

Ajustamento para Heterogeneidade de Variância da Produção de Leite de Vacas da Raça Holandesa no Estado de Minas Gerais

Nilson Milagres Teixeira¹, Ary Ferreira de Freitas¹, William José Ferreira², Marcus Cordeiro Durães¹, Ricardo Bertola Barra³

RESUMO - Utilizou-se para avaliação genética de vacas da raça Holandesa no Estado de Minas Gerais um procedimento de ajustamento para heterogeneidade de variância entre rebanhos e ao longo do tempo, com base na variância para produção de leite em cada subclasse rebanho-ano. As variâncias fenotípicas duplicaram com o aumento da média de produção da subclasse de 4.000 para 10.000 kg e cresceram, também, com o número de animais na subclasse. As produções foram padronizadas para uma variância comum e os valores genéticos obtidos antes e após o ajustamento, comparados. As variações das Capacidades Previstas de Transmissão (PTAs) e ordem dos touros foram pequenas. As correlações de ordem entre PTAs de vacas elite foram baixas até negativas, sendo antes originadas de rebanhos com maior variabilidade e, após o ajustamento, selecionadas em todas as classes de variabilidade. Com o ajustamento para heterogeneidade da variância, houve aumento de 12 kg/ano na tendência genética estimada para a produção de leite. A implementação do ajustamento para heterogeneidade de variância nas avaliações genéticas pode contribuir para a seleção mais precisa de vacas elite no Estado e poderá aumentar a taxa de ganho genético pela seleção de fêmeas.

Palavras-chave: avaliação genética, gado de leite, heterogeneidade de variância, produção de leite

Adjustment for Heterogeneity of Variance for Milk Yield of Holstein Cows in Minas Gerais State

ABSTRACT - A method was used to account for heterogeneous phenotypic variance for milk yield across herds and over time based on variance for each herd-year class in genetic evaluation of Minas Gerais State Holstein. Phenotypic variances increased twice as within subclass averages increased from 4,000 to 10,000 kg and also with increases in subclass size. Data were standardized to a common variance and the breeding values obtained before and after adjustment were compared. Small variations of Predicted Transmitting Abilities (PTAs) and ordering for sires were found. Rank correlations between PTAs of elite cows were small to negatives. Before adjustment for heterogeneity the elite cows originated from herds with large variability and after they were selected in all variability classes. Estimated genetic trend for milk increased by 12 kg/year after adjustment. The implementation of adjustment for heterogeneity of variance in genetic evaluation should increase the reliability of selection among top cows in the State and may increase the rate of genetic gain from female selection.

Key Words: dairy cattle, genetic evaluation, heterogeneous variances, milk yield

Introdução

Nas avaliações genéticas em gado de leite pressupõe-se a utilização de um modelo estatístico que melhor se ajusta aos dados de desempenho, isto é, que contemple o maior número possível de fatores que interferem na variação da produção, possibilitando comparações entre os animais com eliminação tanto quanto possível de diferenças não-genéticas. Além disso, o modelo deve ser apropriado à estrutura da população de onde os dados são originários, contemplar grupos contemporâneos com relação a manejo, grupos genéticos e diferenças de variação das características entre rebanhos.

Atualmente, no sistema de avaliação usado na raça Holandesa no Estado de Minas Gerais, assume-se homogeneidade das variâncias genética e residual para todos os ambientes. Esta pressuposição pode não ser verdadeira quando as condições ambientes forem heterogêneas ou quando os desempenhos são obtidos durante um longo período de tempo. Em vários estudos (Boldman & Freeman, 1990; Dong & Mao, 1990; Meuwissen & Van Der Werf, 1993; Van Der Werf et al., 1994) variâncias genética, residual e de meio permanente foram heterogêneas para características produtivas. Entre as fontes de variância heterogênea, provavelmente, a mais importante seja

¹ Pesquisadores da Embrapa Gado de Leite e bolsistas do CNPq - Rua Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, CEP: 36038-330 Juiz de Fora - MG. E-mail: nilson@cnpqgl.embrapa.br

² Estudante de Doutorado da UFV e Bolsista do CNPq. Depto. de Zootecnia: Av. PH Rolfs s/n, Viçosa-MG - CEP: 36570-000.

³ Técnico da Associação de Criadores de Gado Holandês de Minas Gerais - ACGHMG.

o aumento da variância fenotípica com melhoria do nível de produção como um efeito de escala (Robert-Granié et al., 1999). Em um mesmo ano, a variância fenotípica pode variar de um rebanho para outro, particularmente com o nível de produção e práticas de manejo. Diferenças entre rebanhos quanto à variação genética e heritabilidade já foram relatadas, as quais aumentaram com a produção e a variância fenotípica do rebanho. Esta tendência, contudo, não foi observada nos poucos trabalhos na raça Holandesa no Brasil, em que os valores da heritabilidade encontrados foram maiores para rebanhos de níveis médios de produção e desvio-padrão (Ramos et al., 1996; Torres et al., 1999). Outros pesquisadores, entretanto, não encontraram relação entre produção e heritabilidade (Mirande & Van Vleck, 1985).

Se heterogeneidade de variância for ignorada, corre-se o risco de ordenação incorreta dos animais por meio de seus valores genéticos e, conseqüentemente, o progresso genético pode ser afetado. Se, entretanto, as filhas dos touros estiverem distribuídas, aleatoriamente, entre rebanhos de baixa e alta variabilidade, espera-se que a ordem dos touros não seja influenciada. Porém, a ordem das vacas poderá ser influenciada e aquelas que produzem em rebanhos com maior variabilidade poderão ser superavaliadas (Robert-Granié et al., 1999).

Vários métodos para correção para heterogeneidade da variância já foram sugeridos, dentre eles, transformação de escala dos dados por meio de desvio-padrão residual ou fenotípico (Hill, 1984; Weigel & Gianola, 1992), enfoque de características múltiplas (Henderson, 1984; Gianola, 1986) e pré-ajustamento para variância fenotípica dentro de rebanhos (Wiggans & Van Raden, 1991; Van Der Werf et al., 1994).

Valência et al. (1996), no Brasil, trabalhando com os dados de produção distribuídos entre três níveis, observaram que as transformações logarítmicas e raiz quadrada não estabilizaram os componentes de variância de touros, vacas e do resíduo. Torres et al. (1999) também constataram que as transformações dos dados de produção não eliminaram a heterogeneidade de variância entre os rebanhos pertencentes às diferentes classes de desvio-padrão fenotípico.

O objetivo deste trabalho foi determinar a magnitude da heterogeneidade da variância da produção de leite dentro de rebanho e o efeito de ajustamento para a mesma sobre os valores genéticos em rebanhos da raça Holandesa no Estado de Minas Gerais.

Material e Métodos

Os dados usados fazem parte dos arquivos da Associação de Criadores de Gado Holandês de Minas Gerais. Duas estações de parto foram consideradas: outubro a março e abril a setembro. Na edição dos dados, as classes rebanho-ano-estação com menos de dez lactações foram eliminadas. As produções de leite até 305 dias de 25.688 vacas com partos entre 1988 e 1999 foram pré-ajustadas para idade e estação de parto por meio de fatores multiplicativos, conforme Durães et al. (1999).

As variâncias das produções podem variar dentro de rebanho e entre anos para um determinado rebanho. A variação entre os anos ocorre porque as produções tendem a aumentar ao longo dos anos, e espera-se que as variâncias aumentem com a produção. Estimaram-se variâncias para cada subclasse rebanho-ano, por meio de:

$$\hat{\sigma}_{ij}^2 = \frac{\sum_{j=1}^{n_{ij}} (y_{ijk} - \bar{y}_{ij})^2}{n_{ij} - 1}$$

em que: $\hat{\sigma}_{ij}^2$ = variância estimada dentro de rebanho-ano ij; y_{ijk} = produção do animal k no rebanho-ano ij; n_{ij} = número de produções no rebanho-ano ij;

Em uma análise preliminar ajustou-se o modelo linear fixo seguinte para identificar fontes de variação dos desvios-padrão fenotípicos dentro de cada subclasse rebanho-ano:

$$D_{ijklmno} = \text{Ano}_i + \text{Reb}_j + \text{Mês}_k + \text{CR}_l + \text{CLASNOB}_m + \text{CLASLEI}_n + e_{ijklmno}$$

em que: $D_{ijklmno}$ = desvio-padrão fenotípico da produção de leite até 305 dias ajustada para idade e estação no ano i, rebanho j, mês k, grupo genético l, classe de número de observação m, classe de produção média de leite n; Ano_i = efeito fixo de ano de parto i (i = 1988, ..., 1999); Reb_j = efeito fixo de rebanho j (j = 1, ..., 385); Mês_k = efeito fixo de mês de parto k (k = 1, ..., 12); CR_l = efeito fixo de grupamento genético l (l = 1, ..., 6); CLASNOB_m = efeito fixo de classe de número de observações m (m = 1, ..., 6); CLASLEI_n = efeito fixo de classe de produção média de leite n (n = 1, ..., 8); $e_{ijklmno}$ = efeito aleatório de erro.

Uma vez que o número de lactações em cada subclasse rebanho-ano pode ser pequeno, os erros de amostragem das estimativas das variâncias podem ser grandes. Foram então estimadas variâncias pon-

deradas dentro de rebanho-ano ($\hat{\sigma}_{w_{ij}}^2$), com menor erro de amostragem, combinando-se informação de anos adjacentes, isto é, a variância dentro de ano e as de rebanho-anos adjacentes conforme procedimento sugerido por Wiggans & Van Raden (1991) e também usado por Van Der Werf et al. (1994). Os pesos para a ponderação das diferentes fontes de informação foram os mesmos de Wiggans & Van Raden (1991). As produções foram, em seguida, padronizadas por meio de:

$$y'_{ijk} = (y_{ijk} - \mu_{RAE_{ij}}) / \hat{\sigma}_{w_{ij}}$$

em que: y'_{ijk} = produção padronizada; $\mu_{RAE_{ij}}$ = média de produção da classe RA_{ij} (rebanho-ano) à qual pertence a produção k .

As produções padronizadas foram, então, expressas na forma original usando-se como um valor constante a média geral das variâncias dentro de rebanho-ano. Para se obterem os valores genéticos, utilizou-se um modelo linear misto (modelo animal) contemplando os efeitos fixos de idade ao parto, rebanho, ano e estação de parto, grupos genéticos (PO e PC) e os efeitos aleatórios genético aditivo de animal e de meio ambiente permanente. O sistema MTDFREML (Boldman et al., 1995) foi usado.

Critérios para verificação de efeitos do ajustamento para heterogeneidade da variância foram: 1) correlações de ordem para touros e vacas; 2) mudanças de vacas elite entre classes de desvio-padrão; 3) tendência genética na população de vacas.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 encontram-se número de subclasses rebanho-ano, número de lactações, médias das produções e dos desvios-padrão dentro das subclasses por ano e mês de parto e grupo genético. Houve aumento significativo da média dos desvios-padrão de 1988 até 1997, fato ocorrido provavelmente devido ao aumento na produção no decorrer do período. As mudanças dos desvios-padrão com o mês de parto não foram significativas. À medida que os animais passaram a ser mais controlados quanto aos seus pedigrees, constatou-se maior produção de leite e aumento da média dos desvios-padrão, concordando com Weigel et al. (1993), que verificaram variâncias residuais para características produtivas maiores em rebanhos registrados. Observou-se aumento de 100% nas médias dos desvios-padrão entre os níveis extremos de produção (Tabela 2), indicando ser o nível de produção o principal fator de variabilidade dos rebanhos. Houve, também, aumento significativo na mé-

dia dos desvios-padrão com o número de animais do rebanho, concordando com Weigel et al. (1993), os quais encontraram variâncias residuais maiores para produção de leite em rebanhos maiores.

Pela Tabela 3 e Figura 1, observam-se mudanças nas Capacidades Previstas de Transmissão (PTAs) dos touros e das vacas com o ajustamento para heterogeneidade da variância. As correlações de ordem entre PTAs obtidas antes e após o ajustamento para heterogeneidade, para todos os animais avaliados foram altas, respectivamente, 0,950 e 0,976 para touros e vacas. Quando os touros apresentavam PTA com maior confiabilidade e possuíam filhas em muitos rebanhos não foram afetados pela correção para heterogeneidade da variância. Entretanto, quando possuíam filhas em poucos rebanhos, as diferenças de ordem foram mais pronunciadas. Como constatado por Hill (1984), Wiggans & Van Raden (1991), o ajustamento apresentou efeitos sobre os valores genéticos das vacas elite. As correlações foram muito menores até negativa para as mesmas, indicando a ocorrência de um importante reordenamento à medida em que se reduziu a amostra. Na Tabela 3 tem-se também o número de novos animais entre os elite. Quando se ajustou para heterogeneidade, aproximadamente 40% das vacas elite foram substituídas. Como relatado também por Wiggans & Van Raden (1991), a origem das vacas elite foi também afetada (Tabela 4). Antes originavam-se de rebanhos com maior variabilidade e com o ajustamento houve uma troca de vacas destes para rebanhos de variabilidade média. Rebanhos com maior variabilidade contribuíram com 35 das 100 melhores vacas quando não houve correção para heterogeneidade e 16 quando houve correção. Proporcionalmente, rebanhos com maior variabilidade mantiveram a contribuição dos rebanhos com baixa variabilidade, uma vez que alta variabilidade estava associada a um alto nível de produção e a um alto nível genético médio.

Como já foi sugerido (Winkelman & Schaeffer, 1988; Boldman & Freeman, 1990), o efeito do ajustamento para heterogeneidade da variância sobre os valores genéticos dos touros foi pequeno. Entretanto, foram significativas as mudanças nos valores genéticos de vacas, sugerindo que possivelmente as PTAs de vacas antes do ajustamento estivessem sujeitas a vícios, devido à heterogeneidade da variância. Estas mudanças eram esperadas, uma vez que as produções de uma vaca ocorrem, na sua maioria, em um mesmo rebanho, pelo que a sua PTA está mais

Tabela 1 - Número de subclasses rebanho-ano (RA) com pelo menos três observações, número de lactações, médias da produção e dos desvios padrão para cada classe RA por ano de parto, mês e grupo genético

Table 1 - Number of subclasses for herd-year (RA) with at least three observations, number of records, milk yield and standard deviation averages within RA by year and month of calving and genetic group

Efeito e nível <i>Effect and level</i>	Nº Subclasses (RA) <i>Subclasses (Nº)</i>	Lactações <i>Lactations (Nº)</i>	Média de produção (kg) <i>Average yield</i>	Média desvio-padrão (kg) <i>Average standard deviation</i>
Ano de parto <i>Calving year</i>				
1988	23	496	6.861	1.198,16
1989	34	872	6.750	1.274,94
1990	90	3.347	6.792	1.234,57
1991	115	4.408	6.891	1.266,38
1992	129	4.580	6.864	1.280,30
1993	140	4.958	6.938	1.289,63
1994	155	5.997	6.979	1.313,77
1995	170	6.318	7.027	1.338,22
1996	191	6.631	7.037	1.337,55
1997	185	6.986	7.064	1.323,19
1998	184	7.082	7.065	1.357,82
1999	148	6.358	7.178	1.521,97
Mês de parto <i>Month of calving</i>				
1	125	4.087	6.910	1.309,34
2	100	4.305	6.925	1.312,06
3	145	5.915	6.984	1.316,02
4	177	6.120	6.937	1.316,39
5	164	6.232	7.014	1.308,67
6	148	5.704	7.021	1.307,66
7	132	5.558	6.999	1.309,49
8	126	5.182	7.104	1.303,66
9	97	4.216	7.050	1.313,62
10	118	3.708	6.838	1.319,38
11	104	3.468	6.785	1.309,83
12	128	3.538	6.882	1.310,40
Grupo genético <i>Genetic group</i>				
31/32	285	10.583	6.706	1.305,49
GC1	70	8.726	6.895	1.308,31
GC2	63	6.924	6.991	1.313,00
GC3	28	4.849	7.021	1.318,17
GC4	30	5.011	7.020	1.314,04
PO	1.088	21.940	7.090	1.309,25

Tabela 2 - Número de subclasses rebanho-ano (RA), número de lactações, médias da produção e dos desvios-padrão para cada classe RA por número de vacas (Nº OBS) e produção média

Table 2 - Number of herd-year subclasses (RA), number of records, milk yield and standard deviations averages within RA by number of cows (NO.OBS) and production average

Efeito e nível <i>Effect and level</i>	Nº Subclasses (RA) <i>Subclasses (N °)</i>	Lactações <i>Lactations (N °)</i>	Média de produção (kg) <i>Average yield</i>	Média desvio-padrão (kg) <i>Average standard deviation</i>
Nº OBS				
<15	263	3.164	6.867	1.275,13
15 - 29	561	12.000	6.908	1.270,95
30 - 59	475	20.043	6.942	1.301,93
60 - 99	215	16.401	6.909	1.289,54
100 - 173	45	5.377	6.944	1.331,38
≥174	5	1.048	7.154	1.399,32
Produção média <i>Average yield (kg)</i>				
<4.000	57	1.448	4.077	882,85
4.000–4.999	208	6.340	4.810	1.046,28
5.000–5.999	374	12.435	5.675	1.157,88
6.000–6.999	363	13.816	6.479	1.306,33
7.000–7.999	284	11.685	7.269	1.360,61
8.000–8.999	186	7.894	8.161	1.428,08
9.000–9.999	75	3.737	8.958	1.510,31
≥10.000	17	678	10.201	1.798,68

Tabela 3 - Comparação das PTAs de touros e vacas com produções de leite antes e após ajustamento para heterogeneidade da variância dentro da subclasse rebanho-ano

Table 3 - Comparison of sire and cow PTA for milk yield before and after adjustment for heterogeneous phenotypic variance within herd-year subclass

Critério <i>Criterion</i>	Touros <i>Sires</i>		Vacas <i>Cows</i>	
	Sem ajuste <i>W/O adjustment</i>	Com ajuste <i>With adjustment</i>	Sem ajuste <i>W/O adjustment</i>	Com ajuste <i>With adjustment</i>
Média <i>Average</i>	4,73	14,21	30,54	56,56
Desvio-padrão <i>Standard deviation</i>	133,09	181,81	182,54	259,88
Valor máximo <i>Maximum value</i>	976,90	1.367,90	1.257,13	1.265,19
Valor mínimo <i>Minimum value</i>	-666,34	-844,08	-794,72	-877,69
Diferença máxima <i>Maximum difference</i>		352,23		94,57
Nº animais <i>Animals (n°)</i>		2.799		31.735
Correlação de ordem <i>Rank correlation</i>				
Todos <i>All animals</i>		0,950		0,976
Melhores 100 <i>Top 100</i>		0,826		0,420
Melhores 25 <i>Top 25</i>		0,707		0,384
Melhores 10 (Top 10)		0,794		-0,479
Novos animais <i>New animals</i>				
Melhores 100 (Top 10)		20		38
Melhores 25 (Top 25)		4		9
Melhores 10 (Top 10)		3		5

Tabela 4 - Distribuição das 100 melhores vacas antes e após ajustamento para heterogeneidade da variância conforme a classe de desvio-padrão para produção de leite do rebanho

Table 4 - Distribution of cows of the top 100 before and after adjustment for heterogeneous variance by milk yield standard deviation class

Classes de desvio-padrão (kg) Standard deviation class (kg)	Antes de ajustamento Before adjustment (%)	Após ajustamento After adjustment (%)
≥ 1310	2	16
1311–1640	23	38
1641–1970	40	30
> 1970	35	16

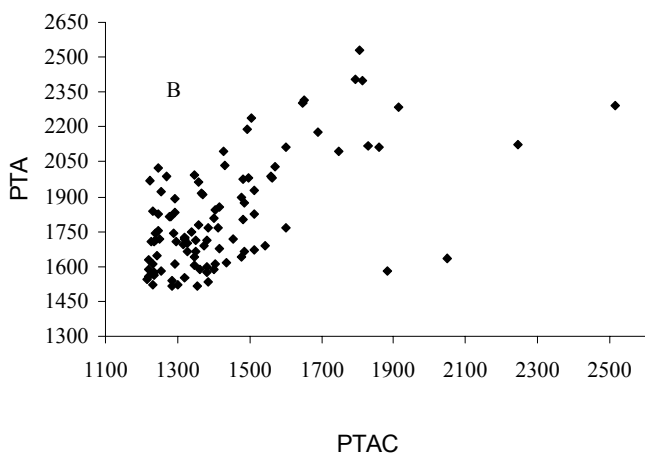
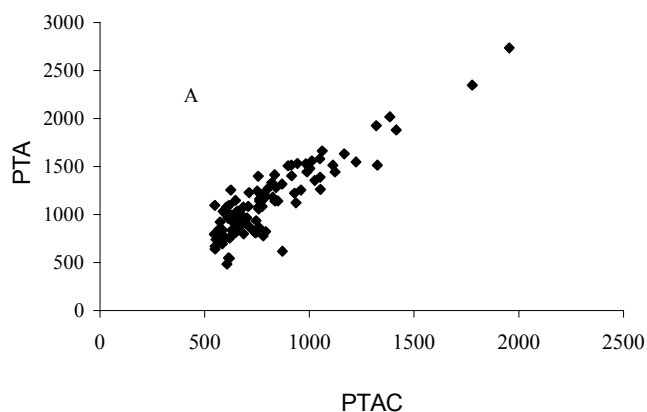


Figura 1 - Dispersão dos 100 melhores animais conforme seus PTAs para leite antes (PTA) e após (PTAC) ajustamento para heterogeneidade da variância dentro da subclasse rebanho-ano: A) Melhores 100 touros e B) Melhores 100 vacas.

Figure 1 - Plot of top 100 animals for PTA milk before (PTA) and after (PTAC) adjustment for heterogeneous variance within herd-year subclass: A) top 100 sires and B) top 100 cows.

sujeita a vícios devido a diferenças de variabilidade dentro do rebanho.

O efeito do ajustamento sobre a tendência genética para a população de vacas é ilustrado na Figura 2. No período de 1983 a 1997, o valor estimado da tendência aumentou de aproximadamente 12 kg/ano com o ajustamento para heterogeneidade.

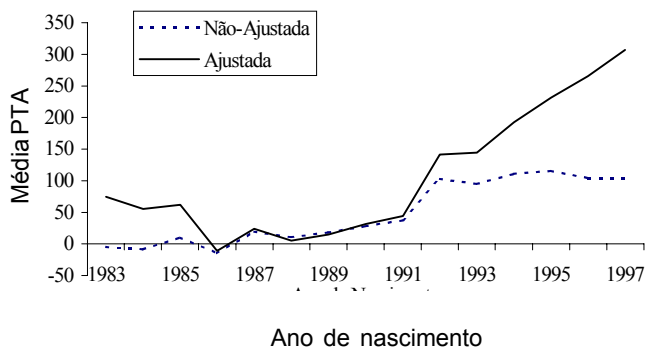


Figura 2 - Médias das PTAs das vacas para produção de leite em avaliação sem ajustamento e com ajustamento para heterogeneidade da variância dentro de rebanho-ano por ano de nascimento.

Figure 2 - Averages of PTA milk yield for cows before and after adjustment for heterogeneity of variance within herd-year subclass by birth year.

Conclusões

Com o ajustamento para heterogeneidade de variância usado, constataram-se melhorias na avaliação genética. Mudanças de rebanhos que contribuíram com vacas elite para aqueles com variância média deverão possibilitar avaliações mais precisas e justas para identificação das melhores vacas. O procedimento deverá ser adotado nas futuras avaliações genéticas para produção de leite, na raça Holandesa, no Estado de Minas Gerais, até que novas pesquisas sugiram outro mais adequado.

Literatura Citada

- BOLDMAN, K.G.; FREEMAN, A.E. Adjustment for heterogeneity of variances by herd production level in dairy cow and sire evaluation. *Journal of Dairy Science*, v.73, n.2, p.503-512, 1990.
- BOLDMAN, K.G., L.A.; KRIESE, L., D.; VAN VLECK, C.P. et al. **A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances [DRAFT]**. Beltsville: U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1995.

- DONG, M.C.; MAO, I.L. Heterogeneity of (co)variance and heritability in different levels of intra-herd milk production variance and of herd average. **Journal of Dairy Science**, v.73, n.3, p.843-851, 1990.
- DURÃES, M.C.; FREITAS, A.F.; TEIXEIRA, N.M. et al. Fatores de ajustamento para a produção de leite e gordura na raça Holandesa para rebanhos do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1231-1238, 1999.
- GIANOLA, D. On selection criteria and estimation of parameters when the variance is heterogeneous. **Theoretical and Applied Genetics**, v.72, p.671-677, 1986.
- HENDERSON, C.R. **Applications of linear models in animal breeding**. Guelph: University Guelph, 1984. 439p.
- HILL, W.G. On selection among groups with heterogeneous variance. **Animal Production**, v.39, n.3, p.473-477, 1984.
- MEUWISSEN, T.H.E.; Van DER WERF, J.H.J. Impact of heterogeneous within herd variances on dairy cattle breeding schemes. **Livestock Production Science**, v.33, n.1, p.31-41, 1993.
- MIRANDE, S.L.; Van VLECK, L.D. Trends in genetic and phenotypic variances for milk production. **Journal of Dairy Science**, v.68, n.9, p.2278-2286, 1985.
- RAMOS, A.A.; VALENCIA, E.F.T.; WECHSLER, F.S. et al. Heterogeneidade da variância das características de produção de bovinos da raça Holandesa no trópico. I. estratificação por nível de produção de rebanho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p.71-73.
- ROBERT-GRANIÉ, C.; BONAÏTI, B.; BOICHARD, D. et al. Accounting for variance heterogeneity in French dairy cattle genetic evaluation. **Livestock Production Science**, v.60, n.2, p.343-357, 1999.
- TORRES, T.R.; BERGMAN, J.A.G.; COSTA, C.N. et al. Ajustamento para heterogeneidade de variância para produção de leite entre rebanhos da raça Holandesa no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.295-303, 1999.
- VALÊNCIA, E.F.T.; RAMOS, A.A.; WECHSLER, F.S. et al. Heterogeneidade da variância das características de produção de bovinos da raça Holandesa no trópico. II. Estratificação por nível de produção de vacas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p.68-70.
- WEIGEL, K.A.; GIANOLA, D. Estimation of heterogeneous within-herd variance components using empirical Bayes methods: a simulation study. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.10, p.2824-2833, 1992.
- WEIGEL, K.A.; GIANOLA, D.; YANDELL, B.S. et al. Identification of factors causing heterogeneous within-herd variance components using a structural model for variances. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.5, p.1466-1478, 1993.
- WIGGANS, G.H.; Van RADEN, P.M. Method and effect of adjustment for heterogeneous variance. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.2, p.4350-4357, 1991.
- WINKELMAN, A.; SCHAEFFER, L.R. Effect of heterogeneity of variance on dairy sire evaluation. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.11, p.3033-3039, 1988.
- Van DER WERF, J.H.J.; MEUWISSEN, T.H.E.; JONG, G. Effects of correction for heterogeneity of variance on bias and accuracy of breeding value estimation for Dutch dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.77, n.10, p.3174-3184, 1994.

Recebido em: 23/03/01

Aceito em: 04/10/01