

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA ESTIMAR A PRODUÇÃO DE LEITE COM BASE EM CONTROLES MENSALIS¹

MÁRIO LUIZ MARTINEZ, ARY FERREIRA DE FREITAS² e FERNANDO ENRIQUE MADALENA³

RESUMO - Foram comparados quatro métodos de estimar a produção por lactação a partir de controles mensais: Oficial Brasileiro (Q); intervalo entre teste (T); T com correção pelo período inicial (TI); e com correção pelos períodos inicial e final (TIF). A produção real (R = soma das produções diárias) foi utilizada como padrão para medir os erros dos métodos de estimação. São apresentadas estatísticas sobre a distribuição destes erros. Para 425 lactações (176 vacas) corrigidas por efeitos de meio, os coeficientes de correlação entre a produção real e a estimada por cada um dos métodos Q, T, TI e TIF, foram, respectivamente: 0,98, 0,95, 0,95 e 0,94, e as repetibilidades, 0,47, 0,46, 0,46 e 0,44 (erro-padrão = 0,05). As vacas foram ordenadas pela CMPP calculada para cada método. Os coeficientes de correlação entre estas ordenações e a real, foram: 0,98, 0,95, 0,96 e 0,95, para Q, T, TI e TIF, respectivamente. A ordenação de seis touros pela diferença predita foi pouco alterada pelo método de estimação.

Termos para indexação: controle leiteiro, seleção, produção de leite, repetibilidade.

COMPARISON OF METHODS OF ESTIMATION OF LACTATION YIELD FROM MONTHLY RECORDS.

ABSTRACT - Four methods of estimation of lactation yields were compared: Brazilian official method (Q); test interval method (T); T corrected for length of initial interval (TI) and for initial and final intervals (TIF). Actual production (R = sum of daily yields) was used to measure errors of estimation. For 423 lactations (176 cows) corrected for environmental effects, correlation coefficients between actual and estimated production, by each of the Q, T, TI and TIF methods, were respectively: 0.98, 0.95, 0.95 and 0.94; and repeatabilities, 0.47, 0.46, 0.46 and 0.44 (standard error = 0.05). Cows were ranked by their MPPA calculated by each method. Rank correlation coefficients with actual rank were 0.98, 0.95, 0.96 and 0.95, for Q, T, TI and TIF, respectively. The ranking of six bulls on their predicted difference was not much affected by the method used for estimation.

Index terms: milk recording, selection, milk production, repeatability.

INTRODUÇÃO

O registro individual da produção de leite constitui a base para a seleção objetiva de vacas e touros leiteiros. Entretanto, o registro da produção em cada ordenha implica em custo elevado, sendo portanto, na prática, realizado a intervalos periódicos, como por exemplo, o mensal. A produção total por lactação deve então ser obtida, a partir desses controles periódicos existindo diversos métodos de estimação (Carré et al. 1958). De fato, os métodos de controle e de cálculo variam em diferentes países.

No Brasil, a produção total (Q) é estimada pelo produto da média dos controles mensais (\bar{Y}) e pela duração da lactação (L) (Brasil 1974). Este

método admite implicitamente que a curva de lactação é linear. Carré et al. (1958) concluíram que o método Fleischman, utilizado na França (e também nos EEUU e Canadá, onde é chamado de método do intervalo entre testes), teve uma precisão ligeiramente superior ao método $Q = \bar{Y}L$.

No método Fleischman, a maior fonte de erro origina-se da estimativa da produção nos períodos inicial, desde o início da lactação até o primeiro controle, e final, desde o último controle até o encerramento da lactação (Johansson 1944). Everett e Carter (1968 a) desenvolveram métodos para corrigir estes erros, cuja variância foi assim diminuída em 12%.

No presente trabalho foram comparados quatro métodos de estimar a produção por lactação. Primeiramente são apresentadas estatísticas descritivas da distribuição dos erros para cada método, e posteriormente são examinadas as conseqüências da utilização desses métodos na seleção de vacas, pela capacidade mais provável de produção (CMPP), e de touros, pela diferença predita (DP).

Pesq. agropec. bras., Brasília, 14(2):117-122, abr. 1979.

¹ Aceito para publicação em 2 de março de 1979.

² Eng.º Agr.º, M.Sc., Centro Nacional de Pesquisa-Gado de Leite (CNP-GL), EMBRAPA, Caixa Postal 151, CEP 36.155 - Coronel Pacheco, MG.

³ Eng.º Agr.º, Ph.D., Convênio EMBRAPA/FAO/UNDP/PROJETO BRA/75/015.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas 509 lactações distribuídas entre os seguintes grupos raciais: HPB (79), Jersey (20), 1/2 HPB: 1/2 GIR (289), 3/4 HPB: 1/4 GIR (144) e 5/8 HPB: 3/8 GIR (7). As lactações foram estudadas de 1960 a 1975. O rebanho pertencia à Estação Experimental Santa Mônica, Município de Valença, RJ, do ex IPEACS, atualmente pertencente ao CNP-Gado de Leite (EMBRAPA).

As condições climáticas da região e o sistema de manejo e alimentação do rebanho foram descritos por Carmo & Nascimento (1961).

Realizou-se a ordenha mecanicamente até 1964 e, manualmente deste ano até 1975; duas vezes ao dia, sendo os bezerros separados das mães logo após o nascimento. A produção era registrada em cada ordenha, até ao máximo de 300 dias de duração. Com a finalidade de padronizar o início do controle, as lactações consideraram-se iniciadas no oitavo dia após o parto. Somente foram incluídas neste trabalho lactações de no mínimo 210 dias de duração, pois, paralelamente, realizou-se um estudo sobre a freqüência de controle (Martinez et al. 1978) em que a freqüência bimensal seria inaplicável a lactações mais curtas.

Foram simulados controles mensais, de tal forma que o controlador assistisse á fazenda em um dia fixo (no caso, arbitrariamente, o dia 23) de cada mês, registrando nesse dia a produção de todo o rebanho. A produção total foi calculada pelos quatro métodos seguintes:

$$Q = YL;$$

$$T = Y_1 t_I + A + Y_n t_F;$$

$$TI = F_k Y_1 t_I + A + Y_n t_F;$$

$$TIF = F_k Y_1 t_I + A + T_F;$$

sendo Y_i a produção diária no i -ésimo controle mensal ($i = 1, 2, \dots, n$)

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$$

L = período da lactação

$$A = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} t_i$$

t_i = intervalo entre o i -ésimo e o controle seguinte;

t_I = intervalo entre o início da lactação e o

primeiro controle;

t_F = intervalo entre o último controle e o encerramento da lactação;

F_k = fator de correção para o período inicial; e

T_F = Estimativa da produção acumulada no período final.

O método Q é o método oficial no Brasil e o T é o método do intervalo entre testes (Dairy Herd Improvement 1979). Os métodos TI e TIF são modificações do método T para ajuste, respectivamente, da produção no período inicial (t_I) e, em ambos os períodos, inicial e final (t_I e t_F). Seguindo a metodologia de Everett & Carter (1968), os fatores de correção para o período inicial (F_k) foram obtidos pela regressão linear $T_{jk} = F_k (Y_{jk}) + e_j$, onde T_{jk} é a produção acumulada nos primeiros k dias da j -ésima lactação, e Y_{jk} é a produção no k -ésimo dia (dia do primeiro controle) da j -ésima lactação. Os fatores F_k foram calculados para cada um dos $k = 1, 2, \dots, 31$ dias iniciais da lactação. Nos métodos TI e TIF, a produção no período inicial foi calculada para cada lactação multiplicando Y_{1t_I} pelo fator F_k apropriado, segundo o dia do primeiro controle ($t_I = k$). No método TIF, a produção acumulada (T_F) no período final t_F é estimada (na suposição de que a curva da lactação é linear nesta fase) por $T_F = (Y_n - bt_F/2) t_F$, onde b é o coeficiente de regressão da reta que descreve a produção diária no l -ésimo dia a partir do último (n) controle, $Y_{jl} = Y_n - bl_j$. O coeficiente da regressão b foi obtido pela regressão da produção diária sobre o dia da lactação dentro dos últimos 61 dias da lactação ($l_j = L_j - 60, \dots, L_j$) de cada vaca.

A produção real (R), obtida pela soma dos controles diários, foi utilizada como padrão para obter os erros de estimativa de cada um dos quatro métodos estudados.

Após ajustar os registros de produção por idade e grau de sangue, segundo os fatores derivados dos resultados de Madalena et al. (1978 a) para este rebanho, calcularam-se as diferenças com as companheiras contemporâneas e estimaram-se as repetibilidades, pelo coeficiente de correlação intra-classe e o erro padrão, segundo Swiger et al. (1964), das produções para cada um dos métodos utilizados, assim como a capacidade de produção mais provável (CMPP), (Lush 1945). Como não se dispunha

de fatores para Jersey e 5/8 HPB: 3/8 GIR, as lactações destes grupos raciais foram eliminadas.

Para os touros com cinco filhas ou mais, com primeira lactação encerrada, foram calculadas as diferenças preditas (DP) similarmente ao descrito por Schmidt & Vleck (1974), para a produção real e para as estimativas da produção obtidas pelos quatro métodos em estudo. Em todos os casos supôs-se a variância ambiental comum $c^2 = 0$. Adotou-se um valor de herdabilidade para a produção real de $h_R^2 = 0,20$, sendo então a herdabilidade para os quatro métodos estimativos obtida pela relação $h_i^2 = h_R^2 \sigma_{FR}^2 / \sigma_{Fi}^2$, onde h_i^2 e σ_{Fi}^2 representam, respectivamente, a herdabilidade e a variância fenotípica da produção estimada pelo i-ésimo método; e σ_{FR}^2 a variância fenotípica da produção real.

Para o cálculo dos desvios dos registros individuais das médias das contemporâneas (lactações iniciadas no mesmo ano e época), duas épocas foram usadas: chuvas (outubro a março inclusive) e seca (abril a setembro). As lactações iniciadas em ano-época com menos de quatro observações foram eliminadas.

As vacas foram ordenadas segundo a CMPP calculada com cada um dos métodos. Foram obtidos os coeficientes de correlação de Spearman (Kendall 1962) entre as ordenações das CMPP, calculadas com cada um dos quatro métodos estimativos e as ordenações calculadas pela produção real.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores dos fatores F utilizados nos métodos TI e TIF para a correção das estimativas de produção do período inicial até o primeiro controle. Para a correção do período final foi encontrada uma redução na produção diária de $b = -0,031$ kg, em cada dia transcorrido nos últimos dois meses da lactação.

Os métodos Q e T estimaram, em média, uma produção de 15 e 21 kg acima da produção real, ou 0,5 e 0,8%, respectivamente, (Tabela 2). O erro médio diminuiu com a correção do período inicial (TI), mas a inclusão da correção para o período final (TIF) resultou em uma subestimação média de -57 kg (-2,1%), em relação à média real.

Nas Tabelas 3 e 4 são apresentadas informações sobre a distribuição dos erros de estimação para cada um dos quatro métodos estudados.

O método Q apresentou a maior porcentagem das estimativas de produção próximas do valor real. Assim, com este método, 89% das produções foram estimadas com um erro de $\pm 6\%$, e 98% com um erro de $\pm 10\%$ (Tabela 3). McDaniel (1969), em oito de doze trabalhos revisados com frequência mensal de controle, verificou que a porcentagem de produções estimadas com $\pm 5\%$ de erro variava entre 87 e 99%, e a porcentagem de produções estimadas com erro de $\pm 10\%$ variava entre 97 e 100%. Jordão et al. (1947) comunicaram que, nas estimativas com frequência mensal, 87 e 100%, res-

TABELA 1. Fatores (F_k) de correção utilizados nos métodos TI e TIF.

Intervalo entre o início da lactação e o dia do primeiro controle. (dias)	F_k	Intervalo entre o início da lactação e o dia do primeiro controle. (dias)	F_k	Intervalo entre o início da lactação e o dia do primeiro controle. (dias)	F_k
1	1,000	11	0,936	21	0,870
2	0,972	12	0,914	22	0,881
3	0,931	13	0,926	23	0,886
4	0,958	14	0,910	24	0,853
5	0,963	15	0,907	25	0,839
6	0,945	16	0,914	26	0,871
7	0,928	17	0,902	27	0,846
8	0,953	18	0,882	28	0,863
9	0,968	19	0,894	29	0,855
10	0,959	20	0,877	30	0,892
				31	0,882

TABELA 2. Médias, erros médios, desvios padrão e coeficiente de variação para 509 produções estimadas por diferentes métodos.

Métodos	Média ± erro padrão (kg)	Erro médio em relação à média real (%)	Desvio padrão (kg)	Coeficiente de variação (%)
R	2735 ± 27	-	603	22,0
Q	2750 ± 27	+ 0,5	609	22,2
T	2756 ± 28	+ 0,8	624	22,6
TI	2733 ± 28	- 0,1	624	22,8
TIF	2678 ± 28	- 2,1	621	23,2

TABELA 3. Porcentagem de lactações estimadas dentro de uma dada porcentagem de erro (em valor absoluto), em relação à produção real.

Métodos	Porcentagem de erro					
	± 2	± 4	± 6	± 8	± 10	± 15
Q	41	72	89	95	98	100
T	30	50	68	84	91	99
TI	26	47	66	80	90	99
TIF	30	51	65	77	84	95

TABELA 4. Porcentagem de lactações estimadas dentro de um dado número de quilogramas (em valor absoluto), de leite da produção real.

Métodos	Desvio absoluto em quilogramas de leite					
	± 50	± 100	± 150	± 200	± 250	± 300
Q	38	69	85	94	98	99
T	28	47	66	81	90	96
TI	24	46	63	77	86	94
TIF	28	49	64	75	83	90

pectivamente, apresentavam erros de ± 5 e ± 10%. Jardim et al. (1956) verificaram que 79% das lactações eram estimadas com ± 5% de erro.

A dispersão dos erros pelo método T foi maior que pelo método Q, como se poderia esperar das considerações teóricas. No caso de intervalo constante entre controles (t), as estimativas da produção por ambos os métodos são:

$$T = Y_1(t_I - t/2) + Y_{nt} + Y_n(t_F - t/2) e$$

$$Q = Y(t_I - t/2) + Y_{nt} + Y(t_F - t/2)$$

Ambos os métodos têm um termo em comum, Y_{nt} , e diferem no primeiro e terceiro termo, sendo que a variância esperada dos termos Y_1 e Y_n é maior que a esperada dos termos Y .

Contrariando a expectativa, as correções no período inicial (método TI) e nos períodos inicial e final (método TIF) não diminuíram a dispersão dos erros em relação ao método T (Tabela 3). Everett et al. (1968 a, b) diminuíram tanto o erro médio quanto a variação dos erros de estimação, pela utilização de métodos similares ao TI e TIF. Possivelmente, a causa da discrepância se deva ao fato de que Everett et al. (1968 a, b) utilizaram fatores diferentes para cada idade das vacas, sendo que no presente trabalho foram utilizados fatores únicos para todas as lactações. As variações na forma das curvas de lactações diferentes teriam por conseqüência que fatores únicos não seriam aplicáveis a todas as lactações. De fato, em trabalho posterior, com dados deste rebanho, Madalena et al. (1978 b) verificaram que a forma das curvas de lactação é afetada pela época de parição, grau de sangue, número de lactação e a interação ano x época de parição, indicando que seria mais apropriada a utilização de fatores de correção calculados para as circunstâncias peculiares a cada lactação. Esta última linha de estudo não foi porém aprofundada, face aos resultados expostos em continuação.

As repetibilidades das produções estimadas, os coeficientes de correlação entre as diferenças de produção com as companheiras de rebanho, calculadas com cada um dos quatro métodos e pela produção real, e as correlações entre as ordens da CMPP, calculadas com cada um dos métodos e pela produção real, são apresentadas na Tabela 5. Pode-se verificar que as repetibilidades apresentam valores bem próximos daquele obtido para a produção real (0,47) e que o maior desvio (0,03) ocorre com o método TIF, sendo que o método Q apresenta um valor idêntico ao real. Observa-se ainda

TABELA 5. Repetibilidade (r) das produções, correlações (r_{d_i, d_R}) entre as diferenças de produção com as companheiras de rebanho, calculadas com cada um dos quatro métodos (d_i) e pela produção real (d_R) e correlações (r_{o_i, o_R}) entre as ordens da CMPP calculadas com cada um dos quatro métodos (o_i) e pela produção real (o_R).

Nº	Métodos				
	Q	T	TI	TIF	
r^a	425 ^b	0,47 ^c	0,46	0,46	0,44
r_{d_i, d_R}	425	0,98	0,95	0,95	0,94
r_{o_i, o_R}	176	0,98	0,95	0,96	0,95

- a. A repetibilidade para a produção real foi $r = 0,47 \pm 0,05$.
- b. O número 425 refere-se às lactações consideradas nas análises e o 176 refere-se às vacas estudadas.
- c. O erro padrão das estimativas de repetibilidade foi de 0,05 para todos os métodos.

que as correlações são altas e com valores bastante semelhantes, indicando que praticamente as mesmas vacas seriam selecionadas por qualquer um dos quatro métodos de estimação e não pela produção real.

Na Tabela 6, são apresentadas as diferenças preditas dos seis touros que tinham no mínimo cinco filhas com a primeira lactação encerrada e repetibilidade da prova calculada pela produção real.

A ordenação dos touros pela DP mostra que, independentemente do método utilizado, sempre seriam selecionados os dois melhores touros e rejeitado o último entre os seis testados. Os métodos estimativos produziram alterações nas terceira, quarta e quinta posições, alterações estas sem im-

portância prática em um programa de seleção.

As repetibilidades das provas, calculadas para cada um dos métodos, foram bastante uniformes, apresentando um desvio máximo de 0,019 (método TI) em relação às obtidas pela produção real.

O método aqui utilizado para a simulação do controle leiteiro, em um dia fixo de cada mês para todo o rebanho, é similar ao que ocorreria na prática, exceto que neste caso haveria uma certa variação, de um mês para outro, na data de cada controle. Os resultados de Everett et al. (1968) indicam que estas variações não têm importância, já que a variância das estimativas pelo método T, em que intervalo entre controle variava de 20 a 45 dias, foi praticamente igual à variação das estimativas pelo método da data centralizada com controle mensal. Também, as correções pela duração do segundo intervalo, no método T, não modificaram a variância dos erros de estimação (Everett & Carter 1968 a).

Foi considerado que a restrição das lactações de 210 dias ou mais de duração não tira a generalidade da conclusão de que o método Q é preferível ao T, porque, neste rebanho, as curvas de lactação com duração superior a 120 dias eram praticamente lineares (Madalena et al. 1978 b). Para o caso de uma reta, relacionando a produção em cada um dos n controles, realizados a intervalos constantes t, a diferença

$$T - Q = \frac{b(n-1)t}{2} (t_I - t_F) \quad \text{tem valor esperado}$$

$$E(T - Q) = \frac{b(n-1)}{2} E(t_I - t_F) = 0,$$

na suposição de que as datas de parto e de encer-

TABELA 6. Número de filhas (n), repetibilidade da prova (b) e diferenças preditas (DP), em quilogramas de leite, calculadas pelos diferentes métodos, para seis reprodutores da raça holandesa, variedade preta e branca (os algarismos entre parênteses indicam a ordenação dos touros pela DP)

Touros	n	b	Métodos				
			R	Q	T	TI	TIF
			DP				
Insigna	7	0,27	+ 167 (1)	+ 166 (1)	+ 166 (1)	+ 165 (1)	+ 164 (1)
Ofco	12	0,39	+ 106 (2)	+ 123 (2)	+ 126 (2)	+ 126 (2)	+ 123 (2)
Guarani	10	0,35	- 14 (3)	- 37 (4)	- 23 (3)	- 27 (4)	- 18 (4)
Italo	6	0,24	- 34 (4)	- 30 (3)	- 68 (5)	- 19 (3)	- 17 (3)
Japeri	16	0,46	- 52 (5)	- 43 (5)	- 45 (4)	- 42 (5)	- 46 (5)
Negus	10	0,35	-101 (6)	-105 (6)	- 98 (6)	- 97 (6)	- 96 (6)

ramento da lactação se distribuem uniformemente entre todos os dias do mês. Assim, o erro médio dos métodos Q e T seria igual, porém o primeiro apresentaria menor variância pelas razões anotadas anteriormente.

CONCLUSÕES

Os resultados indicam que para rebanhos de baixa produção, como o estudado, onde as curvas de lactação são praticamente lineares, todos os quatro métodos de estimação poderiam ser utilizados com resultados semelhantes para selecionar reprodutores de ambos os sexos para produção de leite. O método Q foi, porém, ligeiramente mais preciso, não existindo indicações que deva ser substituído. Todavia, seria conveniente um exame crítico destes métodos em rebanhos de alta produção.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam os seus agradecimentos aos Srs. Drs. Roberto Meirelles de Miranda, Hildo Matta e Sebastião Carlos Pinto Salema, pelas informações proporcionadas; e Jens Spangenberg pela colaboração na codificação dos dados; ao Departamento de Métodos Quantitativos da EMBRAPA, Brasília, e particularmente aos Drs. Flávio de Oliveira Costa e Homero Chaib Filho, pela assistência no processamento dos dados.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Produção Animal. Divisão para Animais de Grande Porte. Brasília, out. 1974. 205 p.
- CARMO, J. & NASCIMENTO, C.B. Estudo sobre o comportamento da raça holandesa, var. malhada de preto, na Fazenda Experimental de criação "Santa Mônica", Barão de Juparanã, Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Instituto de Zootecnia, M.A., 1961. 64 p.
- CARRÉ, D.; POLY, J. & VISSAC, B. Étude des méthodes de détermination des performances laitières. Ann. Zootech., 7:243-80, 1958.
- DAIRY HERD IMPROVEMENT-DHI. Official Dairy Herd Improvement Rules, nov. 1974. 6 p.
- EVERETT, R.W. & CARTER, H.W. Accuracy of test interval method of calculating Dairy Herd Improvement Association Records. J. Dairy Records. J. Dairy Sci., 51:1936-41, 1968 a.
- McDANIEL, B.T. & CARTER, H.W. Accuracy of monthly, bimonthly and trimonthly Dairy Herd Improvement Association Records. J. Dairy Sci., 51:1051-8, 1978 b.
- JARDIM, W.R.; PEIXOTO, A.M.; SILVEIRA FILHO, S. & GOMES, F.P. Estudo sobre a precisão de alguns métodos práticos de controle leiteiro. R. Agric., Piracicaba, 31:33-44, 1956.
- JOHANSSON, J. Investigations on methods of milk recording. Dairy Sci. Abstr., 5:165, 1944. Abstract.
- JORDÃO, L.P.; ASSIS, F.P.; MEDINA, P. & GUARAGANA, R.N. Estudo sobre a periodicidade do controle quantitativo da produção leiteira. Bol. Ind. Animal, 9:62-71, 1947.
- KENDALL, M.G. Rank correlation methods. 3.ed. London, Charles Griffin & Co, 1962.
- LUSH, J.L. Animal breeding plans. 3.ed. Ames, Collegiate Press, 1945.
- MADALENA, F.E.; FREITAS, A.F. & MARTINEZ, M.L. Avaliação comparativa da produção de leite de vacas holandesas e mestiças de Holandês; Gir. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DE PRODUÇÃO ANIMAL, 4., Buenos Aires, ago. 1978 a. Prelo.
- MARTINEZ, M.L. & FREITAS, A.F. Lactation curves of Holstein-Friesian and Holstein x Gir cows. Anim. Prod., 1978 b. Prelo.
- MARTINEZ, M.L.; MADALENA, F.E. & FREITAS, A.F. Frequência dos registros na seleção por produção de leite. Coronel Pacheco, CNPGL, 1978. Prelo.
- McDANIEL, B.T. Accuracy of sampling procedures for estimating lactation yields: a review. J. Dairy Sci., 52:1742-61, 1969.
- SCHMIDT, G.H. & VLECK, L.D. van. Principles of Dairy Science. San Francisco, W.H. Freeman and Company, 1974.
- SWIGER, L.A.; HARVEY, W.R. ; EVERSON, D.O. & GREGORY, K.E. The variance of intraclass correlation involving groups with one observation. Biometrics, 20:818-26, 1964.