



INTRODUÇÃO

A anemia infecciosa equina (AIE), doença infecciosa que acomete os equídeos, é causada por vírus da família *Retroviridae*, subfamília *Orthoretrovirinae*, gênero *Lentivirus*, e é caracterizada clinicamente por causar febre intermitente, anemia, depressão, emaciação e edema. É transmitida por artrópodes hematófagos, principalmente, das espécies *Tabanus* spp., porém a sua transmissão também pode ocorrer de forma iatrogênica [1].

Por ser transmissível, incurável e de difícil controle, a doença é considerada importante obstáculo para o desenvolvimento da equideocultura brasileira, causando prejuízos aos proprietários que necessitam do trabalho desses animais e aos criadores interessados na melhoria das raças. Por isso, a eutanásia dos animais infectados é obrigatória devendo ser realizada sob a supervisão do Serviço Veterinário Oficial (SVO), embora para algumas regiões com alto risco de ocorrência da AIE seja indicada a segregação dos animais soropositivos [2].

Tendo em vista a relevância sócio-cultural-econômica da equideocultura no estado do Tocantins, é de primordial importância o conhecimento sobre a dinâmica da AIE nos equídeos ao longo do tempo para identificar o padrão de sua ocorrência e subsidiar o SVO com informações que orientem a implantação de medidas sanitárias para o controle dessa doença.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Descrever o padrão de ocorrência da AIE em equídeos no estado do Tocantins analisando a série temporal de janeiro de 2008 a dezembro de 2021, bem como avaliar o modelo preditivo mais adequado para se realizar previsões dos casos dessa doença para os anos de 2022 a 2024.

Objetivos específicos

Analisar a tendência de ocorrência de casos de AIE em equídeos no estado do Tocantins.

Verificar se o período chuvoso (outubro a abril) imprime característica sazonal na ocorrência da AIE no estado do Tocantins.

Verificar se os principais eventos equestres (maio a setembro) imprime característica sazonal na ocorrência da AIE no estado do Tocantins.

Propor medidas de controle específicas para AIE em propriedades classificadas como haras.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área de estudo

O estudo foi realizado no estado do Tocantins, localizado na Região Norte do Brasil entre os meridianos 45° e 51° de longitude oeste, e entre os paralelos 5° e 14° de latitude sul. Esse estado é composto por 139 municípios com área total de 277.620,914 km². Possui clima semi-úmido dividido em duas zonas, Tropical Zona Equatorial ao norte do estado e Tropical Brasil Central ao sul, caracterizado por apresentar duas estações bem definidas ao longo do ano em virtude da proximidade com a linha do equador, sendo uma estação chuvosa no verão, de outubro a abril, e outra estação seca no inverno, de maio a setembro. A temperatura varia entre 25°C a 40°C com precipitações pluviométricas acima de 1.500mm anuais [3].

Coleta de dados

Os dados mensais dos casos de AIE em equídeos registrados no período de 2008 a 2017 no estado do Tocantins foram extraídos do Sistema Nacional de Informação Zoossanitária (SIZ) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e do período de 2018 a 2021 foram fornecidos pelo responsável técnico do Programa Estadual de Sanidade dos Equídeos (PESE) da Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Tocantins (Adapec/TO). Esses dados foram consolidados em planilha eletrônica da Microsoft Excel® 2019, salvos em formato "file.csv" (separado por vírgulas) e transformados em série temporal por meio da função "ts()" nativa do software R Studio®, versão 1.1.463.

Modelagem e análise estatística

A série temporal dos casos de AIE em equídeos foi decomposta utilizando a função "decompose()", nativa do software R Studio®, para que as suas três componentes fossem analisadas individualmente (Equação 1) [4]:

$$Z_t = T_t + S_t + E_t \quad (1)$$

A componente tendência (T_t) foi analisada por regressão linear utilizando a função "lm()" nativa do software R Studio®. Para verificar a existência da componente sazonal (S_t) na série temporal foram utilizadas as funções "qs()", "sesas()" e "series()", pertencentes ao pacote estatístico "seasonal" do programa "X-13 ARIMA-SEATS" [5]. Para avaliar a influência do período chuvoso (outubro a abril) e principais eventos agropecuários com aglomeração de equídeos (maio a setembro) na suposta ocorrência sazonal dos casos de AIE em equídeos no estado do Tocantins, foi feita a correção do ajuste sazonal automático por meio da função "as.Date()" nativa do software R Studio®, e da função "genhol()" do pacote "seasonal" do programa "X-13 ARIMA-SEATS" [5].

O modelo Autorregressivo Integrado por Média Móvel (ARIMA) foi definido com base na metodologia Box & Jenkins para série temporal estacionária, resumidamente, descrita a seguir [4]:

- Especificação: análise da classe geral de estruturas ARIMA(p,d,q)(P,D,Q), onde "p" é a ordem do polinômio autorregressivo não-sazonal; "P" é a ordem do polinômio autorregressivo sazonal; "d" é a ordem de diferenciação não-sazonal; "D" é a ordem de diferenciação sazonal; "q" é a ordem do polinômio de médias móveis não-sazonal; "Q" é a ordem do polinômio de médias móveis sazonal.
- Identificação: com base na função de autocorrelação (FAC) e na função de autocorrelação parcial (FACP) foram definidos os valores de p, q. Um processo ARIMA(p,d,q) é um modelo Autorregressivo e Média Móvel (ARMA) diferenciado "d" vezes até se tornar estacionário.
- Estimção: os parâmetros do modelo identificado foram testados estatisticamente quanto a sua significância com a função "t_test()" pertencente ao pacote BETS [6].
- Diagnóstico: as funções "tsdiag()", "Box.test()" e "shapiro.test()", nativas do software R Studio®, foram utilizadas na análise dos resíduos e nos testes de verificação Ljung-Box para avaliar se o modelo sugerido é adequado para previsões de novos casos de AIE.
- Previsão: foi utilizada a função "forecast()", do pacote estatístico Forecast [7], para a previsão dos casos de AIE em equídeos no estado do Tocantins.

Para avaliar a acurácia do modelo preditivo ARIMA em observações futuras foi realizada a validação cruzada de *Holdout* para aferir a capacidade de generalização do modelo. Para isso, utilizou-se a função "window()", nativa do software R Studio®, em que os dados de 2008 a 2019 foram utilizados como treino e os dados de 2020 e 2021 foram utilizados como teste, considerando-se o valor da estatística U de Theil, que deve ser menor do que 1.

RESULTADOS

Apesar da tendência de redução do número de casos, a AIE ainda é endêmica e sem padrão de sazonalidade no estado do Tocantins. O modelo ARIMA(1,1,1) apresentou boa capacidade preditiva ajustada para a série temporal em estudo, porém a previsão de 355 casos de AIE em equídeos para os anos de 2022 a 2024 pode variar em decorrência da demanda por exames dessa doença para o trânsito dos equídeos, bem como do saneamento de propriedades consideradas foco (Tabela 1).

Tabela 1 - Previsão de casos de anemia infecciosa equina no estado do Tocantins, Brasil, para os anos de 2022 a 2024 utilizando o modelo preditivo ARIMA (1,1,1).

MÊS	2022			2023			2024		
	Previsto	Registrado	IC 95%	Previsto	Registrado	IC 95%	Previsto	Registrado	IC 95%
Janeiro	11	3	2 – 35	10	N/A	2 – 34	9	N/A	2 – 33
Fevereiro	11	4	2 – 35	10	N/A	2 – 34	9	N/A	2 – 33
Março	11	7	2 – 35	10	N/A	2 – 34	9	N/A	2 – 33
Abril	11	13	2 – 35	10	N/A	2 – 34	9	N/A	2 – 33
Maio	11	4	2 – 35	10	N/A	2 – 34	9	N/A	2 – 33
Junho	11	2	2 – 35	10	N/A	2 – 34	9	N/A	2 – 33
Julho	11	4	2 – 35	10	N/A	2 – 34	9	N/A	2 – 33
Agosto	11	N/A	2 – 35	10	N/A	2 – 34	9	N/A	2 – 33
Setembro	10	N/A	2 – 35	10	N/A	2 – 34	9	N/A	2 – 33
Outubro	10	N/A	2 – 35	10	N/A	2 – 33	9	N/A	2 – 33
Novembro	10	N/A	2 – 35	10	N/A	2 – 33	9	N/A	2 – 33
Dezembro	10	N/A	2 – 34	9	N/A	2 – 33	9	N/A	2 – 33
Total	128	N/A	–	119	N/A	–	108	N/A	–

DISCUSSÃO

Os casos de AIE em equídeos no estado do Tocantins apresentaram tendência de redução no período estudado, porém essa redução não foi suficiente para determinar uma quebra estrutural no processo, o que permite caracterizar a AIE em equídeos como endêmica no estado do Tocantins, corroborando com Costa [8] que, ao realizar a análise temporal da ocorrência da AIE no Brasil entre 2005 e 2016, afirmou que essa doença é endêmica no país e apresenta tendência de estabilidade. A partir do segundo semestre de 2016 até o final de 2019 se observou redução no número de casos da AIE no estado do Tocantins, porém deve-se avaliar com cautela se as medidas sanitárias oficiais de controle influenciaram nessa redução, uma vez que o diagnóstico da AIE está associado à necessidade de trânsito dos equídeos.

Observou-se também que a AIE em equídeos ocorre de forma não-sazonal no estado do Tocantins, corroborando com Baptista *et al.* [9] ao analisar a série temporal dos casos de AIE no estado do Rio de Janeiro entre 2007 e 2011. Além disso, as variáveis período chuvoso (outubro a abril) e principais eventos agropecuários com aglomeração de equídeos (maio a setembro) também não influenciaram significativamente no padrão de ocorrência dessa doença no período estudado.

Apesar da ausência sazonal, foi observado que os meses de fevereiro e março apresentaram as maiores médias de ocorrência da AIE em equídeos no estado do Tocantins. Ferreira-Keppler, Rafael & Guerrero [10] demonstraram uma maior abundância e riqueza de *Tabanus* spp. tanto nas áreas de mata, como também em clareiras na Amazônia Central nos meses de julho a dezembro, período mais seco e quente, com picos de ocorrência desse vetor em outubro. Quando se compara essa constatação com os meses de maior média de ocorrência da AIE observada nesta série temporal, fevereiro e março, percebe-se que há necessidade de mais estudos visando obter informações sobre o ciclo biológico dos vetores e associá-las com o padrão de ocorrência da AIE no estado.

Nogueira *et al.* [11] mencionam que a realização sistemática de testes de diagnóstico pode reduzir em 41 vezes a chance da presença de equídeos soropositivos para AIE em propriedades rurais. Por outro lado, Baptista *et al.* [9] afirmam que a ausência de médicos veterinários responsáveis pela saúde de equídeos alojados em haras pode representar um aumento no risco de disseminação da AIE, tornando mais difícil o controle da doença. Então, considerando as características de exploração da equideocultura no estado do Tocantins, se faz necessária a elaboração de normas específicas que permitam a intensificação da fiscalização em propriedades rurais classificadas como haras, exigindo, por exemplo, a obrigatoriedade de testes de diagnóstico negativos para todos os animais alojados, além de responsabilidade técnica anotada por médicos veterinários.

Por ser uma doença endêmica no estado do Tocantins conforme demonstrado pelos os resultados da análise estatística da série temporal estudada, também é necessária a adoção de medidas sanitárias voltadas para o controle AIE na população de equídeos de tração localizada nas áreas periurbanas dos municípios, visto que Chaves *et al.* [12] identificaram como um dos fatores de risco para a transmissão da AIE a permanência de equídeos em aglomerações por mais de oito horas, fator importante, pois muitos desses animais utilizados no trabalho de tração também participam de aglomerações vultosas, como por exemplo, as cavalgadas que ocorrem por todo o estado em diferentes épocas do ano.

CONCLUSÃO

A AIE em equídeos é endêmica e não-sazonal no estado do Tocantins, entretanto é necessária a realização de estudos visando determinar a prevalência desta doença, além dos fatores de risco para sua transmissão, bem como estudos que determinem a ecologia dos vetores, tais como, sazonalidade e abundância das espécies de tabanídeos identificadas nos diferentes habitats do território tocaninense. A técnica de modelagem ARIMA se mostrou adequada para realizar previsões a partir da série temporal estudada, demonstrando ser uma ferramenta útil na tomada de decisões por permitir o aprimoramento das ações de controle dessa doença por parte do SVO.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Van Der Kolk, J.H. & Kroze, E.J.B.V. (2013). Infectious Diseases of the Horse: Diagnosis, Pathology, Management, and Public Health. 1th ed., Mason Publishing, London, p.162-163.
2. Almeida, V.M.A. *et al.* (2006). Anemia infecciosa equina: prevalência em equídeos de serviço em Minas Gerais. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.58, n.2, p.141-148.
3. Nascimento, J.B. (2011). Tocantins: História e Geografia. 7ª ed. Bandeirante, Goiânia, p.50-96.
4. Barros A.C. *et al.* (2018). Análise de Séries Temporais em R: Curso Introdutório. 1ª ed. Elsevier - FGV IBRE, Rio de Janeiro, p.75-163.
5. Sax, C. *et al.* (2018). Seasonal adjustment by X-13ARIMA-SEATS in R. Journal of Statistics Software, v.87, n.11, p.1-17.
6. Ferreira, P.C., Speranza, T. & Costa, J. (2018). Brazilian economic time series (BETS): R package, version 0.4.9. Disponível em: <<http://127.0.0.1:12355/library/BETS/DESCRIPTION>>. Acessado em: 01/03/2021.
7. Hyndman, R. *et al.* (2019). Forecast: forecasting functions for time series and linear models. R package, version 8.5. Disponível em: <<http://pkg.robjhyndman.com/forecast>>. Acessado em: 01/03/2021.
8. Costa, A.M.P.S. (2018). Análise temporal da ocorrência da anemia infecciosa equina no Brasil no período de 2005 a 2016. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 30p.
9. Baptista, D.Q. *et al.* (2016). Temporal series analyses in equine infectious anemia cases in the State of Rio de Janeiro, Brazil, 2007 to 2011. Revista Brasileira de Medicina Veterinária, v.38, n.4, p.431-438.
10. Ferreira-Keppler, R., Rafael J.A., & Guerrero, J.C.H. (2010). Sazonalidade e uso de ambientes por espécies de *Tabanidae* (Diptera) na Amazônia Central, Brasil. Neotropical Entomology, v.39, n.4, p.645-65.
11. Nogueira, M.F. *et al.* (2017). Equine infectious anaemia in equids of Southern Pantanal, Brazil: seroprevalence and evaluation of the adoption of a control programme. Pesquisa Veterinária Brasileira, v.37, n.3, p.227-233.
12. Chaves, N.P. *et al.* (2014). Ocorrência e fatores de risco associados à identificação da anemia infecciosa equina em equídeos de tração. Ciência Animal Brasileira, v.15, n.3, p.301-306.