

## O CRESCIMENTO POPULACIONAL DO REBANHO BOVINO BRASILEIRO

### AUTORES

ALFREDO RIBEIRO DE FREITAS<sup>1</sup>", SELENE MARIA COELHO LOIBEL<sup>2</sup>", MARINHO GOMES DE ANDRADE<sup>3</sup>",  
JOÃO BOSCO RIBEIRO DO VAL<sup>4</sup>"

<sup>1</sup> Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, Caixa Postal 339, 13560-970 – São Carlos, SP. Bolsista do CNPq. Email: ribeiro@cnpse.embrapa.br

<sup>2</sup> Doutoranda na Feec -Unicamp, Caixa Postal 6101, 13081-970 - Campinas, SP. Email: sloibel@terra.com.br.

<sup>3</sup> Professor Doutor no ICMC - USP , Caixa Postal 668, 13560-970 - São Carlos, SP. Email: marinho@icmc.sc.usp.br.

<sup>4</sup> Professor Doutor no DT-FEEC-UNICAMP, Caixa Postal 6101, 13081-970 - Campinas, SP. Email: jbosco@dt.fee.unicamp.br

### RESUMO

A população do rebanho bovino mundial tende a se estabilizar ou mesmo reduzir, enquanto que no Brasil, o crescimento tem sido positivo nos últimos anos. Considerando-se o número efetivo de animais e a taxa de abate do rebanho brasileiro no período de 1983 a 2000, o objetivo do trabalho foi estimar o crescimento dessa população, por meio do modelo não-linear de Richards. O ajuste foi feito utilizando-se a técnica de verossimilhança profile em cadeias de Markov, por meio de programas desenvolvidos em MATLAB. Como o modelo se mostrou adequado para descrever o crescimento da população de bovinos brasileira, foram utilizados dois parâmetros; tamanho inicial e taxa de crescimento da população, para estimar dois indicadores da população de bovinos brasileira: a) probabilidade de se atingir 200 milhões de animais até o ano de 2015; b) tempo para atingir este tamanho populacional com taxa de abate variável. As estimativas de máxima verossimilhança do modelo proporcionaram os seguintes resultados para estes dois indicadores: a) o rebanho brasileiro atinge 200 milhões de animais no ano de 2015 com taxa de abate de aproximadamente 17%; b) o rebanho atinge este tamanho no intervalo 11 anos com taxa de abate de 16%, até 20 anos com taxa de abate de 18%.

### PALAVRAS-CHAVE

Cadeias de Markov, Modelo de Richards, taxa de crescimento populacional, verossimilhança profile

### TITLE

GROWTH OF THE BRAZILIAN CATTLE POPULATION

### ABSTRACT

The world cattle herd population tends to stabilize or to decrease, while the Brazilian bovine herd had positive growth in the last years. Considering the effective number of animals and the annual slaughter rates for Brazilian cattle herd from 1983 to 2000, the objective of this work was to estimate the growth of cattle herd in Brazil using the nonlinear Richards model. The methodology used for fitting was the likelihood profile and Markov chain method, using MATLAB programs. Since the model was adequate for estimating the Brazilian cattle population, two parameters of the fitted model: initial size and population growth rate were used for estimating two indicators of the population: a) the probability of the cattle herd to reach 200 million animals in the year 2015 and b) the time to reach this population size considering variable annual slaughter rates. The maximum likelihood estimates obtained from the model indicate that the Brazilian herd: a) will reach 200 millions of animals in 2015, with annual slaughter rates of approximately 17.0%; b) will reach 200 millions of animals within the range of 11 years with annual slaughter rate of 16% and until 20 years with annual slaughter rate of 18%.

### KEYWORDS

Markov Chain, Likelihood profile, population growth rate, Richards model

## INTRODUÇÃO

A população bovina mundial tende a estabilizar ou mesmo reduzir (Pineda, 2000). No Brasil, o rebanho tem crescido nos últimos anos; apenas nos últimos sete anos cresceu mais de 10 milhões de animais. O País inicia o novo milênio em segundo lugar no tamanho do rebanho bovino (aproximadamente 164 milhões de animais) e na produção de carne bovina (ANUALPEC, 2002); porém, tem potencial para continuar crescendo. Contribuem para isto, a sua dimensão territorial, as condições climáticas variadas, a predominância no rebanho bovino de aproximadamente 80% de genes de origem zebuína, e ainda as tecnologias modernas de melhoramento genético animal, entre outras.

Esta atividade é ainda mais atraente quando se sabe que o sistema agro-industrial da carne de origem animal é o de maior impacto no PIB e somente o segmento denominado “boi”, movimenta mais de US\$ 30 bilhões por ano (CNPQ, 1995). Assim, para o País se consolidar no cenário internacional como grande produtor e exportador de carne bovina, é importante a manutenção de uma população bovina em torno de 200 milhões de animais (Pineda, 2000). Assim, é importante o uso de metodologias para estimar com confiabilidade o crescimento da população de bovinos no País. Um modelo tradicionalmente usado para este propósito é o de Richards (Richards, 1959), que também é apresentado como generalização dos modelos logístico e Gompertz (Fitzhugh, 1976).

O objetivo do foi estimar o crescimento da população de bovinos do País por meio do modelo não linear de Richards, considerando-se dois indicadores: a) probabilidade de se atingir 200 milhões de animais até o ano de 2015; b) tempo para se atingir 200 milhões de animais com taxa de abate variável.

## MATERIAL E MÉTODOS

A estimativa do crescimento da população do rebanho bovino brasileiro de 1983 a 2000, foi obtida por meio do ajuste do modelo de Richards (RICHARDS, 1959), considerando-se o número de animais e a taxa de abate anuais (Tabela 1). Algumas suposições foram feitas: a) a dinâmica de crescimento animal inclui processos físicos, químicos, biológicos, ambientais, etc; b) a taxa de crescimento é função da diferença entre as taxas de natalidade e de mortalidade e do tamanho populacional no período; c) a variabilidade devida à fatores ambientais ou a aleatoriedade dos processos naturais e ambientais provocadas por causas imprevisíveis é introduzida no modelo por um processo estocástico. No caso de bovinos, dentre os fatores responsáveis pela variações naturais, pode-se citar os sistemas de criação, que normalmente são desenvolvidos em regime de pastagens extensivas, em que os animais estão sujeitos à escassez periódica de forragem, comprometendo-se o seu desenvolvimento e a eficiência reprodutiva. A falta de adequação do potencial genético dos rebanhos ao ambiente e ao manejo, ou vice-versa, também é um dos entraves. No ajuste do modelo de Richards foram considerados vários parâmetros: o tamanho ( $N_t$ ) e a taxa de abate ( $h_t$ ) da população no tempo " $t$ ", em anos; o fator intrínseco da população ( $q$ ), o qual descreve a forma como a taxa  $r(N_t)$  diminui à medida que  $N_t$  aumenta; " $r$ " ( $r_0$ ) é a taxa de crescimento intrínseca da população; é dado por " $r = d - m$ ", em que  $d$  é a taxa de natalidade e " $m$ " a taxa de mortalidade da população. O parâmetro " $K$ " representa o tamanho limite a partir do qual a taxa de crescimento é decrescente; é imposto basicamente pelo meio ambiente São exemplos em bovinocultura, os sistemas de criação extensivos em regime de pastagens, os quais sujeitam os animais à escassez periódica de forragem, comprometendo o desenvolvimento e a eficiência reprodutiva. As inferências do modelo de Richard, para propósitos deste estudo, foram obtidas por meio da técnica de verossimilhança "*profile*" (SEBER e WILD, 1989); as estimativas dos intervalos de confiança dos parâmetros foram obtidas com base na normalidade assintótica dos estimadores e matriz de informação de Fisher (BICKEL e DOKSUM, 1977; BARNDORFF-NIELSEN e COX, 1994). Para o cálculo da probabilidade do rebanho bovino atingir 200 milhões de animais até o ano de 2015, foi feito com um modelo de cadeia de Markov e equação recursiva de "*Chapmann-Kolmogorov*", admitindo-se que a população de bovinos, no período 1983 a 2000, pode ser representada por um conjunto de " $N_i$ " intervalos ou “estados” discretos, do tipo I1, I2, IN. (ÇINLAR, 1975). O ajuste do modelo feito por meio de programas desenvolvidos em MATLAB.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rebanho bovino brasileiro tem taxa de crescimento positiva (Tabela 1 e Figura 1), indicando que não se tem informações suficientes sobre o nível de saturação ("K") da população. Os valores da projeção de 2000 até 2015 (Figura 1), foram calculados com as taxas de abate apresentadas na Tabela 1. De 1983 à 2000, o crescimento do rebanho bovino é irregular; é crescente de 1983 até 1991, com oscilações de 1991 até 1995 e crescente daí por diante até o ano de 2000. O valor estimado foi maior (1 a 2,5%) que o observado de 1983 a 1987, 1989 e de 1992 a 1994; a exceção foi em 1988, quando subestimou o crescimento em 3,2%. O modelo de "Richards" considerou estas irregularidades e se mostrou adequado para descrever o crescimento neste período. Este modelo também tem mostrado adequado para o estudo de crescimento de curvas de crescimento de animais (FREITAS et al. 1984) e crescimento populacional (HAMMERLE et al., 2002).

A Figura 2 apresenta a probabilidade do rebanho brasileiro atingir 200 milhões de animais em 2015, considerando-se várias taxa de abate; foi usada a equação recursiva de "Chapman-Kolmogorov").

Segundo PINEDA (2000), a taxa de abate do rebanho brasileiro no ano 1980 era de 15%, e no ano 2000 passou a ser de aproximadamente 22%. O autor afirma ainda que se esta tendência de crescimento se manter, a população de bovinos do Brasil atingirá 200 milhões de animais no ano de 2015, com abate de 40%. Os resultados obtidos no presente trabalho, no entanto, não confirmam esta hipótese, pois como a estimativa da taxa de crescimento médio anual foi de 18,23%, Qualquer taxa de abate acima deste valor resultaria em diminuição da população de bovinos e não em aumento.

A probabilidade do rebanho brasileiro atingir 200 milhões de animais em 2015, com abate anual acima de 19% é praticamente nula (Figura 2). Isto ocorre porque assume-se taxa de abate constante, quando na verdade ela poderia começar menor e com o crescimento da população, poder-se-ia aumentar também; com a taxa de abate de 16%, tem-se a maior probabilidade de alcançar esta meta.

Deve-se ter em mente que qualquer projeção do crescimento do rebanho bovino brasileiro, mesmo considerando-se as excelentes qualidades do modelo de "Richards", dependerá de ações estritamente zootécnicas, como, nutrição, melhoramento genético, sanidade, manejo, entre outras. Num mundo globalizado, esta atividade é fortemente dependente ainda, de fatores como política interna e de exportação de carne bovina, de fortes campanhas de "marketing", etc.

Com o modelo de "Richards", é possível prever a evolução do rebanho bovino brasileiro, de modo a encontrar situação ideal em termos de tamanho do rebanho, taxa de abate e o número de anos para atingir determinada meta. Utilizando-se técnicas de programação dinâmica estocástica e modelos de otimização, é possível responder perguntas do tipo: Qual taxa de abate deve ser utilizada para o rebanho atingir determinado tamanho e determinado ano? Qual a maior probabilidade desta meta ser atingida? Com qual taxa de abate o rebanho atinge determinado tamanho em menos tempo?.

## CONCLUSÕES

O ajuste do modelo de "Richards" foi adequado para estimar o crescimento da população de bovinos brasileira de 1983 até 2000. O rebanho bovinos atingirá 200 milhões de animais em duas condições em 11 anos ou 21 anos, com taxas de abate de 16% e 18%, respectivamente. É possível prever a evolução do rebanho bovino, de modo a ter situação ideal em termos de tamanho do rebanho e taxa de abate.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANUALPEC 2001. Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo: FNP, 2001, 359p.
2. ANUALPEC 2002: Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo: FNP, 2002, 400p.
3. BARNDFORFF-NIELSEN, O. E. ; COX, D. R. Inference and Asymptotics. London: Chapman & Hall, 1994.
4. BICKEL, P. J. ; DOKSUM, K. A. Mathematical Statistics. San Francisco: Holden-Day, 1977.
5. CHIB, S.; GREENBERG, E. Understanding the Metropolis-Hastings algorithm. "American Statistician", v.49, n.4, p.327-335. 1995.
6. ÇINLAR, E. "Introduction to Stochastic Processes". New Jersey: Prentice-Hall, 1975.
7. FITZHUGH Jr, H.A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. "Journal of Animal Science", Champaign, v.42, n.4. p.1036-1051,1976.
8. FREITAS, A. R. de; ALBINO, L. F.; MICHELAN FILHO, et al. Modelos de curvas de crescimento em frangos de corte. "Pesquisa Agropecuária Brasileira", Brasília, v.19, n.9, p. 1057-1064, set., 1984.
9. HAMMERLE et al. [(2002 <http://www.inf.unisinos.br/~lbbc/CBCTA2002.PDF> em 05/12/2002)
10. PINEDA, N. R. Cenário de cadeia produtiva da carne bovina no Brasil. " ABCZ" , Uberaba, v.2, n.10, p.186-187, 2002.
11. PINEDA, N. R. Influência do Nelore na produção de carne no Brasil. SIMPÓSIO NELORE, 2000, Uberaba - MG. " Anais..." Uberaba: SBCN, 2000. p.3-13.
12. RICHARDS, J. F. A flexible growth function for empirical use. "Journal of Experimental Botânica", v.10, n.29, p.290-300, 1959. 1959.
13. SEBER, G. A. F. ; WILD, C. J. "Nonlinear Regression". New York: John Wiley, 1989.

Tabela 1- Número de animais e taxa de abate do rebanho bovino brasileiro, no período de 1983 a 2000  
*Table 1 – Number of animals and slaughter rate of brazilian cattle herd, in the period of 1983 up to 2000.*

Ano Year	Número de animais Number of animals	Taxa de abate Slaughter rate
1983	124 798 475	0,1604
1984	126528255	0,1633
1985	128362982	0,1520
1986	131870251	0,1479
1987	134084435	0,1800
1988	141360698	0,1694
1989	144 442 495	0,1673
1990	151 719 702	0,1895
1991	154 297 163	0,1935
1992	153 033 849	0,1929
1993	151 419 477	0,1876
1994	151 839 661	0,2019
1995	153 776 057	0,2126
1996	153 320 622	0,2052
1997	153 647 424	0,2044
1998	154 677 679	0,2006
1999	157 447 136	0,2086
2000	159 401 088	0,2141

Fonte: ANUALPEC (2001)

Source: ANUALPEC (2001)

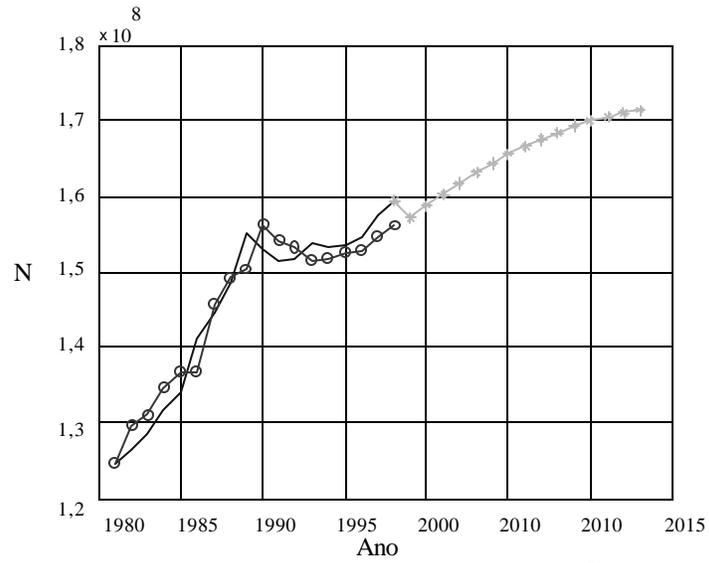


Figura 1 - Crescimento do rebanho bovino brasileiro ( $N \times 10^8$ ): real ( ) e estimado ( ) de 1983 a 2000; projeção ( ) de 2000 a 2015. Foi utilizado o modelo de Richards.

Figure 1 - Growth of brazilian cattle herd ( $N \times 10^8$ ): real ( ) and estimated ( ) of 1983 to 2000 and projection ( ) from 2000 to 2015. The Richard model was used for analyses.

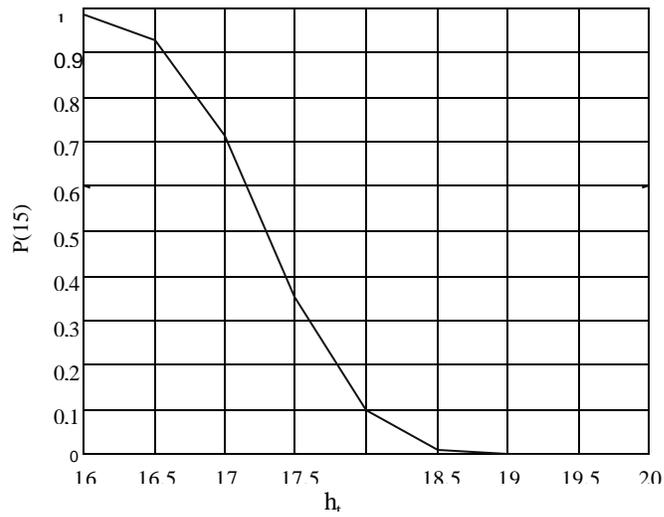


Figura 2 - Probabilidades do rebanho bovino atingir 200 milhões de animais em 2015, estimada de acordo com a matriz de transição P15 e entrada  $P(N_{15} \text{ e } I_{32}|N_1 \text{ e } I_{16})$  e taxa da abate  $h_t$ .

Figure 2 - Probabilities of cattle herd to attain 200 millions of animals in 2015, estimated by transition matrix P15 and inputs  $P(N_{15} \text{ e } I_{32}|N_1 \text{ e } I_{16})$  and slaughter rate  $h_t$ .

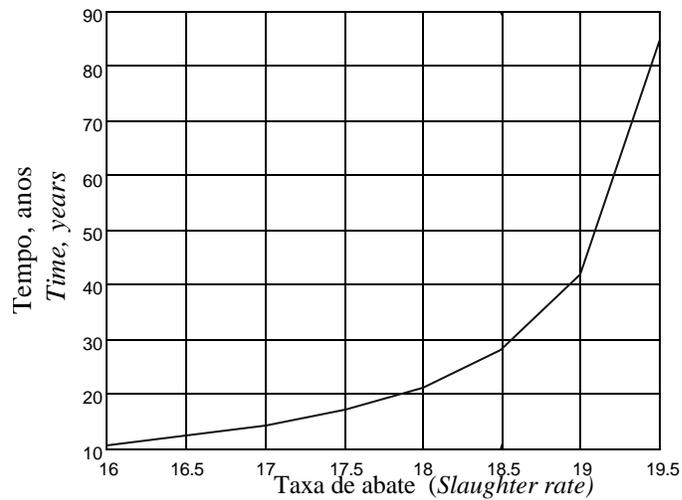


Figura 3. Probabilidades do rebanho bovino atingir 200 milhões de animais em 2015: tempo, em anos, em função da taxa da abate.

Figure 3. Probabilities of cattle herd to attain 200 million of animals in 2015: time, in years, in function of slaughter rate