 2000 e 2001, quando a vacinação havia sido suspensa no RS após nove anos sem a ocorrência da doença, houve duas reintroduções do vírus no estado. Foram detectados 22 focos em 52 dias, e 30 focos em 44 dias nos dois surtos. Após o último surto a vacinação foi retomada (GOCKS, 2012; LYRA; SILVA, 2004).

A forma mais comum de introdução do vírus na suinocultura é pelo fornecimento de alimentos contaminados (STENFELDT et al., 2016). Delphino & Gonçalves (2009) estimaram que 98% das terminações em toda a região sul do Brasil recebe ração exclusiva da indústria integradora. Além disso, o fornecimento de alimentação humana para suínos é proibido por lei desde 2004 (BRASIL, 2004). Portanto, o RS é classificado como uma área segura, e consideramos que a introdução do vírus nas granjas suínas ocorreria a partir do contato com os bovinos. Destaca-se que os bovinos podem apresentar sinais clínicos de febre aftosa mesmo quando são vacinados, conforme o desafio viral aumenta (SALMAN; GONÇALVES; WONGSATHAPORNCHAI, 2006).

Os resultados do questionário de biossegurança refletem o contexto do RS, onde a produção agropecuária é predominantemente familiar, de forma que a coexistência entre as diferentes espécies domésticas e a mão-de-obra compartilhada são marcantes.

Embora a possibilidade de contato direto entre bovinos e suínos seja insignificante, aproximadamente metade das UPLs e GTs possui falhas de biossegurança que permitiriam o contato indireto entre as espécies, particularmente a não utilização de vestimenta exclusiva dentro da granja. As CRs, por terem sido implantadas mais recentemente no estado, possuem em média melhores condições. No entanto, a ocorrência de contato indireto entre as espécies não garante a efetiva transmissão do vírus (KINSLEY et al., 2016; WARD et al., 2009), e a probabilidade de que isto ocorra ainda não é tão bem documentada na literatura.

Comparando aos dados levantados por Delphino & Gonçalves (2009), sugere-se uma tendência à evolução na biossegurança das granjas ao longo dos últimos anos, especialmente em granjas de terminação. É necessário que a indústria e o governo continuem a investir na biossegurança dessas granjas e na educação sanitária, visando à redução dos riscos de infecção na suinocultura a partir de outras espécies.

Com relação à avaliação clínica nas granjas, é muito improvável que os suínos não demonstrem sinais clínicos em vista da alta susceptibilidade do rebanho, do curto período de incubação e da excreção viral acentuada nesta espécie. Ademais, a alta taxa de contato direto entre suínos criados em confinamento promoveria a rápida disseminação do vírus na granja (STENFELDT et al., 2016). Assim, dificilmente uma granja infectada passaria despercebida, o que não necessariamente garantiria uma eficiente notificação ao SVO. Diante disso e em decorrência da ausência de dados quantitativos e das incertezas inerentes a esta variável, a adoção de uma ampla distribuição de probabilidade para a falha na detecção/notificação em granjas contribuiu para a formação de valores extremos no risco final. Novos dados devem ser coletados para compreender e avaliar a proatividade e eficiência dos produtores rurais e dos veterinários na percepção e notificação de doenças nos rebanhos.

Na estimativa de falha da avaliação no frigorífico, alguns dos veterinários entrevistados consideraram cenários muito pessimistas, onde seria necessária uma grande proporção de animais apresentando sinais clínicos para o levantamento da suspeita de FA no abatedouro. A presença desses valores extremos também contribuiu para o alongamento da “cauda à direita” da distribuição do risco final.

Uma razão que poderia justificar tais valores extremos na sensibilidade mínima dos entrevistados é o aumento de casos de doença vesicular dos suínos no RS desde 2015, que inicialmente resultou em uma grande quantidade de suspeitas infundadas de FA (SEAPI/RS, comunicação pessoal). Os demais fatores que levariam à subnotificação de sinais vesiculares devem ser investigados. Deve ser considerado ainda que, como qualquer questionário, alguns vieses podem ter sido inseridos em função da má interpretação dos entrevistados, bem como da

sua preocupação em estarem sendo avaliados, o que reflete a dificuldade da coleta deste tipo de dado. Portanto, esta etapa representa uma das limitações do estudo, e, assim, seus resultados devem ser interpretados com cautela.

Não obstante, a elevada sensibilidade final obtida no abatedouro está dentro do esperado, já que no frigorífico os animais passam por várias etapas de avaliação e que os suínos normalmente apresentam sinais clínicos severos e debilitantes quando infectados. Em 1993, durante as últimas ocorrências de FA em suínos na região Sul do país, a doença foi detectada durante a avaliação em um frigorífico em Santa Catarina (BRASIL, 1993). Também, no surto de 2001 no Reino Unido, os suínos acometidos foram inicialmente identificados durante a inspeção em abatedouro (ALEXANDERSEN et al., 2003b), o que mostra a importância desta etapa para a detecção da doença nos rebanhos.

Dentre as variáveis estudadas na análise de sensibilidade, a que mais influencia no risco final é a inspeção no frigorífico, especialmente a inspeção *post-mortem*, devido à quantidade de etapas nas quais os animais são avaliados. Em outras palavras, é preciso que a avaliação do lote falhe em três etapas consecutivas (cabeça/papada, coração/língua e carcaça) para ele ser considerado falso-negativo. A outra variável de maior influência no modelo é a notificação nas granjas. Isso significa que uma elevada superestimação da inspeção/notificação da doença nestas etapas no modelo resultaria em grande subestimação do risco. Ao mesmo tempo, o aperfeiçoamento técnico nestas etapas proposto pelos cenários alternativos resulta em brusca redução do risco final, sugerindo que os treinamentos e o preparo dos profissionais das respectivas áreas de atuação são de suma importância para a diminuição do risco de exportar o vFA em carne suína.

A falha de biossegurança nas granjas teve pouca influência direta no modelo pois está atrelada também à probabilidade de transmissão do vírus após o contato entre as espécies e à prevalência de rebanhos bovinos infectados. Por sua vez, estas duas últimas variáveis têm forte influência direta no risco final, e estão sob forte grau de incerteza. Isso significa que, caso elas ocorressem no seu pior cenário, o que não pode ser controlado ou previsto em uma situação real, a biossegurança seria a única medida manipulável que impediria a introdução do vírus na granja, e, assim, esta etapa não deve ser negligenciada.

Dentre as tipologias produtivas, a biossegurança em GTs tem mais impacto que a das demais. Isso pode ser atribuído ao fato de que as GTs têm maior risco de contato indireto com bovinos, e que elas são a última etapa onde a doença pode ser notificada antes do frigorífico. Isso não deve retirar a importância da biossegurança em outras tipologias, especialmente das UPLs, pois estas são a base da cadeia produtiva, onde a introdução da doença resultaria em uma

maior dispersão viral na população e provavelmente em maiores dificuldades na contenção dos focos, o que, entretanto, não é assunto deste trabalho. Assim, a biosseguridade, particularmente a utilização de roupa exclusiva dentro da granja, deve ser aprimorada em todos os tipos de granjas.

6. CONCLUSÕES

Esta avaliação de risco permitiu calcular o risco de exportar o vFA em carne suína produzida no Rio Grande do Sul. O risco é muito baixo, mesmo considerando a possibilidade de circulação viral em bovinos vacinados após uma suposta reintrodução do vírus no estado. O resultado corrobora com os dados históricos do RS, onde as últimas ocorrências da doença e as últimas reintroduções do vírus não afetaram a suinocultura comercial.

O estudo também promove uma análise crítica da vulnerabilidade epidemiológica da suinocultura do RS e um melhor entendimento das possíveis rotas de introdução do vFA na cadeia produtiva e dos pontos onde a detecção ou notificação da doença poderiam falhar. A falha nas medidas de biosseguridade, especialmente a não utilização de uniforme exclusivo na granja, foi considerada a via mais provável de infecção dos suínos susceptíveis a partir dos bovinos infectados. Mais estudos são necessários para melhor compreender a capacidade de detecção/notificação da infecção em granjas e em frigoríficos pelos produtores rurais, veterinários e demais funcionários.

As variáveis de maior impacto para o risco final são a sensibilidade da inspeção no frigorífico e a probabilidade de falha na notificação em granjas, sugerindo uma necessidade de aprimoramento técnico e prático nessas etapas da cadeia para a diminuição dos riscos, e de coleta de dados mais robustos para a redução das incertezas do modelo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCS. Associação Brasileira de Criadores Suínos. **Mapping of brazilian pork chain.** / Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. 1ª ed.; 376 p.:il.;color. Brasília, DF, 2016.

ABPA. Brazilian Association of Animal Protein. **2017 Annual Report.** São Paulo: [s.n.]. 133 p.; Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/suinocultura/publicacoes/relatorios-anuais>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

ALEXANDERSEN, S. et al. Clinical and laboratory investigations of five outbreaks of foot-and-mouth disease during the 2001 epidemic in the United Kingdom. **Veterinary Record**, v. 152, n. 16, p. 489–496, 19 abr. 2003b.

ALEXANDERSEN, S.; DONALDSON, A I. Further studies to quantify the dose of natural aerosols of foot-and-mouth disease virus for pigs. **Epidemiology and infection**, v. 128, n. 2, p. 313–323, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Boletim de defesa sanitária animal.** Brasília, 1992.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Boletim de defesa sanitária animal.** Brasília, 1993.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Boletim de defesa sanitária animal.** Brasília, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 19, de 15 de fevereiro de 2002.** Aprova as normas a serem cumpridas para a certificação de granjas de reprodutores suídeos.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 06, de 09 de março de 2004.** Aprova as normas para a erradicação da peste suína clássica a serem observadas em todo o território nacional.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Vigilância veterinária de doenças vesiculares: Orientações gerais.** 2007a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 44, de 2 de Outubro de 2007b**. Aprova as diretrizes gerais para a erradicação e a prevenção da febre aftosa a serem observados em todo o território nacional.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Circular nº 05 de 27 de março de 2009**. Suínos - boletim sanitário - Informações de campo (cadeia produtiva) para suínos enviados ao abate.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Application for recognition of a Classical Swine Fever-free Zone covering the states of Rio Grande do Sul and Santa Catarina. Relatório. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 116, de 20 de Setembro de 2017**. Aprova o Plano Estratégico do Programa Nacional de Erradicação e Prevenção da Febre Aftosa - PNEFA para 2017 - 2026.

CNPISA. Embrapa Suínos e Aves. Sistemas de Produção. ISSN 1678-8850, versão eletrônica, 52 p., 2003. Disponível em: <www.cnpisa.embrapa.br/>. Acesso em: 20 dez. 2017.

DELPHINO, M.K.V.C, GONÇALVES, V.S.P. Avaliação da biossegurança nas granjas de suínos da região Sul do Brazil. Laboratório de Epidemiologia Veterinária. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Universidade de Brasília. Relatório de cooperação com ABIPECS, 2009.

FAO. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Risk-based surveillance - A manual for veterinarians on the design and analysis of surveillance for demonstration of freedom from disease. **FAO Animal Production and Health Manual nº 17**. Rome, Italy. 2014.

FAREZ, S.; MORLEY, R. S. Potential animal health hazards of pork and pork products. **Revue Scientifique Et Technique De L Office International Des Epizooties**, v. 16, n. 1, p. 65–78, 1997.

GOCKS, M. Informativo técnico Nº 10/Ano 03: Ocorrência sanitária de febre aftosa no Rio Grande do Sul nos anos 2000 e 2001 e os fatores que influenciaram o saneamento, Relato de caso. [s.l: s.n.].

KINSLEY, A. C. et al. Parameter Values for Epidemiological Models of Foot-and-Mouth Disease in Swine. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 3, n. June, p. 1–9, 2016.

KITCHING, R. P.; ALEXANDERSEN, S. Clinical variation in foot and mouth disease: pigs. **Revue Scientifique et Technique de l'OIE**, v. 21, n. 3, p. 513–518, 2002.

KITCHING, R. P.; HUTBER, A. M.; THRUSFIELD, M. V. A review of foot-and-mouth disease with special consideration for the clinical and epidemiological factors relevant to predictive modelling of the disease. **Veterinary Journal**, v. 169, n. 2, p. 197–209, 2005.

KNIGHT-JONES, T. J. D.; RUSHTON, J. The economic impacts of foot and mouth disease – What are they, how big are they and where do they occur? **Preventive Veterinary Medicine**, v. 112, n. 3–4, p. 161–173, nov. 2013.

LYRA, T. M. P.; SILVA, J. A. A febre aftosa no Brasil, 1960-2002. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 5, p. 565–576, 2004.

MARTIN, P. A. J.; CAMERON, A. R.; GREINER, M. Demonstrating freedom from disease using multiple complex data sources 1 : A new methodology based on scenario trees. v. 79, p. 71–97, 2007.

OIE. World Organisation for Animal Health. **Handbook on import risk analysis for animals and animal products**. Paris: [s.n.]. v. 2, 2004.

OIE. World Organisation for Animal Health. Foot and mouth disease. **Technical Disease Cards**, p. 1–5, 2013.

OIE. World Organisation for Animal Health. Risk analysis. In: **Terrestrial Animal Health Code**. [s.l: s.n.]. v. 1; p. 1–6. 2016.

OIE. World Organisation for Animal Health. Infection with foot-and-mouth disease virus. In: **Terrestrial Animal Health Code**. [s.l: s.n.]. v. Itp. 1–24. 2017a.

OIE. World Organisation for Animal Health. Foot-and-mouth disease, List of FMD free member countries, 2017b. Disponível em < <http://www.oie.int/en/animal-health-in-the-world/official-disease-status/fmd/list-of-fmd-free-members/> > Acessado em 14 nov 2017.

PATON, D.J., SINCLAIR., ROODRÍGUEZ, R. Qualitative assessment of the commodity risk factor for spread of foot-and-mouth disease associated with international trade in deboned beef. 1st draft, OIE;DfID review on FMD safety of deboned beef. 2009.

POETA, et. al. Informativo técnico Nº 07/Ano 05: Panorama da Suinocultura no Rio Grande do Sul. 2014.

SALMAN, M. D.; GONÇALVES, V. S. P.; WONGSATHAPORNCHAI, K. Risco De

Introdução Da Febre Aftosa Através Da Importação De Produtos Suínos Do Brasil: Avaliação De Riscos. p. 1–44, 2006. Disponível em: < http://file.aviculturaindustrial.com.br/Material/Tecnico/abipecs_aftosa.pdf > Acessado em 12 out 2017.

STENFELDT, C. et al. The Pathogenesis of Foot-and-Mouth Disease in Pigs. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 3, n. May, p. 1–12, 2016.

WARD, M. P. et al. Simulation of foot-and-mouth disease spread within an integrated livestock system in Texas, USA. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 88, n. 4, p. 286–297, 2009.

VOSE, D. Risk Analysis, A quantitative guide. England: John Wiley & Sons, 735 p., 2008.