



43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia  
24 a 27 de Julho de 2006  
João Pessoa - PB

## DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO NÚMERO DE EMBRIÕES GERADOS POR DOADORAS DA RAÇA NELORE

LUIS GUSTAVO BARIONI(1), RENATO TRAVASSOS BELTRAME (2), CELIA RAQUEL QUIRINO (2)

(1) EMBRAPA Cerrados - Caixa Postal 08223, CEP: 73310-970 Planaltina, DF, Brasil, barioni@cpac.embrapa.br

(2) Universidade Federal do Norte Fluminense Av. Alberto Lamego, 2000 - Campos dos Goytacazes - RJ - CEP 28013-600

### RESUMO

Uma função de densidade de probabilidade do número de embriões gerados por coleta em doadoras da raça Nelore foi ajustada. Utilizou-se de dados fornecidos pela Associação Brasileira dos Criadores de Zebu e pela Controlmax Acessoria de Sistemas LTDA, totalizando registros de 61.928 coletas provenientes de 26.767 fêmeas no período de 1991 a 2005. A densidade de probabilidade do número de embriões viáveis coletados foi modelada utilizando-se a distribuição exponencial negativa e a distribuição Gama. Os parâmetros dessas distribuições foram ajustados utilizando-se um algoritmo de gradientes não-linear e o critério da máxima verossimilhança. Concluiu-se que ambas as distribuições ajustadas possuem similar nível de precisão (erro padrão = 0,0072;  $R^2 = 0,96$ ) e que tanto a distribuição exponencial quanto a distribuição Gama permitem representar adequadamente a probabilidade ao número de embriões gerados por doadoras da raça Nelore. Dado que a distribuição exponencial negativa possui menor número de parâmetros a serem ajustados (um versus dois da distribuição gama) sugere-se o seu uso para a representação da produção de embriões por fêmeas da raça Nelore.

### PALAVRAS-CHAVE

Transferência de Embriões, Modelagem Matemática

## PROBABILITY DENSITY FUNCTION OF THE NUMBER OF EMBRYOS COLLECTED FROM NELORE BRED DONORS

### ABSTRACT

A probability density function of the number of embryos collected per donor for the Nelore breed was fit. Records from 61,928 collections carried out in 26,767 donors between 1991 and 2005 were analyzed. The datasets were supplied by the "Associação Brasileira dos Criadores de Zebu" and "Controlmax Accessorial systems Ltda". The probability density function of the number of the viable embryos was modeled applying the negative exponential distribution or the gamma distribution. Parameter fitting was carried out using the maximum likelihood method through a non-linear gradient method. It is concluded that both distributions allow similar level of precision (RMSE= 0,0072;  $R^2 = 0,96$ ) for the representation of the probability of the number of viable embryos produced by Nelore donors. Once the negative exponential achieved similar level of precision with lower number of parameters to fit (one versus two of the gamma distribution) it is suggested its use for representation of the embryo production by Nelore females.

## KEYWORDS

Embryo Transfer, Mathematical Modeling

## INTRODUÇÃO

Em uma coleta de embriões qualquer, é impossível prever com exatidão o número de embriões viáveis que serão produzidos por uma dada doadora. Entretanto, a análise de diversas opções, incluindo o número de receptoras a manter no programa e o número de receptoras a serem sincronizadas, por meio de modelos matemáticos depende de uma estimativa com relação ao valor dessa variável (BELTRAME et al, 2004).

O número de embriões viáveis por coleta comporta-se com uma variável aleatória. Devido a alta variabilidade no número de embriões produzidos pelas doadoras, a previsão dos resultados de ações gerenciais exige a determinação da probabilidade do número de embriões sendo gerados e simulações com modelos estocásticos. Tais simulações requerem o uso de seqüências de valores de determinadas variáveis aleatórias. Estas seqüências podem ser obtidas através de observações efetuadas previamente, pelo uso de seqüências geradas aleatoriamente a partir de distribuições empíricas construídas ou ainda pelo uso de seqüências geradas aleatoriamente a partir de distribuições clássicas (Perin filho, 1990).

Neste contexto, este trabalho tem o objetivo de determinar uma função de densidade probabilidade que se ajuste ao padrão observado da freqüência de ocorrência do número de embriões gerados em coletas em doadoras da raça Nelore.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisados dados referentes 26.767 doadoras, 61.928 coletas e 451.322 embriões no período de 1991 a 2005. Os dados foram fornecidos pela Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ) e pela Controlmax Consultoria e Sistemas Ltda referentes à transferência de embriões em doadoras da raça Nelore.

Ao conjunto das variáveis e das probabilidades correspondentes denomina-se distribuição de probabilidades, isto é:  $\{(x_i, p(x_i)), i=1,2,\dots,n\}$ . Neste caso, a função de densidade de probabilidade é a função que associa a cada valor assumido pela variável aleatória a probabilidade do evento correspondente, isto é:  $P(X=x_i) = P(A_i)$ ,  $i=0,1,2,\dots,n$  (Levine et al, 2005). Os dados obtidos representaram o número de coletas com embriões viáveis variando de 0 a 35 ( $i=1..35$ ).

No caso de coletas nulas, foram utilizados o percentual determinado pelo banco de dados da Controlmax, para determinação da curva de densidade probabilidade.

À disposição gráfica das diversas distribuições existentes, e o comportamento dos dados observados sugeriram uma aproximação à distribuição exponencial negativa (Equação 1), e a distribuição Gama (Equação 2), de acordo com Benjamin & Cornell (1970).

Equação 1:

Equação 2:

A estimação dos parâmetros da distribuição e seu ajuste, para representar com eficiência a variância e minimizar o erro total, foi realizada através do método da “máxima verossimilhança” e de seu estimador.

Neste caso, a ferramenta “solver” (algoritmo GRG2 - Lasdon et al, 1978) do Microsoft Excel 8.0 foi utilizada, para minimização da soma de quadrado dos desvios.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número médio de embriões observado por coleta foi de 6,3. Tanto o ajuste da distribuição Gama quanto o da distribuição exponencial apresentaram-se altamente significativos ( $P < 0,0001$ ; Figura 1). O

ajuste dos parâmetros produziu os seguintes valores  $\lambda = 0,156$  para a distribuição exponencial negativa e  $\alpha = 0,947$ ,  $\beta = 6,775$  para a distribuição gama. As estatísticas de precisão do ajuste podem ser consideradas satisfatórias para ambos os modelos (Erro padrão da regressão = 0,0072 e  $R^2 = 0,96$ ).

A análise dos resíduos, Figura 2 demonstra, entretanto, que existe viés nas frequências estimadas, particularmente para as frequências de coletas com menos de 15 embriões, porém ambos os modelos apresentaram um padrão de comportamento similar quando aos resíduos. A Figura 2 permite uma descrição do comportamento dos ajustes para ambas as distribuições. Inicialmente, subestimam-se os valores quando coletas nulas são realizadas. Uma superestimativa é observada até coletas com três embriões viáveis, onde novamente subestimam-se os valores até ao redor de 15 embriões viáveis por coleta, mantendo-se a partir daí, proximidade aos valores observados.

Alguns problemas podem ser responsáveis pela dificuldade de ajuste do modelo. Primeiramente, a perfeição do ajuste depende tanto do modelo como da qualidade dos dados coletados. Esta impossibilidade seja, pela obtenção de dados de amostras diferentes ou pela escassez de comunicações, diante de ineficiências reprodutivas, corroboram para discrepâncias no ajuste.

No estudo em questão, os dados fornecidos pela ABCZ contemplam as informações de doadoras que produziram pelo menos um embrião viável por coleta. Embora não passíveis de detecção, variações decorrentes da ausência de comunicação diante de inovulação sem confirmação de prenhez e diferenças qualitativas na classificação dos embriões podem estar presentes.

Uma maior variação residual (Figura 2), nos estágios iniciais das curvas de distribuição de probabilidade, pode ser decorrente do uso de uma amostra diferente para originar as frequências estimadas neste ponto.

É importante ressaltar que outras distribuições podem ser utilizadas. Entretanto, para a finalidade do trabalho (cálculo de estimativas de custo, cálculo da eficiência dos protocolos de sincronização, determinação do número ótimo de receptoras por doadora, dentre outros) julga-se o ajuste da curva como sendo adequado.

Percebe-se que existe grande proximidade de comportamento entre as distribuições testadas. Sendo assim, devido ao menor número de parâmetros a serem ajustados, sugere-se a distribuição exponencial negativa na determinação da densidade de probabilidade do número de embriões gerados por doadoras da raça Nelore.

## **CONCLUSÕES**

Os resultados expostos permitem concluir que houve bom ajuste das distribuições testadas e que essas podem ser utilizadas para simulações visando análises de viabilidade e tomadas de decisão em programas de TE. Devido ao menor número de parâmetros a serem ajustados, sugere-se o uso da distribuição exponencial negativa na representação da densidade de probabilidade do número de embriões gerados.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BELTRAME, R.T., BARIONI, L.G., VELOSO,R., SAUERESSIG, M.G.Otimizando o número de receptoras sincronizadas com protocolo Ovsynch. Acta Scientiae Veterinariae, Porto Alegre, v. 32, p. 100, 2004.

BENJAMIN, J.R., CORNELL, C.A. Probability, statistics and decision for engineers. San Francisco, USA, Mcgraw-Hill book , 1970

FREITAS FILHO, P.J, Introdução a modelagem e simulação de sistemas (Com aplicações em Arena). Santa Catarina: Visual Books, 2001.

LASDON, L., WAREMN, A., JAIN, A., RATNER, M. Design and testing of a generalized reduced gradient code for nonlinear programming; ACM Transactions on Mathematical Software, v.4, n.1, p 34-50, 1978.

LEVINE, D. M., STEPHAN, D., KREHBIEL, T.C., BERENSON, M.L. Estatística - Teoria e aplicações usando o Microsoft Excel em português. Rio de Janeiro, LTC, 2005.

PERIN, F.C. Introdução à simulação de sistemas. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 1995, 163 p.