

O uso do Modelo de Cox para estimação da probabilidade de permanência no rebanho de fêmeas da raça Nelore

Sabrina Luzia Caetano^{1,2,3,5}
Guilherme J. M. Rosa³
Rodrigo Pelicioni Savegnago^{1,2}
Salvador Boccaletti Ramos^{1,2}
Luiz A. F. Bezerra⁴
Raysildo B. Lôbo⁴
Danísio Prado Munari²

Resumo: *A permanência da vaca dentro de um rebanho é de grande interesse para o produtor. Este trabalho tem por objetivo analisar a probabilidade de permanência de vacas no rebanho, por meio da característica idade da vaca ao último parto. A variável censura foi definida como à diferença entre a idade da vaca ao último parto e a idade ao último parto de cada fazenda. Se esta diferença foi superior a 36 meses, a vaca falhou e foi considerada descartada. Caso contrário, esta vaca foi censurada, indicando que esta poderia ainda ter mais parições no futuro. A metodologia utilizada foi o modelo de Cox. As variáveis ano de nascimento, estação de nascimento e fazenda foram consideradas de efeito fixo e a idade ao primeiro parto como covariável. Os efeitos dos touros (pais das vacas) foram incluídos no modelo, por meio de um termo de fragilidade. A partir dos resultados apresentados, verificou-se que o aumento de cada mês para idade ao primeiro parto diminui em 2% o risco de falha. O ano de nascimento e a fazenda tiveram efeitos significativos no modelo. Todavia a estação de nascimento do animal não foi significativa. Em suma, por meio do modelo de Cox, verificaram-se quais as variáveis que influenciaram a permanência das vacas no rebanho.*

Palavras-chave: modelo de Cox, idade da vaca ao último parto, raça Nelore

Introdução

A permanência de vacas no rebanho é uma característica economicamente relevante, que está diretamente relacionada com a rentabilidade do sistema de produção de carne por sua relação com a eficiência produtiva. Na definição usual de permanência no rebanho, consideram-se vacas com pelo menos três partos até aproximadamente os 76 meses de idade como sucesso e vacas com menos de três partos como fracasso (Buzanskas et al., 2010). Desta forma, um único critério de descarte é considerado para todo o conjunto de dados na definição desta característica e apenas as vacas que atingiram uma determinada idade são consideradas na análise. Por outro lado, a variável idade da vaca ao último parto (IVUP) é de fácil mensuração e está disponível em todos os controles zootécnicos, além de fornecer o tempo de permanência das vacas no rebanho. A metodologia de análise de sobrevivência é apropriada para análises deste tipo de características, porque dentro do conjunto de dados existem vacas que já falharam (não censuradas) e outras que ainda estão em reprodução (censuradas).

¹ Aluno(a) do programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento Animal da FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP.

² Departamento de Ciências Exatas, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP.

³ Department of Animal Sciences, University of Wisconsin, Madison – EUA.

⁴ ANCP- Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores

⁵ Contato: sabrinallcaetano@gmail.com.br

Em diversos trabalhos da literatura (Tarres et al, 2005; Casellas et al, 2007) o modelo de regressão de Cox é utilizado no estudo de características ligadas à reprodução em várias espécies de interesse zootécnico. Este permite a utilização de variáveis de efeitos fixos e de efeitos aleatórios (termo de fragilidade) e é um modelo semi-paramétrico. Além disso, é possível estimar o efeito das covariáveis sem qualquer suposição a respeito da distribuição do tempo de sobrevivência. O objetivo deste estudo é avaliar a probabilidade de permanência da vaca no rebanho por meio da variável IVUP, considerando variáveis de efeito fixo (ano de nascimento, estação de nascimento e fazenda), a covariável idade ao primeiro parto (IPP) e o termo de fragilidade para os touros (pais das fêmeas em análise) via o modelo de Cox.

Material e Métodos

Foram utilizados dados de 11.791 animais, oriundos do Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore (Nelore Brasil), o qual é coordenado pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). As fazendas mantêm os animais em sistema de criação extensivo em regime de pastagens. O desmame ocorre em torno de seis a oito meses de idade. O manejo reprodutivo consiste de uma estação de acasalamento com duração de 60 a 120 dias utilizando inseminação artificial ou monta natural controlada.

As variáveis utilizadas no estudo foram IVUP como variável resposta, idade ao primeiro parto (IPP) como covariável e ano de nascimento, estação de nascimento e fazenda como variáveis de efeito fixo. A variável censura foi proposta segundo o critério adotado, que foi à diferença entre a idade da vaca ao último parto e a idade ao último parto de cada fazenda. Se esta diferença foi superior a 36 meses, a vaca falhou e foi considerada descartada. Caso contrário, esta vaca foi censurada, indicando que esta ainda teria mais parições no futuro. O critério de 36 meses foi adotado por ser período suficiente para a ocorrência de um novo parto. Além disto, foi verificado no conjunto de dados que esta diferença permitia a permanência da vaca no rebanho e os intervalos entre partos não eram maiores do que 36 meses.

O modelo de regressão de Cox permite a análise de dados provenientes de estudos de tempo de vida em que a resposta é o tempo até a ocorrência de um evento de interesse, ajustado por covariáveis (Colosimo e Giolo, 2006). Este modelo é caracterizado pelos coeficientes da regressão, que medem os efeitos das covariáveis sobre a função de taxa de falha. Estes coeficientes são estimados a partir das observações amostrais. A suposição básica que este modelo tem, é a de riscos proporcionais. A violação desta suposição pode acarretar sérios vícios na estimação dos coeficientes do modelo (Struthers e Kalbfleisch, 1986). Diversos métodos para avaliar a adequação deste modelo encontram-se na literatura. O método utilizado neste trabalho foi à técnica gráfica dos resíduos padronizados de Schoenfeld dos modelos de Cox. O modelo de risco de Cox é dado por:

$$\lambda(t; z) = \lambda_0(t) \exp\{x'\beta + z'\alpha\},$$

em que $\lambda(t; z)$ é a função de risco do animal dependendo da IVUP; $\lambda_0(t)$ é a função de risco base, que neste estudo foi considerada arbitrária, β é o vetor de efeitos fixos e α é o vetor de efeitos aleatórios, x e z são os vetores de incidência dos vetores β e α , respectivamente. Para se fazer inferência em relação aos parâmetros do modelo é necessária a sua estimação. O método de máxima verossimilhança parcial é bastante conhecido (Cox e Hinkley, 1974) e a sua expressão é dada por:

$$L(\beta) = \prod_{i=1}^n \left(\frac{\exp\{x'_i\beta + z'_i\alpha\}}{\sum_{j \in R(t_i)} \exp\{x'_j\beta + z'_j\alpha\}} \right)^{\delta_i}$$

em que δ_i é o indicador de falha e n é o número de animais.

Uma discussão mais detalhada das interpretações das estimativas pode ser encontrada em Hosmer e Lemeshow (1999). No presente estudo, os touros foram considerados como termo de fragilidade, uma vez que filhas de um mesmo pai apresentam características semelhantes relacionadas à variável permanência no rebanho, oriundas do fator genético. A distribuição gama foi considerada para esta variável. As análises referente ao modelo de riscos proporcionais considerando o termo de fragilidade foram realizadas no software R (R version 2.11.1 (2010-05-31)).

Resultados e Discussão

Esta análise contém registro de 987 touros, pais das vacas analisadas, que foram consideradas no termo de fragilidade do modelo. A quantidade de filhas de cada touro variou de 1 a 301. A média foi de 11,95 filhas por touro e o desvio padrão 25,25. As estimativas dos parâmetros das variáveis incluídas no modelo foram calculadas e estão descritas na Tabela 1. Observa-se por meio dos p-valores, que nem todos são menores do que 5% (nível de significância adotado). Desta forma, algumas covariáveis incluídas no modelo não são significantes. O p-valor para estação de parto foi igual a 0,12, isto é, a estação de parto não influencia na permanência das vacas no rebanho. O p-valor de algumas fazendas (13, 18, 32 e 47) também não foi significativo. O termo de fragilidade, referente aos touros, foi significativo, ou seja, os touros influenciaram na permanência de suas filhas no rebanho.

Por se tratar de um modelo de Cox, as estimativas dos coeficientes da regressão podem ser interpretadas como efeitos que aceleram ou desaceleram a função de risco. Desta forma, os anos de nascimentos das vacas contribuem positivamente na longevidade da vaca, uma vez que quanto menor o coeficiente, menor é o risco das mesmas saírem do rebanho. A idade ao primeiro parto tem o coeficiente de -0,02, indicando que o acréscimo de cada mês para o primeiro parto diminui em 2% o risco de falha.

A mais baixa estimativa dos coeficientes de regressão obtida para fazenda foi referente à fazenda 34. Desta forma, o risco das vacas saírem desta fazenda é menor. A maior estimativa foi obtida para a fazenda 56, indicando que o risco das vacas saírem desta fazenda é o maior. A suposição de proporcionalidade do modelo foi verificada pela técnica gráfica dos resíduos padronizados de Schoenfeld para o modelo de Cox. O valor da máxima verossimilhança parcial encontrado para o modelo foi igual a -39.994,5 e a variância do efeito aleatório para os touros foi igual a 0,7. O R^2 encontrado para o modelo foi de 0,156. A Figura 1 contém as estimativas dos z_i , que foram estimados pelo termo de fragilidade que foi considerado no modelo. O teste de razão de verossimilhança foi igual a 2.004, com 183 graus de liberdade e com p-valor igual a 0. O teste de Wald apresentou o valor 1098 para estatística teste, com 183 graus de liberdade e p-valor igual a 0.

Tabela 1. Estimativas dos coeficientes de regressão do modelo de Cox em relação as covariáveis, erro padrão, estatística χ^2 e p-valor.

Parâmetros	Estimativas	Erro padrão	χ^2	p-valor
Ano nascimento				
1999	-0,134	0,04925	7,4	6,50E-03
2000	-0,1479	0,04986	8,8	3,00E-03
2001	-0,2718	0,05251	26,78	2,30E-07
2002	-0,5027	0,05641	79,43	0,00E+00
2003	-2,0403	0,10901	350,29	0,00E+00

Estação de nascimento				
2	0,0593	0,03794	2,44	1,20E-01
Fazenda				
4	0,973	0,09674	101,16	0,00E+00
7	1,0854	0,1306	69,08	1,10E-16
12	1,2135	0,12725	90,94	0,00E+00
13	0,1168	0,14188	0,68	4,10E-01
18	0,0575	0,20166	0,08	7,80E-01
20	1,3409	0,10211	172,43	0,00E+00
26	0,4349	0,20714	4,41	3,60E-02
27	0,8737	0,09669	81,64	0,00E+00
32	0,1509	0,10599	2,03	1,50E-01
34	-0,5997	0,22802	6,92	8,50E-03
47	0,1461	0,09929	2,17	1,40E-01
50	0,2639	0,10075	6,86	8,80E-03
52	0,429	0,10969	15,3	9,20E-05
56	1,7024	0,16392	107,87	0,00E+00
62	0,7477	0,11583	41,68	1,10E-10
67	1,1308	0,10154	124,01	0,00E+00
68	0,7039	0,12798	30,25	3,80E-08
69	1,1495	0,08948	165,04	0,00E+00
97	0,8766	0,15325	32,72	1,10E-08
171	1,0261	0,13136	61,01	5,70E-15
406	0,936	0,13534	47,84	4,60E-12
Idade ao primeiro parto				
	-0,0218	0,00335	42,41	7,40E-11
fragilidade(touro, dist =gama)				
			313,4	3,00E-12

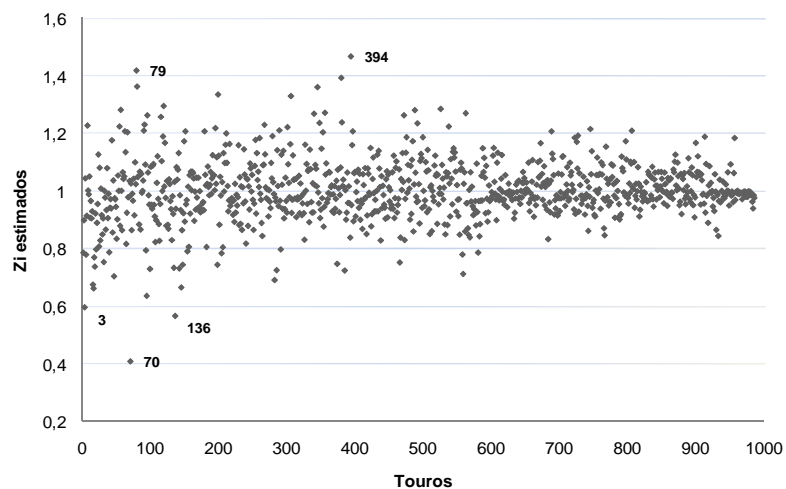


Figura 1. Estimativas dos parâmetros de fragilidade.

Para os valores de z_i maiores que 1, tem-se que os indivíduos dentro dos grupos correspondentes a esses valores tendem a apresentar sobrevivência mais curta do que a predita pelo modelo de independência, em que os z_i são assumidos serem todos iguais as 1. Para valores de z_i menores que 1, tem-se que os indivíduos destes grupos tendem a apresentar sobrevivência mais longa do que a predita pelo modelo que assume independência entre os tempos. Os touros que estão acima de 1,4 e os que estão abaixo de 0,6 estão indicados na Figura 1. O touro que apresentou descendentes com a menor probabilidade de sobrevivência foi o 394 e o com maior probabilidade foi o 70.

Conclusões

A partir dos resultados apresentados, verificou-se que o aumento de cada mês para idade ao primeiro parto diminui em 2% o risco de falha. Isto evidencia o antagonismo entre maturidade precoce e longevidade, expressa pela permanência da vaca no rebanho. Os coeficientes de regressão apresentados para ano de nascimento do animal indicam uma tendência genética de maior permanência no rebanho com o passar dos anos. A estação de nascimento das vacas não influenciou na permanência no rebanho das mesmas. A fazenda influenciou na variável-resposta estudada, uma vez que o manejo, a sanidade, alimentação, mão de obra e instalações podem ser diferentes. Além disso, o efeito dos touros foi significativo, o que é de grande interesse para área de melhoramento animal.

Referências

- [1] BUZANSKAS, M.E.; GROSSI, D.A. ; BALDI, F. ; BARROZO, D.; SILVA, L.O.C.; TORRES JÚNIOR, R.A.A. ; MUNARI, D.P. ; ALENCAR, M.M. . Genetic associations between stayability and reproductive and growth traits in Canchim beef cattle. *Livestock Science*, v. 132, p. 107-112, 2010.
- [2] CASELLAS, J.; CAJA, G.; SUCH, X.; PIEDRAFITA, J. Survival analysis from birth to slaughter of Ripollésa lambs under semi-intensive management. *Journal of Animal Science*, n.85, p.512-517. 2007.
- [3] COLOSIMO, E. A. and GIOLO, S.R. *Análise de Sobrevivência Aplicada*. São Paulo. Edgard Blücher, 2006.
- [4] COX, D.R., HINKLEY, D.V. *Theoretical Statistics*, Chapman & Hall, 1974.
- [5] HOSMER, D. W.; LEMESHOW S. *Applied Survival Analysis: regression modeling of time to event data*. New York: John Wiley and Sons; 1999.
- [6] STRUTHERS, C. A., and KALBFLEISCHM J. D. Misspecified Proportional Hazard Models, *Biometrika*, 73, 363-369, 1986.
- [7] TARRES J.; CASELLAS, J.; PIEDRAFITA, J. Genetic and environmental factors influencing mortality up to weaning of Bruna dels Pirineus beef calves in mountain areas: A survival analysis. *Journal of Animal Science*, n.83, p. 543-551. 2005.