

OBTENÇÃO DE REPETIBILIDADES NA PRODUÇÃO DE OVOS E PINTOS DE UM DIA EM GALINHAS PARA CORTE¹

RANDOLFO WILLIAM SILVESTRE CUSTÓDIO²

RESUMO - Esta pesquisa teve por objetivo o estudo da herança de caracteres reprodutivos em galinhas de corte. Três populações de galinhas de corte do Departamento de Genética da ESALQ/USP foram utilizadas em dois experimentos. Repetibilidades foram estimadas para eclodibilidade de ovos férteis (ECLOD), nascimento de pintos (NASC) e postura (POST). Em ambos os experimentos as fêmeas foram inseminadas com uma mistura de sêmen de mais de 20 galos de suas respectivas populações. As repetibilidades médias no primeiro e segundo experimentos foram $0,10 \pm 0,06$ e $0,17 \pm 0,08$ para ECLOD; $0,16 \pm 0,06$ e $0,16 \pm 0,08$ para NASC; $0,33 \pm 0,07$ e $0,33 \pm 0,09$ para POST. Concluiu-se que cerca de 30 galinhas foram apropriadas para a obtenção de boas estimativas de repetibilidade para esses caracteres. Os aumentos esperados nos ganhos genéticos pela seleção de ECLOD, NASC e POST, com base em médias de diversas incubações, foram consideráveis em relação a uma única observação. Cerca de 103 dias de controle da postura parecem satisfatórios para se atingir uma repetibilidade relativamente elevada (0,40). Com relação à incubabilidade de ovos férteis e de ovos incubados, pelo menos 150 dias de coleta de ovos seriam necessários para se atingir repetibilidades de 0,20 para ECLOD e 0,30 para NASC.

Termos para indexação: herança de caracteres reprodutivos, eclodibilidade de ovos férteis, nascimento de pintos, postura de ovos.

REPEATABILITY ESTIMATION FOR EGG AND CHICK PRODUCTION IN MEAT-TYPE CHICKENS

ABSTRACT - Repeatabilities were estimated for hatchability of fertile eggs (ECLOD), hatchability of all eggs set (NASC) and percentage of lay (POST). Data from three meat-type chicken populations were utilized in two experiments. Females were artificially inseminated, twice a week, with a pool semen of more than 20 males from their own populations. Average repeatability in the first and second experiments were all significant ($P < 0.01$) and equal to 0.10 ± 0.06 and 0.17 ± 0.08 for ECLOD, 0.16 ± 0.06 and 0.16 ± 0.08 for NASC, 0.33 ± 0.07 and 0.33 ± 0.09 for POST, respectively. It was concluded that about 30 females was an appropriate number to obtain satisfactory estimates of repeatabilities for these traits. Repeatabilities were utilized as a superior limit of the heritabilities in establishing adequate numbers of measures that would give sound genetic responses when selecting females based on their own performances. The expected increase in genetic gain from selection, as a function of the number of hatches used for evaluating ECLOD, NASC and POST, was considerable as compared to the estimates obtained with only one measurement. About 103 days for measuring individual egg production was satisfactory for reaching a repeatability estimate of 0.40. For hatchability of all eggs set and hatchability of fertile eggs, at least 150 days would be necessary to attain 0.20 for ECLOD and 0.30 for NASC.

Index terms: heritability of reproductive character, hatchability of fertile eggs, hatchability of egg set, egg lay.

¹ Aceito para publicação em 7 de março de 1997.

² Eng. Agr., Prof. Associado, Dep. de Genética, ESALQ/USP, Caixa Postal 83, CEP 13418-900 Piracicaba, SP. Bolsista do CNPq.

INTRODUÇÃO

A produção de pintos é um caracter reprodutivo dependente da produção de ovos, fertilidade e viabilidade embrionária (eclodibilidade). A fertilidade (Bernier et al., 1951) e a produção de ovos são considerados como propriedades dos pais; mas a eclodibilidade é um caráter composto da habilidade de o embrião sobreviver e da contribuição materna à sobrevivência do embrião (Warren, 1927). Apesar da baixa herdabilidade (Kinney Junior, 1969), esses caracteres são hereditários assim como alguns efeitos maternos (qualidade da casca e conteúdo de proteína dos ovos), os quais influenciam a viabilidade embrionária (Abplanalp & Kosin, 1953). Por outro lado, o peso do corpo adulto e a taxa de crescimento estão negativamente correlacionados com a produção de ovos (Merritt, 1968; Kinney Junior, 1969). Segundo Jaap et al. (1962), a produção de ovos

diminui 1% a cada 46 gramas de aumento no peso do corpo com oito semanas de idade. Como a eclodibilidade está positivamente correlacionada com a produção de ovos (Kinney Júnior, 1969), essa diminui quando se aumenta a taxa de crescimento (Verghese & Nordskog, 1968). O melhoramento genético da taxa reprodutiva é, portanto, não somente desejado, como necessário. Neste trabalho se discute a herança de caracteres reprodutivos em galinhas de corte, por intermédio da estimativa de repetibilidades para eclodibilidade, nascimento e postura. Procurou-se, também, determinar o número mais adequado de incubações para a obtenção de respostas mais precisas desses caracteres, tendo em vista sua utilização para seleção de reprodutoras.

MATERIAL E MÉTODOS

Três populações de galinhas de corte do Setor de Aves do Departamento de Genética da ESALQ/USP foram utilizadas em dois experimentos. Foram incubados 1.359 ovos no experimento 1 e 959 ovos no experimento 2, em seis incubações. O período de coleta de ovos férteis variou em torno de 11,5 dias. Em ambos os experimentos, os acasalamentos foram intrapopulacionais e as galinhas foram inseminadas com uma mistura de sêmen de mais de 20 galos de suas respectivas populações. As taxas de eclodibilidade (ECLD), nascimento (NASC) e postura (POST), para cada galinha e em ambos os experimentos, foram calculadas da seguinte maneira: ECLD (%) = [(número de pintos nascidos) x 100]/(número de ovos férteis); NASC (%) = [(número de pintos nascidos) x 100]/(número de ovos incubados) e POST (%) = [(número de ovos coletados) x 100]/(número de dias de coleta). Todos os ovos incubados foram submetidos à ovoscopia no 18º dia de incubação para identificação dos ovos claros, considerados inférteis. A maioria das observações não extrapolou os limites de 30% e 70%, e foi por isso transformada pela escala arc sen p, como recomenda por Bartlett (1947). As observações que assumiram valores de 0% a 100% foram multiplicadas por 1/4n e (n-1/4)/n, respectivamente, antes de serem transformadas. A eclodibilidade e o nascimento foram considerados exclusivamente dependentes das condições genéticas e ambientais temporária e permanente da fêmea, já que as galinhas foram inseminadas com uma mistura de sêmen.

As análises de variância foram efetuadas com o programa de computação LSMLMM de Harvey (1972). Galinhas foram consideradas amostras ao acaso em suas respectivas populações, sendo fixos os efeitos de população e incubação. O modelo estatístico misto apropriado, a seguir apresentado, corresponde a experimentos em blocos ao acaso, com classificação hierárquica e cruzada.

$$y_{ijk} = u + P_i + g_{ik} + I_j + (PI)_{ij} + e_{ijk},$$

onde:

y_{ijk} = porcentagem referente à galinha k da população i, obtida na incubação j;

u = média geral;

P_i = efeito da população i;

g_{ik} = efeito da galinha k dentro da população i;

I_j = efeito da incubação j;

$(PI)_{ij}$ = efeito da interação da população i com a incubação j;

e_{ijk} = efeito da interação da galinha k com a incubação j dentro da população i.

A Tabela 1 apresenta graus de liberdade, esperanças dos quadrados médios e coeficientes dos componentes de variância.

TABELA 1. Esperanças dos quadrados médios [E(Q.M.)].

Fontes de variação	G.L.	E(Q.M.) ¹
Populações (P)	P-1	$\sigma^2 + k_3 \sigma_{g/p}^2 + k_4 K^2_p$
Galinhas/P	(g-1)/P	$\sigma^2 + k_2 \sigma_{g/p}^2$
Incubação (I)	I-1	$\sigma^2 + k_1 K^2_I$
P x I	(P-1) (I-1)	$\sigma^2 + k K^2_{PI}$
Resíduo (g-1)	(g-1) (I-1) P	σ^2

¹ $k = c$; $k_1 = ac$; $k_2 = k_3 = b$; $k_4 = bc$; a, b, c = número de populações, incubações e galinhas, respectivamente.

Repetibilidades

Usando-se os componentes obtidos das análises da variância, foram calculadas repetibilidades por meio da expressão: $(\sigma_g^2)/(\sigma_g^2 + \sigma_d^2)$, onde: r = repetibilidade; σ_g^2 = variância entre galinhas; σ_d^2 = variância devida à interação galinha x incubação. Por serem considerados caracteres das galinhas, os componentes de variância entre galinhas contêm toda a variação genética mais a variação ambiental permanente. Os componentes de interação contêm apenas a variância dos efeitos ambientais temporários.

Implicações na seleção

Repetibilidades com n múltiplas observações, assim como relações entre variações fenotípicas com uma e n observações foram estimadas pelas expressões $nr/[1 + (n - 1)r]$ e $[1 + r(n - 1)]/n$; respectivamente, onde: n = número de incubações; r e $r(n)$ = repetibilidade com uma e n observações. Dessa forma, o número de incubações utilizado na avaliação de cada galinha foi relacionado ao aumento no ganho genético esperado pela seleção fenotípica em um único sexo, com mensurações múltiplas.

Desvios padrão

Os desvios padrão das repetibilidades foram calculados pela expressão de Fisher (1954), descrita por Becker (1975), em função da repetibilidade e do número de observações efetuados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta as análises da variância referentes às populações I e II. A magnitude dos coeficientes de variação foi consistente e muito semelhante nos experimentos 1 e 2, o que indica que a eficiência experimental foi satisfatória. As interações $P \times I$ não foram significativas, mas os efeitos de galinhas dentro de populações foram altamente significativos em ambos os experimentos. A Tabela 3 apresenta as repetibilidades e os respectivos desvios padrão nas populações I e II, no experimento 1, e as repetibilidades médias dos experimentos 1 e 2. A precisão das estimativas é maior no experimento 1, e como a variabilidade entre galinhas da população III foi praticamente nula, são apresentadas somente estimativas para as populações I e II. Apenas postura foi significativa ($P < 0,05$) na população III. Os desvios padrão foram consistentemente maiores no experimento 2, conforme esperado, mas as diferenças apresentaram-se pequenas. O número de galinhas utilizado nas análises de variância variou de 30 a 40 nos experimentos, e de 10 a 20 na população. Observa-se que os desvios padrão dos experimentos, estimados com 30 galinhas, foram menores ou idênticos aos das populações I e II, estimados com 20 galinhas em cada população. O que indica que 30 galinhas foram suficientes para se chegar a estimativas satisfatórias da repetibilidade para os caracteres reprodutivos considerados.

TABELA 2. Análise de variância conjunta dos experimentos 1 (E1) e 2 (E2).

Fontes de variação	Experi- mentos	G.L.	Quadrados médios		
			Eclodibilidade	Nascimento	Postura
Populações (P)	E1	1	716,9*	72,9 ns	309,9*
	E2	2	1.271,0 **	1.215,5 **	353,9 **
Galinhas/P	E1	38	295,4**	399,4**	260,6**
	E2	27	405,5**	423,7**	258,1**
Galinhas/I	E1	19	299,8*	513,7**	228,8**
	E2	9	735,1 **	770,4 **	291,0 **
Galinhas/II	E1	19	291,0*	285,1 ns	292,5*
	E2	9	319,9 ns	307,4 ns	336,5 **
Galinhas/III	E1	--	--	--	--
	E2	9	167,5 ns	193,2 ns	146,8 *
Incubações (I)	E1	5	808,8 ns	970,5*	253,8 ns
	E2	5	834,3 *	967,2 *	118,7 ns
$P \times I$	E1	5	313,0 ns	239,6 ns	52,5 ns
	E2	10	238,3 ns	177,7 ns	47,1 ns
Resíduo	E1	190	180,9	186,4	67,2
	E2	135	181,0	200,5	66,5

Coeficientes de variação	E1	--	21,6%	23,7%	18,0%
	E2	--	22,1%	24,2 %	19,0 %

* = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; ns = não-significativo.

Repetibilidades

Com exceção da eclodibilidade, as estimativas foram consistentes nos experimentos 1 e 2. As populações I e II mostraram repetibilidades de magnitudes semelhantes para ECLOD e POST. Para o NASC, as estimativas contrastaram, apresentando-se maior na população I ($0,24 \pm 0,10$) e praticamente nula na população II ($0,07 \pm 0,08$). Os valores de repetibilidade apresentados podem estar subestimados devido a uma possível superestimação da variância ambiental temporária. Como as análises da variância foram feitas com médias de incubação, fica impossível a separação do efeito de interação galinha/P x incubação da variação dentro de galinha. Essa subestimação, porém, parece ser improvável ou de pequena magnitude, uma vez que Crittenden & Bohren (1961) não encontraram efeito significativo da interação galinha x incubação para caracteres relacionados com a eclodibilidade. De modo geral, as estimativas de repetibilidades encontradas foram baixas, em concordância com as escassas estimativas existentes na literatura. A postura apresentou a maior repetibilidade em ambos os experimentos (0,33). Por outro lado, a estimativa para eclodibilidade (0,10) foi menor no experimento 1. A estimativa da repetibilidade do nascimento foi idêntica (0,16) em ambos os experimentos. Crittenden & Bohren (1961, 1962) determinaram herdabilidade de 0,16 para eclodibilidade a partir da variância de galos, 0,29 para eclodibilidade e 0,35 para produção de ovos. Portanto, em populações fechadas, a variância genética aditiva para eclodibilidade é relativamente pequena. Contudo, tem-se observado grandes diferenças entre raças mantidas nas mesmas condições.

Heterose

Segundo Crittenden & Bohren (1961), as estimativas de herdabilidade baseadas em componentes de fêmea, são superiores às estimativas obtidas dos componentes de variância de macho. Isso é explicado pela presença de efeitos maternos, que constituem fonte de variação ambiental e/ou genética. Diversos autores preocuparam-se em medir efeitos da consangüinidade sobre os caracteres reprodutivos e, paralelamente, avaliaram os efeitos heteróticos dos cruzamentos entre linhagens puras de galinhas. Segundo Wilson (1948a), a produção de ovos diminui em 14%, para cada 10% de aumento na consangüinidade. Wilson (1948b) observou um decréscimo de 19% na eclodibilidade, para cada 10% de aumento na consangüinidade. Landauer (1951) observou que a eclodibilidade diminui em 4,4%, para cada 10% de aumento na consangüinidade, e que cruzamentos entre linhagens puras mostravam evidentes efeitos heteróticos para a eclodibilidade, mais pronunciados nos cruzamentos entre linhagens de famílias divergentes. Lerner (1954) também observou heterose para eclodibilidade. Entretanto, Brunson et al. (1956) não encontraram efeitos heteróticos para eclodibilidade e nascimento.

Utilidade

Embora estimativas de herdabilidades sejam muito mais adequadas e mais desejadas para a interpretação genética de caracteres métricos, a obtenção de boas estimativas de herdabilidade requer quantidades consideráveis de progênies. Além disso, a obtenção de herdabilidades para caracteres reprodutivos, tais como a viabilidade embrionária e a quantidade de pintos produzida por galinha, fica dificultada pela necessidade de se manter a progênie feminina até a idade de reprodução, quando surgem outros problemas relativos à adequação do sistema de acasalamento a ser utilizado. A repetibilidade pode assim se tornar muito útil, pois estabelece o limite superior da herdabilidade no sentido amplo, uma vez que a variância genética total e variância ambiental permanente ficam confundidas no numerador da expressão que estima a herdabilidade. Assim, freqüentemente a repetibilidade pode ser conhecida por ser mais fácil de ser determinada, quando não é possível obter estimativas da herdabilidade. Mais recentemente, na ausência de técnicas alternativas mais modernas, a repetibilidade foi usada por Costa (1980) para estudar caracteres reprodutivos em galinhas.

Uma aplicação da repetibilidade refere-se à estimação da redução da variância fenotípica que ocorre quando se realiza mais de uma observação por galinha. À medida que aumenta o número de incubações, a variação ambiental temporária diminui reduzindo também a variância fenotípica das médias de galinhas. Quando tomam-se repetidas observações fenotípicas de cada indivíduo, consegue-se reduzir a influência da variação ambiental. Como o ganho genético a ser obtido pela seleção de galinhas é também função da variância fenotípica, em última análise, pode-se prever o aumento no ganho genético esperado em função de

cada redução da variância fenotípica (Falconer, 1964). O progresso esperado na seleção é tanto maior quanto maior for a variação genética, quanto maior o diferencial de seleção e menor for a variação ambiental contida na variação fenotípica.

Ganho genético

A Tabela 3 apresenta valores médios de repetibilidade, variância fenotípica e ganho genético dados em função do número de incubações utilizado para o cálculo da fertilidade média de cada galinha. São repetibilidades estimadas para diferentes números de incubações. A Fig. 1 mostra qual é a tendência do ganho genético de seleção, quando se aumenta o número de incubações para fertilidade, eclodibilidade e nascimento. Na prática, o número mais adequado de incubações para uma avaliação criteriosa de cada caráter, parece estar na dependência do tamanho da repetibilidade desejada. Portanto, o limite de incubações para melhorar os caracteres reprodutivos considerados, com base na seleção de médias de galinhas por incubação, depende de outras considerações. O aumento obtido na repetibilidade, em função do aumento no número de incubações, é assintótico em todos os caracteres (Fig. 2). Para a postura, de um a seis incubações, a repetibilidade aumenta de 434% quase linearmente (de 0,076 a 0,33); em seguida apresenta um incremento menor que 150% a cada seis incubações, até um valor assintótico limite maior que 0,70. A variância fenotípica média diminui na mesma proporção até a 6ª incubação; dessa, até a 30ª incubação, diminui mais 215% assintoticamente, com um valor limite menor que 10,7%. A tendência do ganho genético é aumentar quase paralelamente ao aumento da repetibilidade. Parece, portanto, que quanto maior o número de incubações, melhor resposta; porém, a maior vantagem tende a ocorrer entre seis e doze incubações, aproximadamente. Para o melhoramento do nascimento e da eclodibilidade, a maior garantia de ganhos genéticos é sugerida em torno de doze incubações. Do ponto de vista prático, porém, fica difícil estabelecer limites do número de incubações a ser avaliado para o melhoramento de características de herdabilidade tão baixas como o nascimento e, principalmente, como a eclodibilidade. Além disso, o aumento do número de incubações, na prática, poderá estar limitado por razões operacionais e ser definido diferentemente para cada situação específica.

TABELA 3. Repetibilidade da eclodibilidade (ECLOD), nascimento (NASC) e postura (POST), referente às populações I (Pop. I) e II (Pop. II) e experimentos 1 (E1) e 2 (E2).

Fontes de variação	ECLOD	NASC	POST
Pop. I	0,10±0,08*	0,24±0,10**	0,37±0,11**
Pop. II	0,09±0,08*	0,07±0,08ns	0,30±0,11*
E1	0,10±0,06**	0,16±0,06**	0,33±0,07**
E2	0,17±0,08**	0,16±0,08**	0,33±0,09**

* = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; ns = não significativo.

Com os dados disponíveis, somente a seleção individual poderia ser usada para o melhoramento dos caracteres estudados. Porém, como ressaltado por Nordskog & Crump (1948), a seleção individual pode não ser um método eficiente para o melhoramento dos caracteres reprodutivos. Esses mesmos autores recomendam o uso da seleção de famílias ou de progênies de macho, como método mais eficiente que a seleção individual. Entretanto, Crittenden et al. (1957) observaram resultados equivalentes tanto com seleção individual quanto com seleção de famílias.

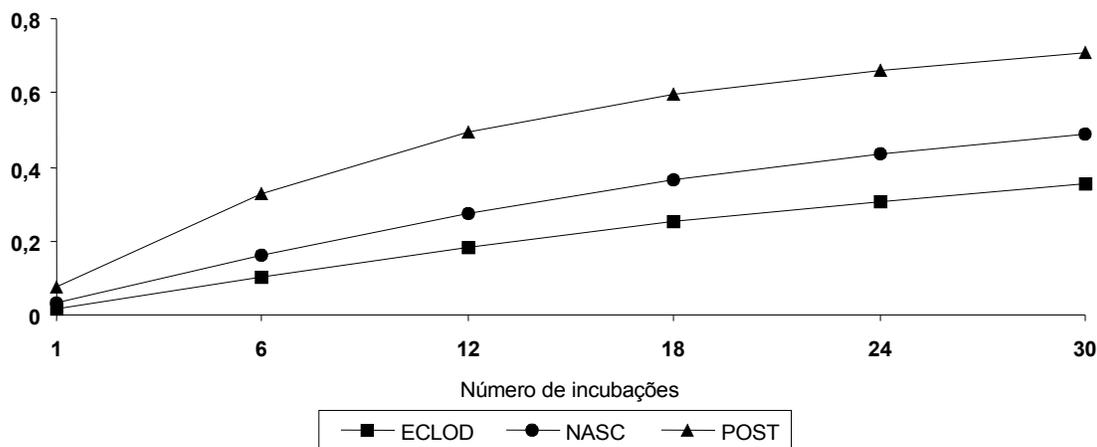


FIG. 1. Relação entre repetibilidade e número de incubações relativas à eclodibilidade (ECLOD), nascimento (NASC) e postura (POST).

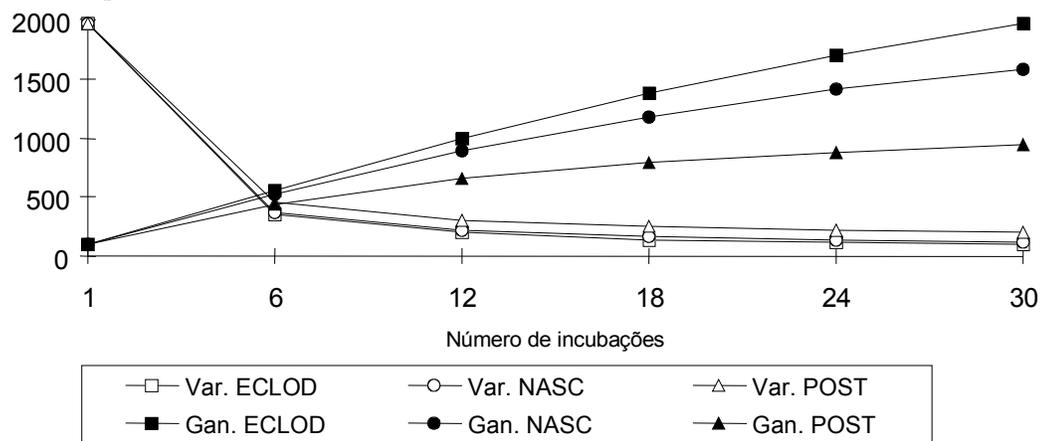


FIG. 2. Relação entre variâncias fenotípicas (Var.) e ganhos genéticos (Gan.) em relação ao número de incubações.

Portanto, os resultados aqui apresentados parecem comprovar a viabilidade de se melhorar geneticamente características reprodutivas por meio de seleção de galinhas. A eficiência dessa seleção deverá ser maior para postura. Para o melhoramento da produção de pintos, a seleção da porcentagem de pintos por galinha sugere ser mais conveniente do que a seleção para viabilidade embrionária. Ao melhoramento da viabilidade embrionária pode ser necessária, a seleção de famílias de irmãs como alternativa mais satisfatória.

CONCLUSÕES

1. As estimativas de repetibilidades obtidas com galinhas de corte para eclodibilidade, nascimento e postura são de baixa magnitude.
2. Trinta galinhas é um número adequado para a obtenção de estimativas satisfatórias de repetibilidade para caracteres reprodutivos em galinhas de corte.
3. São necessárias de seis a mais incubações para se obter satisfatória eficiência na seleção fenotípica para postura, eclodibilidade e nascimento.

REFERÊNCIAS

- ABPLANALP, H.; KOSIN, I.L. Genetic variation of fertility and hatchability in the broadbreasted bronze turkey. **Poultry Science**, Ithaca, v.32, p.321-331, 1953.
- BARTLET, M.S. The use of transformations. **Biometrics**, Fort Collins, v.3, p.39-52, 1947.
- BECKER, W.A. **Manual of quantitative genetics**. 3.ed. Washington: Washington State Univ. Press, 1975. 170p.
- BERNIER, P.E.; TAYLOR, L.W.; GUNNS, C.A. The relative effects of inbreeding and outbreeding on reproduction in the domestic fowl. **Hilgardia**, Fort Atkinson, v.20, p.529-628, 1951.
- BRUNSON, C.C.; GODOREY, G.F.; GOODMAN, B.L. Heritability of all-or-one traits: hatchability and resistance to death to ten weeks of age. **Poultry Science**, Ithaca, v.35, p.516-523, 1956.
- COSTA, M.N. da. **Parâmetros genéticos e fenotípicos para caracteres reprodutivos em galinhas para corte**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1980. 61p. Dissertação de Mestrado.
- CRITTENDEN, L.B.; BOHREN, B.B. The genetic and environmental effects of hatching time, egg weight and holding time on hatchability. **Poultry Science**, Ithaca, v.40, p.1736-1750, 1961.

- CRITTENDEN, L.B.; BOHREN, B.B. The effects of current egg production, time in production, age of pullet and inbreeding on hatchability and hatching time. **Poultry Science**, Ithaca, v.41, p.426-433, 1962.
- CRITTENDEN, L.B.; BOHREN, B.B.; ANDERSON, V.L. A comparison of different criteria of selection for hatchability in chickens. **Poultry Science**, Ithaca, v.36, p.104-110, 1957.
- FALCONER, D.S. **Introduction to quantitative genetics**. 3.ed. New York: The Ronald Press Co., 1964. 365p.
- FISHER, R.A. **Statistical methods for research workers**. 12.ed. Edinburgh: Oliver & Boyd, 1954.
- HARVEY, W.R. **Instructions for use of LSMLMM (least-squares and maximum likelihood general purpose program) 252k mixed model version**. Columbus: The Ohio State Univ., 1972. 31p.
- JAAP, R.G.; SMITH, J.H.; GOODMAN, B.L. A genetic analysis of growth and egg production in meat-type chickens. **Poultry Science**, Ithaca, v.41, p.1439-1446, 1962.
- KINNEY JUNIOR, T.B. **A summary of reported estimates of heritabilities and of genetic and phenotypic correlations for traits in chickens**. Beltsville: ARS, USDA, 1969. ii + 49p. (Agric. Handb. Agric. Res. Serv., 363).
- LANDAUER, W. **The hatchability of chicken eggs as influenced by environment and heredity**. Connecticut: Univ. Connecticut, Storrs, 1951. 223p. (Bulletin Storrs Agricultural Experimental Station, 262).
- LERNER, I.M. **Genetic homeostasis**. London: Oliver and Boyd, 1954. 134p.
- MERRITT, E.S. Genetic parameter estimates for growth and reproductive traits in a randombred control strain of meat-type fowl. **Poultry Science**, Ithaca, v.47, p.190-199, 1968.
- NORDSKOG, A.W.; CRUMP, S.L. Systematic and random sampling for estimating egg production in poultry. **Biometrics**, Fort Collins, v.4, p.223-233, 1948.
- VERGHESE, M.W.; NORDSKOG, A.W. Correlated responses in reproductive fitness to selection in chickens. **Genetical Research**, v.11, p.221-238, 1968.
- WARREN, D.C. Hybrid vigor in poultry. **Poultry Science**, Ithaca, v.7, p.1-8, 1927.
- WILSON, W.O. Egg production rate and fertility in inbred chickens. **Poultry Science**, Ithaca, v.27, p.719-726, 1948a.
- WILSON, W.O. Viability of embryos and chicks in inbred chickens. **Poultry Science**, Ithaca, v.27, p.727-735, 1948b.