

RODOLPHO DE ALMEIDA TORRES FILHO

AVALIAÇÃO GENÉTICA DE CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E
REPRODUTIVAS EM SUÍNOS

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2001

RODOLPHO DE ALMEIDA TORRES FILHO

AVALIAÇÃO GENÉTICA DE CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E
REPRODUTIVAS EM SUÍNOS

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 9 de março de 2001.

Prof. Paulo Sávio Lopes
(Conselheiro)

Prof. Ricardo Frederico Euclides
(Conselheiro)

Profª. Carmen da Silva Pereira

Prof. Martinho de Almeida e Silva

Prof. Robledo de Almeida Torres
(Orientador)

A minha mãe Cidinha, por fazer-me chegar até aqui.
A meu pai Rodolpho, pelo exemplo e por tudo que sou.
A minha irmã Juliana, por existir e por fazer-me feliz.
A Leticia e Luísa.
Às pessoas que amo.
A todos que este trabalho possa trazer algum beneficio.

AGRADECIMENTO

A Deus, por tudo, pois sem Ele nada é possível.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Genética e Melhoramento, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À empresa SADIA S.A., pela disponibilidade e pela cessão dos dados, em especial, aos pesquisadores José Antonino Zanuzzo e Rodrigo de Almeida Torres, por toda ajuda e por mostrarem-me novos horizontes no Melhoramento Animal.

Ao professor Robledo de Almeida Torres, pelos ensinamentos, pela orientação, pela amizade, pela confiança e pelo apoio.

Ao professor Paulo Sávio Lopes, pela amizade, pelo aconselhamento, pelo incentivo e pelas críticas e sugestões.

Ao professor Ricardo Frederico Euclides, pela amizade, pelos ensinamentos e pelo aconselhamento.

À professora Carmen, pela amizade, pela atenção, pelas sugestões e pelo exemplo de profissionalismo e dedicação ao Melhoramento Genético Animal.

Ao professor Martinho de Almeida e Silva, pela amizade, pelas sugestões e pela orientação durante a iniciação científica.

À Carla, pelo carinho e por ter transformado a fase final deste trabalho em momentos mais felizes.

Aos amigos da pós-graduação, Adrianinho, Amauri, Braccini, Chico, Elisângela, Fabiano, Felipão, Gisele, Herluce, Jaime, José Elivalto, Júnior, Marcus Vinícius, Maria Amélia, Mirela, Paulinho, Paulo Nobre, Policarpo, Ramalho, Renata, Ricardinho, Urbano e William, pela amizade e pelo constante incentivo.

Aos amigos Aldrin e Claudinho, pela amizade, pela ajuda e pelo incentivo, o que contribuiu para a realização deste trabalho.

A meus primos Joãozinho, Robledinho e Vitinho, que, além de primos, são, sobretudo, irmãos.

Aos amigos de toda vida, Bahiano, Burú, Bóris, Ceci, Digo, Fabiano, Juliana, Nando, Martinho, Marcelão, Rachel, Tárique, Vitinho, Xandre e Wender.

Aos companheiros André, Adriano, Fernandinho, Flavinho, João Luís, pela descontração nas horas difíceis.

A minha tia Mirinha e à prima Livinha, por acompanharem a minha caminhada, torcendo sempre pela minha vitória.

Aos demais professores, funcionários e alunos do Departamento de Zootecnia, pelo companheirismo e pela amizade.

Ao povo brasileiro que, suando no verão e sentindo frio no inverno, pagou impostos, contribuindo, assim, para a minha formação, meu muito obrigado.

BIOGRAFIA

Rodolpho de Almeida Torres Filho, filho de Rodolpho de Almeida Torres e Maria Aparecida Barbosa Torres, natural de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, nasceu em 25 de fevereiro de 1976.

Em março de 1994, iniciou o curso de Engenharia Agrônômica, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, onde foi bolsista de iniciação científica, por alguns anos, no Departamento de Zootecnia, orientado pelo Prof. Martinho de Almeida e Silva.

Em março de 1999, graduou-se em Engenharia Agrônômica na Universidade Federal de Viçosa.

Em abril de 1999, iniciou o curso de Mestrado em Genética e Melhoramento na Universidade Federal de Viçosa.

Em 09 de março de 2001, submeteu-se ao exame final de defesa de tese.

ÍNDICE

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Efeitos aleatórios e escolha do modelo para avaliação genética.	3
2.2. Características avaliadas	7
2.2.1. Características de desempenho	7
2.2.2. Características reprodutivas	9
2.2.3. Associação entre características	12
2.2.3.1 Correlação entre características de desempenho e reprodutivas	13
2.3. Tendências genéticas	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1. Descrição dos dados	17
3.2. Modelos e análises	18
3.3. Estimativas dos parâmetros genéticos	24
3.4. Tendências genéticas e comparações dos critérios de seleção	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. Descrição dos dados	27
4.2. Análise de característica única	27
4.2.1. Escolha do modelo (Teste da Razão de Verossimilhança)	27
4.2.2. Correlações entre os valores genéticos obtidos pelos diferentes modelos	31
4.2.3. Componentes de variância	35
4.2.4. Herdabilidades e correlações	39
4.3. Análise conjunta de duas características	46
4.3.1. Estimativas de (Co)variâncias, herdabilidades e correlações genéticas	46
4.4. Tendências genéticas	61

4.5. Correlações entre valores genéticos das características estudadas	69
5. RESUMO E CONCLUSÕES	71
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

RESUMO

TORRES FILHO, Rodolpho de Almeida, M.S., Universidade Federal de Viçosa, março de 2001. **Avaliação genética de características de desempenho e reprodutivas em suínos.** Orientador: Robledo de Almeida Torres. Conselheiros: Paulo Sávio Lopes e Ricardo Frederico Euclides.

Registros referentes a conversão alimentar, idade para atingir 100 kg, espessura de toucinho corrigida para 100 kg (características de desempenho), idade da porca no primeiro parto, número de leitões nascidos, total e vivos, peso de leitegada no nascimento (características reprodutivas), de uma linha em desenvolvimento de suínos da raça Large White, foram utilizados na estimação de componentes de (co)variância, pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML). O teste da razão de verossimilhança foi aplicado para verificar qual o modelo mais adequado à avaliação genética animal, sendo no modelo 1 incluído o efeito genético direto; no 2, os efeitos genéticos direto e materno; no 3, os efeitos direto e comuns de leitegada; e no 4, os efeitos direto, materno e comuns de leitegada. As estimativas de tendências genéticas dos efeitos genéticos direto e materno foram obtidas por meio da regressão das médias dos valores genéticos das características em função do ano de nascimento do animal. Para avaliar os critérios de seleção foram estimadas correlações de ordem entre os valores genéticos dos indivíduos. Constatou-se que a inclusão do efeito materno, do efeito permanente de meio ou de ambos no modelo correspondeu a valores maiores de $\log L$. O teste da razão de verossimilhança indicou, para as características de desempenho e idade no primeiro parto, o modelo 4 como o mais adequado, e, para as características de leitegada, o modelo 1. As herdabilidades direta e total apresentaram valores altos a médios (respectivamente) para as características de desempenho (0,13 a 0,55) e valores médios para as características reprodutivas (0,16 a 0,34). A herdabilidade materna foi geralmente baixa, e as correlações entre os efeitos genéticos aditivos

direto e materno foram, de modo geral, altas e negativas, o que evidenciou o antagonismo entre esses efeitos. As correlações genéticas entre as características de desempenho e reprodutivas foram bastante variadas, tanto em sinal (positiva ou negativa) como em magnitude. Esses resultados indicam que esses dois grupos de características não são independentes e devem ser utilizados em avaliações multicaracterísticas, para que essas correlações possam ser melhor empregadas em programas de melhoramento. As estimativas de tendência genética dos efeitos diretos mostraram progresso considerável para as características de desempenho e pouco para as de leitegada. Tendo em vista que as tendências, para todas as características estudadas, foram favoráveis, ressalta-se a possibilidade de se obterem ganhos genéticos, simultaneamente, em características de desempenho e reprodutivas. As estimativas de tendência genética dos efeitos genéticos materno foram de baixa magnitude e até negativas. As correlações de ordem entre as características de cada grupo (desempenho e reprodutivas) foram, em geral, favoráveis, enquanto as estimativas obtidas nos pares formados entre uma característica de cada grupo não tiveram relação definida entre os ordenamentos dos valores genéticos preditos.

ABSTRACT

TORRES FILHO, Rodolpho de Almeida, M.S., Universidade Federal de Viçosa, March 2001. **Genetic evaluation in reproductive and performance traits of swines.** Adviser: Robledo de Almeida Torres. Committee Members: Paulo Sávio Lopes and Ricardo Frederico Euclides.

Records of a Large White breed swines were used to estimate (co)variance components, by the Restricted Maximum Likelihood method (REML) for feed:gain ratio, age to reach 100 kg, backfat thickness corrected for 100 kg (performance traits), dam age at first calving, number of piglets born alive, total number of born piglets and birth litter weight (reproductive traits). The likelihood ratio test was applied to verify which model was more adapted to the animal genetic evaluation, in the model 1 the direct genetic effect was included; in the model 2, the direct and maternal genetic effects were included; in the model 3, the direct and common litter effects; and the model 4, the direct, maternal and common litter effects. Genetic direct and maternal trends estimates were obtained by regressing genetic values averages on dam birth year. Order correlations among the animals genetic values were used to evaluate the selection criteria. It was verified that the inclusion of maternal effect, permanent environmental effect or both effects in the model corresponded to higher log L values. The likelihood ratio test showed that, for performance traits and age at first calving, the model 4 was more adapted and, for the litter traits, the model 1. The direct and total heritabilities showed high to medium values (respectively) for the performance traits (0.13 to 0.55) and medium values for the reproductive traits (0.16 to 0.34). The maternal heritability was generally low and the correlations among the additive direct and maternal genetic effects were, in general, high and negative, indicating the antagonism among these effects. The genetic correlations among the performance and reproductive traits were variable in signal (positive or negative) and magnitude. These results indicate that both

traits groups were not independent and can be used for multitrait evaluations, so that these correlations can be better used in genetic improvement programs. Genetic direct trend estimates showed good progress for the performance traits and small progress for the litter traits. It should be emphasized that there is a possibility to obtain genetic gain, simultaneously, for performance and reproductive traits, because the trends, for all studied traits, were positive. Genetic maternal trend estimates showed very small progress and were even negative. Order correlations among the performance and reproductive traits of each group were, in general, positive, while the estimates from pairs formed in a trait of each group did not show a defined relation among the orders of predict genetic values.

1.INTRODUÇÃO

No setor agropecuário, a eficiência do sistema de produção é primordial para a permanência do produtor na atividade, assim como a suinocultura, que não se encontra em situação diferente, visto que exige o máximo das diversas áreas que a englobam. O melhoramento genético é um dos fatores responsáveis pelos avanços já alcançados, como também é um dos meios mais promissores para o aumento da eficiência na atividade.

O suinocultor moderno busca o controle de todo o seu sistema de produção, com vistas em maximizar lucro. Para isso, os animais devem apresentar boa eficiência alimentar, já que o alimento é um dos principais fatores do custo de produção; alta taxa de crescimento, para reduzir ainda mais o ciclo de produção; e rendimento e qualidade de carcaça, dado o preço diferenciado para carcaças de alta qualidade. Outro aspecto substancial na determinação da eficiência do sistema é a performance reprodutiva do plantel, ou seja, o produtor também exige matrizes que apresentem precocidade sexual, maior número de leitões por parto, habilidade para criar bem a sua prole, menor taxa de mortalidade, entre outros. Assim, a avaliação tanto de características de desempenho como reprodutivas é essencial.

Uma alternativa adotada para atender a esta premissa é a utilização de linhas especializadas que, em cruzamentos, possam fornecer tanto animais comerciais de abate como matrizes que atendam às exigências do produtor. A escolha de linhas que serão trabalhadas e a determinação dos objetivos específicos de cada linha são de suma importância.

Estimativas dos parâmetros genéticos dessas características devem ser obtidas por meio de modelos apropriados, ou seja, estudos sobre a inclusão de efeitos aleatórios no modelo de avaliação genética animal, como efeito genético materno e comum de leitegada, são necessários.

O acompanhamento dos resultados do processo de seleção é importante para avaliar os critérios adotados, bem como para direcionar as etapas nas gerações subsequentes.

Assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar quatro diferentes modelos que, além do componente genético direto do animal, considerem também o efeito materno e o efeito comum de leitegada; obter parâmetros genéticos para características de desempenho e reprodutivas de uma linha de suínos em desenvolvimento; estudar a relação entre características de desempenho e reprodutivas; estudar as tendências genéticas; e avaliar os critérios de seleção de características únicas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Efeitos aleatórios e escolha do modelo para avaliação genética

A obtenção de estimativas não-viesadas dos parâmetros genéticos é primordial para se alcançar sucesso em programas de melhoramento genético. Um aspecto relevante é a definição do modelo que será aplicado ao conjunto de dados. De acordo com Henderson (1984), citado por PEREZ-ENCIZO et al. (1993), a modelagem é um aspecto muito importante e muito difícil na aplicação de modelos lineares.

Quanto à avaliação genética de suínos, ainda não se sabe quais fatores aleatórios e suas correlações devem ser incluídos no modelo. Essa discussão é baseada no fato de que a matriz suína, além de exercer influência genética direta na prole, oferece a seus leitões condições ambientais diferenciadas.

O estudo do efeito materno e de suas implicações desperta atenção de vários pesquisadores, dada a sua importância econômica para animais domésticos e dado seu interesse teórico, uma vez que ainda não há um consenso sobre a interpretação e sobre a inclusão do efeito materno nos modelos de avaliação genética.

LEGATES (1972) definiu o efeito materno como as expressões medidas do fenótipo, resultantes da mãe na característica medida na sua prole, à parte da influência dos genes transmitidos diretamente pela mãe. Esse autor ainda expôs que as influências maternas podem ser divididas em fatores pré-natais e pós-natais. Os pré-natais estão associados, principalmente, a influências uterinas, sendo parte destas atribuída ao genótipo da mãe e aos fatores ambientais da mãe sobre seus filhos dentro do útero, enquanto os fatores pós-natal estão relacionados com a influência da mãe na sua prole, depois do parto. Embora fatores como temperamento e instinto materno sejam indubitavelmente importantes, a produção de leite da mãe é o mais importante.

Enquanto os reprodutores influenciam sua prole somente por meio dos genes da célula espermática, a matriz também pode influenciar a sua prole, além do óvulo, por meio do ambiente materno. As causas do efeito materno podem ser consequência do citoplasma do óvulo, de ambiente intra-uterino, de ambiente pós-natal, da produção de leite e da habilidade materna. O entendimento da variação genética do efeito materno e a relação entre os efeitos direto e materno são essenciais na formulação e na otimização do programa de melhoramento (ROBISON, 1972)

WILLHAM (1980) enfatizou que os problemas relativos à estimação do efeito materno são, no mínimo, cinco, quais sejam, o efeito materno é confundido com a contribuição do efeito direto da matriz; é possível que haja correlação genética entre os efeitos direto e materno; o efeito materno é expresso uma geração atrasada em relação ao efeito direto; o efeito materno é limitado ao sexo e ocorre tardiamente na vida da fêmea.

FERNANDES e FERREIRA (2000) afirmaram que o conhecimento da influência materna em características pré e pós-desmama é fundamental, quando se objetiva a formulação de programas de melhoramento genético.

KOCH (1972) usou o termo efeito materno para referir-se a diferenças no peso no nascimento ou na taxa de ganho de peso depois do nascimento, causadas por diferenças no ambiente materno provido pelas mães durante a gestação e durante a amamentação. Embora o efeito materno seja ambiental, a influência na sua prole é determinada por fatores genéticos e ambientais.

SOUTHWOOD et al. (1989), ao utilizarem dados simulados para estimar componentes de variâncias genéticas aditivas maternas e citoplasmáticas em modelo animal, observaram que, quando o efeito genético aditivo materno ou citoplasmático foi ignorado no modelo em análise, as estimativas da variância aditiva direta foram significativamente inflacionadas. Considerando os modelos com efeito materno, observaram que, quando a covariância entre o efeito direto e o efeito materno foi considerada igual a zero, as variâncias genéticas do efeito direto e do efeito materno também foram inflacionadas. Esses autores ainda destacaram que os resultados obtidos demonstram que o uso do modelo animal para estimação de componentes de variância, apesar das dificuldades

computacionais, pode proporcionar a correta partição da variação aos efeitos envolvidos, desde de que o modelo correto seja aplicado aos dados. FERNANDES e FERREIRA (2000) ressaltaram que, em anos recentes, o aumento da capacidade computacional tem facilitado o uso de modelos estatísticos mais sofisticados e detalhados para se estimarem componentes de variância e valores genéticos dos indivíduos.

Em uma revisão sobre efeito materno em suínos, ROBISON (1972) concluiu que é substancial a evidência de que o efeito materno conta com significativa porção da variância para muitas características, incluindo aquelas que se manifestam relativamente tarde na vida do animal, como peso aos 140 dias, espessura de toucinho, taxa de ovulação, dentre outras.

IRGANG et al. (1994b) afirmaram que o conhecimento das variâncias e covariâncias dos fatores aleatórios que influem no tamanho da leitegada é necessário para definir como os valores genéticos poderiam ser estimados.

ROEHE e KENNEDY (1993a), ao trabalharem com dados simulados de suínos, compararam dois modelos; um com efeito materno (completo) e outro sem (incompleto). Esses autores observaram que, com o modelo incompleto, foram obtidas menores respostas no efeito direto e menores respostas negativas ao efeito materno. Dessa forma, com relação à resposta geral, não houve diferenças entre os modelos. Ressaltaram ainda que, ao negligenciar o efeito materno, houve ligeira redução na acurácia, que resultou não-somente em viés na estimação da tendência genética, mas também induziu viés nas estimativas das tendências ambientais medidas nas soluções de média de ano de parição.

Segundo ROEHE e KENNEDY (1993b), a contribuição do efeito materno para tamanho de leitegada é considerada importante; primeiro, porque o efeito materno deve ser considerado no modelo para obter estimativas não-viesadas dos valores genéticos, segundo, porque melhorias na resposta materna em adição à resposta direta podem conduzir a grandes respostas gerais no tamanho da leitegada.

O conhecimento do tipo e da importância relativa da variação genética atribuída ao efeito materno e, especialmente, ao sinal e à magnitude da correlação genética entre os efeitos direto e materno das características é de alta importância

econômica na elaboração de programas de melhoramento genético criativos para muitos mamíferos domésticos (WILLHAM, 1980).

Uma prática usual na criação de suínos é a uniformização da leitegada, que consiste em redistribuição dos leitões de algumas porcas após o nascimento. Essa prática de manejo pode acarretar mascaramento dos efeitos materno e de leitegada, uma vez que não há controle dos animais que foram redistribuídos. Entretanto, mesmo que a produção de leite seja um dos principais fatores do efeito materno, a literatura ressalta que os fatores pré-natais também são importantes fontes de variação.

AHLSCHWEDE e ROBINSON (1971), ao avaliarem as influências dos efeitos pré-natal e pós-natal na espessura de toucinho e nas características de crescimento em suínos das raça Duroc e Yorkshire, constataram que, para as características peso aos 140 dias, ganho de peso pós-desmama e espessura de toucinho, os efeitos pré-natais são tão importantes quanto os pós-natais.

Em certas circunstâncias, efeitos ambientais constituem importante componente da covariância entre indivíduos semelhantes, como membros da família criados juntos (efeitos ambientais comum), ou registros repetidos de um mesmo indivíduo (efeitos ambientais permanentes). Efeitos ambientais são, usualmente, descritos no modelo para assegurar a acurácia da predição dos valores genéticos (MRODE, 1996).

Quando membros da mesma família são criados juntos, como leitões em suínos, eles compartilham ambientes comuns, o que contribui para a semelhança entre os membros da família. Assim, há covariância adicional entre os membros da família devido ao ambiente comum que eles compartilham, o que aumenta a variância entre diferentes famílias. A origem da variância ambiental, comum entre famílias, pode ser devida à semelhante nutrição e, ou, a condições climáticas. Todos os tipos de parentes estão sujeitos a origens de semelhanças, mas muitas análises interessadas nesse tipo de variação em melhoramento animal tendem a relatar o efeito ambiental comum associado a irmãos completos ou meio-irmãos maternos (MRODE, 1996).

TEIXEIRA et al. (1992), ao avaliarem os possíveis enfoques que podem ser utilizados na estimação da correlação de meio ambiente (c^2) entre meio-irmãs,

concluíram que a magnitude de c^2 é suficientemente expressiva para justificar a sua consideração na estimação de valores genéticos de touros.

Johansson (1961), citado por TEIXEIRA et al. (1992), sugeriu que diferenças sistemáticas entre grupos de progênes de natureza não-genética, resultantes de manejo e alimentação, estação de parição, idade no parto etc., contribuem para a correlação fenotípica entre membros do mesmo grupo de progênes.

A escolha dos modelos estatísticos a serem utilizados na predição dos valores genéticos da população é um dos primeiros passos para obtenção do sucesso nos programas de melhoramento genético. Quanto à avaliação genética de suínos, na literatura há evidências de que realmente não existe consenso no fato de os efeitos serem incluídos nos modelos, razão pela qual é necessária avaliação, para cada situação específica.

2.2. Características avaliadas

A determinação das características a serem avaliadas é um passo fundamental para se estabelecerem estratégias na obtenção do maior ganho genético. Esse processo de avaliação deve levar em conta a importância econômica da característica, a variabilidade genética, a facilidade de mensuração e o impacto dessa característica na suinocultura, bem como as associações existentes entre elas.

2.2.1. Características de desempenho

As características de desempenho são relacionadas, diretamente, com o desempenho do próprio indivíduo. Nessas características podem-se destacar a conversão alimentar, a idade para atingir determinado peso vivo, a espessura de toucinho e o ganho de peso em determinado intervalo de tempo.

Do ponto de vista econômico, a conversão alimentar deve receber atenção especial, pois a alimentação representa considerável parte do custo total de produção de suínos. Um questionamento que se faz à avaliação dessa característica é o custo elevado de sua mensuração, uma vez que os animais têm de ser criados em baias individuais e o fornecimento de ração deve ser anotado. Mesmo assim, as referências encontradas justificam o custo de mensuração, visto que o ganho genético obtido nessa característica é compensador.

A conversão alimentar de suínos produzidos para o abate ainda deixa a desejar, especialmente se comparada à conversão alimentar de frangos de corte (menos de 2 kg de ração para produção de 1 kg de ganho, do nascimento aos 42 dias de idade). Em virtude da sua grande importância econômica, diversos programas de seleção buscam melhorar a eficiência alimentar. No Brasil, testes de desempenhos de machos inteiros, alimentados com ração à vontade, dos 25-30 aos 100 kg de peso vivo, têm revelado animais que necessitam, em média, de 2,0 kg ou até menos de ração para ganhar 1 kg de peso vivo e apresentarem 10 mm de espessura de toucinho. A seleção contínua para melhora da eficiência alimentar e o emprego de machos geneticamente superiores indicam que, em breve, os suínos não necessitarão consumir mais do que 200 kg de ração, do nascimento ao abate, para produzir 70 kg de carcaça e mais de 40 kg de carne para consumo humano (IRGANG, 1998).

Dada a necessidade de diminuir os custos fixos de produção, quanto menor o intervalo de tempo necessário para o animal atingir o peso de abate, maior será a oportunidade de maximizar a utilização da infra-estrutura relacionada com o sistema de produção. Assim, o ganho de peso médio diário e a idade com que os animais atingem o peso de abate são medidas importantes na avaliação do desempenho destes.

Outra característica que deve receber atenção especial é a deposição de gordura, uma vez que o animal é menos eficiente na deposição de gordura que na deposição de carne e há também crescente exigência de carcaças magras. Assim, os programas de melhoramento necessitam avaliar características de qualidade de carcaça. A espessura de toucinho é um indicador da quantidade de gordura

acumulada e pode ser obtida do animal vivo e de diferentes locais do corpo do animal.

ALMEIDA NETO et al. (1993) observaram que a espessura de toucinho, medida a 6,5 cm da linha do dorso do animal, mostrou-se uma boa medida para prever a quantidade de carne na carcaça, tendo em vista a sua alta correlação com o rendimento de pernil.

2.2.2. Características reprodutivas

As características reprodutivas são consideradas como características da porca, e a sua importância está relacionada com o aumento da eficiência do sistema, uma vez que, quanto melhor o desempenho reprodutivo do rebanho, menor será o custo de manutenção por matriz. As estimativas de herdabilidade para características reprodutivas nos animais são normalmente baixas, e a variabilidade existente em tais estimativas é atribuída, principalmente, a fatores não-genéticos e genéticos não-aditivos.

O tamanho de leitegada é o principal componente de produtividade da matriz e seu melhoramento genético é de importância crescente em mercados nos quais outras características, como espessura de toucinho, estão alcançando níveis ótimos (SORENSEN, 1991), ou em mercados onde o aumento na produtividade da porca reduz, substancialmente, os custos de produção. Segundo RYDHMER (2000), no aspecto econômico, o tamanho da leitegada é a característica reprodutiva mais importante e já é considerada em vários programas de melhoramento.

O peso ao nascer é um dos fatores que mais influem a sobrevivência do leitão e está diretamente relacionado com o tamanho da leitegada, razão por que um equilíbrio entre essas características é sempre desejável. Alguns autores já citavam o peso do leitão no nascimento como o fator isolado mais importante para a sobrevivência e para peso da leitegada na desmama (WINTERS et al., 1947).

Alto peso no nascimento é importante não-somente para a sobrevivência (KERR e CAMERON, 1995; ROEHE e KALM, 1999), mas também para o desempenho na vida do animal (RYDHMER et al., 1989)

A precocidade sexual das matrizes é importante no sistema de produção de suínos, pois, quanto mais jovem a porca entrar em reprodução, mais rápido trará retorno para o produtor, além de maior número de partos no rebanho, considerando o estrato comercial. Assim, a idade da porca no primeiro parto deveria ser considerada nos programas de seleção.

De acordo com FREITAS (1998), a redução da idade à puberdade significa menor idade no acasalamento e no primeiro parto, reduzindo a idade de entrada das fêmeas no plantel, o que representa, do ponto de vista econômico, menor custo de produção de leitões. Esse autor ainda ressaltou que esta característica possui herdabilidade de 30% e correlações genéticas e fenotípicas favoráveis à taxa de crescimento, existindo variação aditiva e efeitos pleiotrópicos abundantes para mudanças na idade à puberdade.

IRGANG *et al.* (1997), ao trabalharem com dados das Associações de Criadores de Suínos dos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, concluíram que os ganhos genéticos no número de leitões nascidos vivos por leitegada, em fêmeas Landrace e Large White, foram positivos, porém pequenos, o que indica que pouca intensidade de seleção foi aplicada ao melhoramento dessa característica. Sugeriram, então, a adoção de técnicas modernas de avaliação genética e esforço contínuo de seleção pelos criadores e melhoristas de suínos para obtenção de maiores ganhos genéticos.

A inclusão de características reprodutivas no melhoramento genético de suínos ainda é uma dúvida por parte de muitos melhoristas, em razão de suas baixas herdabilidades e de a expressão ser limitada a animais adultos (LOPES *et al.*, 1998).

Na Tabela 1 são apresentadas estimativas de herdabilidade, encontradas na literatura, para diferentes características de suínos.

Tabela 1 - Valores ou amplitudes de herdabilidades, estimados para diferentes características de desempenho e reprodutivas, segundo vários autores

Características	Herdabilidade	Referência
	Características de desempenho	
Idade ao final do teste	0,22 a 0,27	TORRES JÚNIOR (1996)
	0,24 a 0,46	PITA (2000)

Ganho de peso diário	0,43	LOPES (1994)
	0,0,19 a 0,39 0,26 a 0,45	COSTA (1999) PITA (2000)
Espessura de toucinho	0,62	LOPES (1994)
	0,34 a 0,37 0,34 a 0,50 0,00 a 0,19	TORRES JÚNIOR (1996) COSTA (1999) PITA (2000)
Conversão alimentar	0,34 a 0,41	TORRES JÚNIOR (1996)
Características reprodutivas		
Tamanho da leitegada ao nascer	0,17	UPNOMOOR (1984)
	0,00 a 0,23 0,06 a 0,23	ALVES (1986) PIRES (1999)
Tamanho da leitegada aos 21 dias	0,18	UPNOMOOR (1984)
	0,00 a 0,15	ALVES (1986)
Peso da leitegada ao nascer	0,11	UPNOMOOR (1984)
	0,00 a 0,24 0,11 0,04 a 0,30	ALVES (1986) BARBOSA (1998) PIRES (1999)
Peso da leitegada aos 21 dias	0,17	UPNOMOOR (1984)
	0,11 a 0,20 0,20 0,04 a 0,16	ALVES (1986) BARBOSA (1998) PIRES (1999)
Idade da fêmea:		
- Primeira concepção	0,47	IRGANG (1985)
- Primeira cobrição	0,49	IRGANG (1985)
Intervalo		
- desmama/cobrição	0,24	IRGANG (1985)
- entre partos	0,27	IRGANG (1985)

2.2.3. Associação entre características

A associação entre duas características que pode ser observada diretamente é a correlação fenotípica. As causas dessa associação podem ser decompostas em causas genéticas e de ambiente, apesar de apenas as genéticas serem consideradas na orientação de programas de melhoramento. Segundo FALCONER (1981), a correlação genética mede a associação entre valores

genéticos, e a correlação de ambiente, a associação conjunta de desvios de ambiente e desvios genéticos não-aditivos.

No processo de decisão sobre as características a serem avaliadas, deve-se conhecer a correlação existente entre as características, uma vez que a seleção de uma característica pode influenciar as outras.

ROSO et al. (1995), ao realizarem seleção pelo ganho de peso médio diário e pela espessura de toucinho, concluíram que respostas correlacionadas poderão ser esperadas principalmente na conversão alimentar, no comprimento de carcaça e no rendimento de pernil.

BRYNER et al. (1992), ao analisarem dados de animais da raça Yorkshire, coletados em vinte e seis centrais de teste nos Estados Unidos da América, encontraram correlação genética entre espessura de toucinho e ganho de peso próxima a zero, o que indica que ambas as características podem ser selecionadas simultaneamente, sem efeitos adversos.

TORRES JÚNIOR (1996), ao avaliar correlações genéticas entre idade aos 100 kg e espessura de toucinho aos 100 kg, detectou certo antagonismo entre essas duas características, apesar de a magnitude dessa correlação não chegar a ser empecilho na obtenção de genótipos com menores idades e menores espessuras de toucinho aos 100 kg. Já a correlação entre espessura de toucinho e conversão alimentar foi favorável e com magnitude pouco maior, tendo sido de baixa magnitude a correlação entre idade aos 100 kg e conversão alimentar. Esse autor salientou ainda que, em razão da magnitude das correlações obtidas, não se deve dispensar a medida de qualquer uma das três características e considerar apenas a resposta correlacionada.

Segundo TORRES JÚNIOR (1996), uma maneira de obter aumentos nos ganhos de seleção seria realizar o teste de conversão em parte dos machos e das fêmeas, em vez de se testarem todos os machos, já que a capacidade de teste do programa ao qual o autor se refere é limitada. Esse autor enfatizou que a definição dos machos e das fêmeas a serem testados poderia ser feita com base nos resultados do teste no período parcial e, ou, em caracteres correlacionados que possam ser medidos antes do início do teste.

CATALAN (1986) salientou que, em termos gerais, deve-se procurar testar animais que iniciem o teste mais precocemente, uma vez que a diminuição da idade no início do teste refletiu em melhor desempenho em várias características avaliadas.

ALVES et al. (1987) encontraram, de forma geral, altas e favoráveis correlações fenotípicas e genéticas entre tamanho e peso da leitegada no nascimento e tamanho e peso da leitegada aos 21 dias de idade. LUI et al. (1982) concluíram que leitegadas mais pesadas e numerosas no nascimento também o serão aos 21 dias de idade.

2.2.3.1. Correlação entre características de desempenho e reprodutivas

O estudo da relação entre características de desempenho e características reprodutivas em suínos tem despertado atenção de vários pesquisadores, como BERESKIN (1984), ELIASSON et al. (1991), JOHANSSON e KENNEDY (1983), RYDHMER et al. (1995), RYDHMER (2000), VANGEN (1980), entre outros.

BERESKIN (1984) ressaltou a importância do conhecimento das relações existentes entre as características de produtividade da porca e as características de produtividade do indivíduo. Salientou que, apesar da utilização de linhas especializadas de macho e de fêmea para realização de cruzamentos, a avaliação da correlação existente entre as características mencionadas é importante.

KERR e CAMERON (1995) destacaram que, embora a seleção de características reprodutivas tenha recebido menor atenção em programas comerciais de melhoramento, a resposta correlacionada com o desempenho reprodutivo poderia ser considerada na elaboração dos programas de melhoramento, baseada na seleção de características de crescimento e de carcaça. A escolha da estratégia de seleção determinará a magnitude da resposta correlacionada com características reprodutivas, o que tem sérias implicações na indústria de melhoramento de suínos.

Segundo KERR e CAMERON (1996), informações das relações genéticas entre desempenho no teste e características reprodutivas podem ser usadas para identificar preditores dos méritos genéticos para características reprodutivas, em adição à predição de respostas correlacionadas com características reprodutivas, para seleção de características de desempenho no teste.

A maior correlação genética entre taxa de crescimento e consumo diário de alimento com peso da leitegada, em relação à encontrada entre tamanho de leitegada, considerando a semelhança das herdabilidades de peso e tamanho de leitegada, sugere que as estratégias que mudam taxa de crescimento e consumo diário de alimento poderiam resultar em melhor mudança genética na taxa de crescimento do leitão do que no tamanho da leitegada (KERR e CAMERON, 1996)

KERR e CAMERON (1995) concluíram que a seleção para crescimento magro, em regime alimentar à vontade ou restrito, não trouxe efeito significativo sobre o desempenho reprodutivo, mas menor conversão alimentar e baixo consumo diário de alimento, sob seleção, tiveram impactos no desempenho reprodutivo.

KERR e CAMERON (1996) ressaltaram que na estimação das correlações genéticas entre desempenho no teste e características reprodutivas, com o propósito de avaliação de estratégias alternativas de seleção para uma população, é importante que os dados de todos os animais na população sejam analisados, para considerar seleções prévias na população.

2.3. Tendências genéticas

A utilização de raças e,ou, linhagens puras em cruzamentos pressupõe a superioridade desses genótipos, que, combinados em cruzamento, podem trazer bons resultados. Assim, a seleção e a avaliação dessas raças e, ou, linhagens são importantes para o sucesso de qualquer empreendimento de melhoramento genético.

Segundo EUCLIDES FILHO et al. (1997), torna-se essencial proceder ao acompanhamento dos progressos genéticos acumulados ao longo do tempo em projetos de seleção, não só como forma de quantificar a mudança genética que vem se processando, mas, principalmente, para avaliar os benefícios e proceder aos ajustes, quando necessários.

HILL (1972a e 1972b) propôs a utilização de grupos-controle e a adoção de esquema de seleção divergente para remover a influência ambiental. Entretanto, em razão do alto custo para manter populações-controles, esses dois procedimentos tornam-se inviáveis a programas de melhoramento com objetivos comerciais.

Blair e Pollak (1984), citados por COSTA (1999), ao trabalharem com uma linha-controle e uma linha selecionada, utilizaram três metodologias para estimar a superioridade genética da linha selecionada, quais sejam: 1) O desvio do fenótipo anual predito da linha selecionada, em relação ao fenótipo anual predito da linha-controle; 2) O desvio do fenótipo anual predito da linha selecionada em relação à estimativa do ano da linha-controle; e 3) A média do valor genético anual da linha selecionada para estimar a superioridade genética desta. Esses autores observaram que a média do valor genético anual da linha selecionada dependia da herdabilidade e promovia melhor separação da tendência fenotípica em genética e ambiental, concluindo que esse tipo de análise pode ser usado na estimação de tendências genéticas, principalmente em dados provenientes de rebanhos de melhoramento para fins comerciais, nos quais não é possível estabelecer linhas-controle.

Ao utilizarem dados amostrais, SORENSEN E KENNEDY (1984) demonstraram que, em determinadas condições, as equações de modelos mistos dispensam o uso de populações-controle como meio para decompor, adequadamente, em seus componentes genéticos e ambientais a tendência fenotípica. Segundo esses autores, se as variâncias das características forem conhecidas antes da seleção, se a seleção for função linear dos dados e se a matriz de parentesco for completa, a tendência genética poderá ser estimada por meio da metodologia de modelos mistos.

COSTA (1999) encontrou tendências genéticas positivas para ganho de peso diário e negativas para peso aos 70 dias e espessura de toucinho. Segundo esse autor, tendências genéticas positivas para ganho de peso diário e negativas para espessura de toucinho estão de acordo com os objetivos de um programa de melhoramento genético de suínos, os quais são aumento no ganho de peso diário e redução na espessura de toucinho, e com as correlações genéticas entre as características. Esse autor salientou ainda que tendências genéticas negativas para peso aos 70 dias não são desejáveis e, provavelmente, ocorreram em razão das correlações genéticas negativas entre esta característica e ganho de peso diário e a espessura de toucinho, e da maior ênfase dada a estas duas últimas características no programa de seleção em questão.

As estimativas de tendência genética para as características peso da leitegada no nascimento e aos 21 dias de idade, tamanho da leitegada no nascimento e aos 21 dias e taxa de mortalidade, encontradas por PIRES (1999), mostraram pouco ou nenhum progresso, para essas características, nas raças Landrace e Large White, enquanto na raça Duroc foram encontradas tendências genéticas negativas.

Ao avaliarem o desempenho fenotípico e a melhoria genética no número de leitões nascidos vivos nas duas primeiras leitegadas de porcas Landrace e Large White, IRGANG et al. (1997) concluíram que os ganhos genéticos no número de leitões nascidos vivos por leitegada foram positivos, porém pequenos, o que sugere que pouca intensidade de seleção foi aplicada a sua melhoria genética.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição dos dados

Os dados utilizados neste trabalho são provenientes de uma linha, em desenvolvimento, da raça Large White, mantida pelo programa de melhoramento da empresa Sadia S.A., localizada no Estado de Santa Catarina, relativos ao período de 1993 a 1999.

Os animais são todos de uma mesma granja, que tem capacidade para 500 matrizes. No nascimento, além dos cuidados normais, os leitões são redistribuídos, num processo de equalização de leitegada, por número e por classe de peso (3 classes), e, até a desmama, há outra equalização entre as leitegadas das porcas que pariram na mesma semana.

Os leitões são mantidos na recria até a 12^a semana de idade. Nesta idade, os machos são submetidos ao teste de desempenho individual para conversão alimentar e ganho de peso, e as fêmeas, ao teste de desempenho para ganho de peso em baias coletivas. A espessura de toucinho foi mensurada em todos os animais, ao final do teste.

As características de desempenho foram avaliadas por sexo, tendo em vista que o manejo na granja é diferenciado para machos e fêmeas. Assim, os machos foram avaliados para conversão alimentar (CAM), espessura de toucinho corrigida para 100 Kg (ETM), idade para atingir 100 Kg (IDAM) e ganho de peso médio diário, do início ao final do teste (GPDM), e as fêmeas, para espessura de toucinho corrigida para 100 Kg (ETF), idade para atingir 100 Kg (IDAF) e ganho de peso médio diário, do nascimento ao final do teste (GPDF). Os dados referentes à espessura de toucinho foram ajustados ao peso vivo aos 100 Kg, utilizando fatores de correção da própria empresa.

As características reprodutivas avaliadas neste estudo foram idade da fêmea no primeiro parto (IPP), número total de leitões nascidos (NLN), número

de leitões nascidos vivos (NLNV) e peso da leitegada no nascimento (PLV), sendo pesados apenas os animais nascidos vivos.

Os dados foram agrupados em cinco arquivos. O primeiro continha as informações sobre pedigree (18.279 registros); o segundo, desempenho dos machos (7.009 registros); o terceiro, desempenho das fêmeas (10.541 registros); o quarto, informações reprodutivas (3.937 registros); e o quinto, desempenho da matriz e informações reprodutivas, referentes ao primeiro parto (1.165 registros).

3.2. Modelos e análises

As estimativas dos componentes de (co)variância e dos parâmetros genéticos foram obtidas pelo programa MTDFREML (“Multiple Trait Derivative-Free Restricted Maximum Likelihood”), descrito por BOLDMAN et al. (1995), que utilizaram a metodologia da máxima verossimilhança restrita livre de derivadas (DFREML). O MTDFREML utiliza o algoritmo simplex para localizar o mínimo de $-2 \log_e L$ (L = função de verossimilhança), e os componentes de (co)variância que minimizam a função $-2 \log_e L$ são estimativas de máxima verossimilhança. As herdabilidades e os valores genéticos preditos foram obtidos a partir destes componentes de variância, utilizando a metodologia de modelos mistos.

Como critério de convergência utilizou-se a variância dos valores do simplex ($-2 \log_e$ de verossimilhança), inferiores a 10^{-9} . Após cada convergência, o programa foi reiniciado, usando as estimativas obtidas anteriormente, como valores iniciais. Esse procedimento foi repetido até que as diferenças entre as estimativas das duas últimas convergências fossem menores que 10^{-5} .

Nas análises utilizaram-se quatro modelos com diferentes combinações de efeitos aleatórios, a saber:

$$\text{Modelo 1: } \tilde{y} = X \tilde{b} + Z_1 \tilde{d} + \tilde{e};$$

$$\text{Modelo 2: } \tilde{y} = X \tilde{b} + Z_1 \tilde{d} + Z_2 \tilde{m} + \tilde{e};$$

$$\text{Modelo 3: } \tilde{y} = X \tilde{b} + Z_1 \tilde{d} + Z_3 \tilde{p} + \tilde{e};$$

$$\text{Modelo 4: } \tilde{y} = X \tilde{b} + Z_1 \tilde{d} + Z_2 \tilde{m} + Z_3 \tilde{p} + \tilde{e},$$

em que

\tilde{y} = vetor de observações;

X = matriz de incidência de efeitos fixos de grupo contemporâneo e covariável;

\tilde{b} = vetor de efeitos fixos;

Z_1 = matriz de incidência de efeitos genéticos aditivos diretos;

\tilde{d} = vetor de efeitos genéticos aditivos diretos;

Z_2 = matriz de incidência de efeitos genéticos aditivos maternos;

\tilde{m} = vetor de efeitos genéticos aditivos maternos;

Z_3 = matriz de incidência de efeitos comuns de leitegadas;

\tilde{p} = vetor de efeitos comuns de leitegadas; e

\tilde{e} = vetor de efeito residual.

Admitindo-se que \tilde{y} tenha distribuição normal multivariada, têm-se:

Modelo 1

$$\begin{bmatrix} \tilde{y} \\ \tilde{d} \\ \tilde{e} \end{bmatrix} \sim \left\{ \begin{bmatrix} X \tilde{b} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} V & Z_1 D & R \\ D Z_1' & D & \\ R & & R \end{bmatrix} \right\}$$

em que $V = Z_1 D Z_1' + R$;

Modelo 2

$$\begin{bmatrix} \tilde{y} \\ \tilde{d} \\ \tilde{m} \\ \tilde{e} \end{bmatrix} \sim \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{Xb} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} V & Z_1D + Z_2C & Z_2M + Z_1C & R \\ DZ'_1 + CZ'_2 & D & C & \phi \\ MZ'_2 + CZ'_1 & C & M & \phi \\ R & \phi & \phi & R \end{bmatrix} \right\}$$

em que $V = Z_1DZ'_1 + Z_2MZ'_2 + Z_1CZ'_2 + Z_2CZ'_1 + R$;

Modelo 3

$$\begin{bmatrix} \tilde{y} \\ \tilde{d} \\ \tilde{p} \\ \tilde{e} \end{bmatrix} \sim \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{Xb} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} V & Z_1D & Z_3P & R \\ DZ'_1 & D & \phi & \phi \\ PZ'_3 & \phi & P & \phi \\ R & \phi & \phi & R \end{bmatrix} \right\}$$

em que $V = Z_1DZ'_1 + Z_3PZ'_3 + R$;

Modelo 4:

$$\begin{bmatrix} \tilde{y} \\ \tilde{d} \\ \tilde{m} \\ \tilde{p} \\ \tilde{e} \end{bmatrix} \sim \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{Xb} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} V & Z_1D + Z_2C & Z_2M + Z_1C & Z_3P & R \\ DZ'_1 + CZ'_2 & D & C & \phi & \phi \\ MZ'_2 + CZ'_1 & C & M & \phi & \phi \\ PZ'_3 & \phi & \phi & P & \phi \\ R & \phi & \phi & \phi & R \end{bmatrix} \right\}$$

em que $V = Z_1DZ'_1 + Z_2MZ'_2 + Z_1CZ'_2 + Z_2CZ'_1 + Z_3PZ'_3 + R$.

Foram admitidas covariâncias entre efeitos aditivos direto e materno nos modelos 2 e 4. As matrizes D, M, C, P, R e ϕ são dadas por:

$$D = A \otimes D_0 = A \otimes \begin{bmatrix} \sigma_{D1}^2 & \sigma_{D12} & \Lambda & \sigma_{D1n} \\ \sigma_{D21} & \sigma_{D2}^2 & \Lambda & \sigma_{D2n} \\ M & M & O & M \\ \sigma_{Dn1} & \sigma_{Dn2} & \Lambda & \sigma_{Dn}^2 \end{bmatrix};$$

$$M = A \otimes M_0 = A \otimes \begin{bmatrix} \sigma_{M1}^2 & \sigma_{M12} & \Lambda & \sigma_{M1n} \\ \sigma_{M21} & \sigma_{M2}^2 & \Lambda & \sigma_{M2n} \\ M & M & O & M \\ \sigma_{Mn1} & \sigma_{Mn2} & \Lambda & \sigma_{Mn}^2 \end{bmatrix};$$

$$C = A \otimes C_0 = A \otimes \begin{bmatrix} \sigma_{D1M1} & \sigma_{D1M2} & \Lambda & \sigma_{D1Mn} \\ \sigma_{D2M1} & \sigma_{D2M2} & \Lambda & \sigma_{D2Mn} \\ M & M & O & M \\ \sigma_{DnM1} & \sigma_{DnM2} & \Lambda & \sigma_{DnMn} \end{bmatrix};$$

$$P = I \otimes P_0 = I \otimes \begin{bmatrix} \sigma_{P1}^2 & \sigma_{P12} & \Lambda & \sigma_{P1n} \\ \sigma_{P21} & \sigma_{P2}^2 & \Lambda & \sigma_{P2n} \\ M & M & O & M \\ \sigma_{Pn1} & \sigma_{Pn2} & \Lambda & \sigma_{Pn}^2 \end{bmatrix};$$

$$R = I \otimes R_0 = I \otimes \begin{bmatrix} \sigma_{R1}^2 & \sigma_{R12} & \Lambda & \sigma_{R1n} \\ \sigma_{R21} & \sigma_{R2}^2 & \Lambda & \sigma_{R2n} \\ M & M & O & M \\ \sigma_{Rn1} & \sigma_{Rn2} & \Lambda & \sigma_{Rn}^2 \end{bmatrix};$$

$$\phi = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \Lambda & 0 \\ 0 & 0 & \Lambda & 0 \\ M & M & O & M \\ 0 & 0 & \Lambda & 0 \end{bmatrix};$$

em que os subscritos 1 a n referem-se às características avaliadas;

D_0 = matriz de (co)variâncias genéticas aditivas diretas;

M_0 = matriz de (co)variâncias genéticas aditivas maternas;

C_0 = matriz de covariâncias entre efeitos direto e materno;

P_0 = matriz de (co)variâncias atribuídas aos efeitos comuns de leitegada;

R_0 = matriz de (co)variâncias residuais;

A = matriz de numeradores dos coeficientes de parentesco entre os indivíduos, de Wright;

ϕ = matriz de zeros;

I = matriz identidade; **e**

\otimes = operador produto direto.

As equações de modelos mistos, para os quatro modelos, são dadas por:

Modelo 1

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z_1 \\ Z_1'R^{-1}X & Z_1'R^{-1}Z_1 + D^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b^0 \\ \hat{d} \\ \sim \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z_1'R^{-1}y \\ \sim \end{bmatrix};$$

Modelo 2

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z_1 & X'R^{-1}Z_2 \\ Z_1'R^{-1}X & Z_1'R^{-1}Z_1 + D^{-1} & Z_1'R^{-1}Z_2 + C^{-1} \\ Z_2'R^{-1}X & Z_2'R^{-1}Z_1 + C^{-1} & Z_2'R^{-1}Z_2 + M^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b^0 \\ \hat{d} \\ \hat{m} \\ \sim \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z_1'R^{-1}y \\ Z_2'R^{-1}y \\ \sim \end{bmatrix};$$

Modelo 3

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z_1 & X'R^{-1}Z_3 \\ Z_1'R^{-1}X & Z_1'R^{-1}Z_1 + D^{-1} & Z_1'R^{-1}Z_3 \\ Z_3'R^{-1}X & Z_3'R^{-1}Z_1 & Z_3'R^{-1}Z_3 + P^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b^0 \\ \hat{d} \\ \hat{p} \\ \sim \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z_1'R^{-1}y \\ Z_3'R^{-1}y \\ \sim \end{bmatrix};$$

Modelo 4

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z_1 & X'R^{-1}Z_2 & X'R^{-1}Z_3 \\ Z_1'R^{-1}X & Z_1'R^{-1}Z_1 + D^{-1} & Z_1'R^{-1}Z_2 + C^{-1} & Z_1'R^{-1}Z_3 \\ Z_2'R^{-1}X & Z_2'R^{-1}Z_1 + C^{-1} & Z_2'R^{-1}Z_2 + M^{-1} & Z_2'R^{-1}Z_3 \\ Z_3'R^{-1}X & Z_3'R^{-1}Z_1 & Z_3'R^{-1}Z_2 & Z_3'R^{-1}Z_3 + P^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{b}^0 \\ \tilde{d} \\ \tilde{m} \\ \tilde{p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}\tilde{y} \\ Z_1'R^{-1}\tilde{y} \\ Z_2'R^{-1}\tilde{y} \\ Z_3'R^{-1}\tilde{y} \end{bmatrix}.$$

Como efeitos fixos foram utilizados os grupos contemporâneos, formados pela combinação da semana do ano (1-48^o à 8^o semana; 2-9^o à 21^o semana; 3-22^o à 34^o semana; e 4-35^o à 47^o semana) com o ano. No arquivo constituído por apenas informações reprodutivas foram considerados a semana e o ano do parto, e, nos demais arquivos, a semana e o ano de nascimento do animal. O efeito da covariável idade da porca no parto, linear e quadrático, foi incluído nos modelos para número total de leitões nascidos, número de leitões nascidos vivos e peso da leitegada ao nascer.

O logaritmo da função de verossimilhança ($\log_e L$) foi utilizado na escolha dos modelos mais apropriados para cada característica. Um efeito aleatório era considerado expressivo quando sua inclusão causava aumento significativo no $\log_e L$. Para determinar o modelo mais adequado, o teste da razão de verossimilhança foi aplicado a modelos seqüencialmente reduzidos (RAO, 1973). A estatística do teste da razão de verossimilhança (RL) foi calculada para testar a significância de um modelo i , que continha um parâmetro adicional, comparado com outro modelo j , cujo parâmetro não estava presente. O valor foi, então, menos duas vezes o logaritmo natural da razão de verossimilhança, ou seja,

$$RL_{ij} = -2 \log_e (L_j/L_i) = 2 \log_e L_i - 2 \log_e L_j,$$

em que

L_j = máximo da função de verossimilhança restrita para o modelo j ; e

L_i = máximo da função de verossimilhança restrita para o modelo i .

A estimativa da estatística do teste da razão de verossimilhança (RL) foi comparada com o valor do qui-quadrado (χ^2_{tab}), a um grau de liberdade.

A hipótese de nulidade implicou igualdade das funções de verossimilhança restrita nos modelos completo e reduzido, ou seja,

$$H_0 : -2 \log_e L_i = -2 \log_e L_j.$$

Os valores preditos estimados dos indivíduos para cada característica, em diferentes modelos, foram organizados em arquivos, com o objetivo de verificar possíveis alterações no ordenamento das predições dos valores genéticos dos animais, quando o modelo mais adequado não fosse utilizado, por meio da obtenção das correlações amostral e de ordem. Ambas as correlações foram obtidas utilizando o pacote estatístico *Statiscal Analisys System* (SAS, 1990).

3.3. Estimativas dos parâmetros genéticos

As estimativas das herdabilidades direta (\hat{h}_d^2) e materna (\hat{h}_m^2), das correlações entre os efeitos genéticos direto e materno (r_{dm}), e a proporção atribuída aos efeitos comuns de leitegada (\hat{c}^2) foram obtidas da seguinte maneira:

$$\hat{h}_d^2 = \frac{\hat{\sigma}_d^2}{\hat{\sigma}_f^2};$$

$$\hat{h}_m^2 = \frac{\hat{\sigma}_m^2}{\hat{\sigma}_f^2};$$

$$r_{dm} = \frac{\hat{\sigma}_{dm}}{\sqrt{\hat{\sigma}_d^2 \cdot \hat{\sigma}_m^2}};$$

$$\hat{c}^2 = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_f^2}.$$

A herdabilidade total dos efeitos genéticos aditivos (\hat{h}_T^2) foi calculada, de acordo com WILLHAM (1972), por

$$\hat{h}_T^2 = (\hat{\sigma}_d^2 + 0,5\hat{\sigma}_m^2 + 1,5\hat{\sigma}_{dm}) / \hat{\sigma}_f^2,$$

em que

$\hat{\sigma}_d^2$ = estimador da variância atribuída aos efeitos genéticos diretos;

$\hat{\sigma}_m^2$ = estimador da variância atribuída aos efeitos genéticos maternos;

$\hat{\sigma}_{dm}$ = estimador da covariância entre os efeitos genéticos direto e materno;

$\hat{\sigma}_p^2$ = estimador da variância dos efeitos comuns de leitegada; e

$\hat{\sigma}_f^2$ = estimador da variância fenotípica.

No cálculo da correlação entre as características foram utilizadas as estimativas de variância e covariância, obtidas dos modelos mais indicados pelo teste da razão de verossimilhança, para cada característica.

3.4. Tendências genéticas e comparação dos critérios de seleção

As tendências genéticas dos efeitos genéticos direto e materno foram calculadas pela regressão das médias dos respectivos valores genéticos preditos das características, em relação ao ano de nascimento dos animais, no caso de características de desempenho e, em relação ao ano de nascimento da porca, no caso das características reprodutivas. Os valores genéticos utilizados foram obtidos dos modelos mais indicados pelo teste da razão de verossimilhança, para cada característica.

Foi realizada comparação dos critérios de seleção com base no valor genético do indivíduo, para cada característica. Os animais foram ordenados com base no seu valor genético aditivo direto para apenas uma das características, por

vez. Em seguida, fez-se a comparação dessas classificações de todos os animais, por meio da correlação de ordem.

Na comparação da classificação das características reprodutivas e de desempenho das fêmeas foram utilizados valores genéticos das características reprodutivas, obtidos das informações de todos os partos de cada fêmea.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Descrição dos dados

O número de registros analisados, as médias e os desvios-padrão das características são apresentados na Tabela 2.

4.2. Análise de característica única

4.2.1. Escolha do modelo (Teste da Razão de Verossimilhança)

Na Tabela 3, estão os valores do logaritmo natural da função de verossimilhança ($\log_e L$) e, na Tabela 4, os valores da razão de verossimilhança (RL_{ij}), em cada modelo, para as características estudadas.

Observa-se, de modo geral, que a inclusão do efeito genético aditivo materno (modelo 2), do efeito comum de leitegada (modelo 3) ou de ambos os efeitos (modelo 4) tendeu a apresentar maiores valores de $\log_e L$, quando comparados com o valor obtido pelo modelo 1.

Em todas as características de desempenho, o modelo 4 (inclusão do efeito materno e permanente) apresentou resultado significativo, com exceção de ganho de peso médio diário para machos, no qual os modelos 3 e 4 não apresentaram diferença. Esses resultados indicam que, mesmo com a uniformização de leitegada, que é realizada na granja, modelos mais completos devem ser utilizados na avaliação de características de desempenho. Dessa forma, o modelo 4 é o mais indicado para avaliação das características de desempenho estudadas, ou seja, as inclusões dos efeitos materno e comum de leitegada no modelo devem ser recomendadas.

Tabela 2 - Número de registros, médias e desvios-padrão das características estudadas, por arquivo

Características	Número de registros	Média	Desvio-padrão
Arquivo de desempenho de machos			
Conversão alimentar	7009	2,1257	0,1888
Idade para atingir 100 kg (dias)	7009	140,3709	10,8471
Espessura de toucinho (mm)	7009	10,2304	1,5772
Ganho de peso médio diário (gramas)	7009	1056,4500	93,1135
Arquivo de desempenho de fêmeas			
Idade para atingir 100 kg (dias)	10541	154,1631	12,5341
Espessura de toucinho (mm)	10541	10,5738	1,7005
Ganho de peso médio diário (gramas)	10541	641,7384	49,9324
Arquivo de características reprodutivas			
Idade no primeiro parto (dias)	1875	318,5627	24,6090
Número total de leitões nascidos	3937	10,7434	3,2427
Número de leitões nascidos vivos	3937	10,1201	3,2074
Peso da leitegada no nascimento (kg)	3937	13,5539	4,3255
Idade da porca no parto (dias)	3937	434,7640	113,6020
Arquivo de características de desempenho e reprodutivas			
Idade para atingir 100 kg (dias)	1165	146,8326	7,7752
Espessura de toucinho (mm)	1165	9,5627	1,2862
Ganho de peso médio diário (gramas)	1165	671,0090	35,6279
Idade no primeiro parto (dias)	1165	308,3476	13,5236
Número total de leitões nascidos	1165	10,1245	3,1274
Número de leitões nascidos vivos	1165	9,5365	3,0941
Peso da leitegada no nascimento (kg)	1165	11,6685	3,8547
Idade da porca no parto (dias)	1165	308,3476	13,5236

Tabela 3 - Valores do logaritmo natural da função de verossimilhança (log_e L), por modelo, para as características estudadas ¹

Caracteristic a	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
CAM	8816,5218	8830,3763	8862,2477	8866,6927
IDAM	-19508,1069	-19479,7325	-19405,2005	-19401,3206
ETM	-5850,5162	-5839,8756	-5829,5453	-5817,7312
GPDM	-34835,4527	-34823,2101	-34770,2687	-34769,1327
IDAF	-31363,8660	-31306,7862	-31162,0248	-31157,4476
ETF	-9435,2199	-9428,9595	-9417,7293	-9410,9824
GPDF	-45900,4218	-45839,2750	-45692,9859	-45687,9236
IPP	-6255,2712	-6250,1549	-6249,8691	-6246,5939
NLN	-6463,5723	-6463,0844	-6463,5723	-6463,0844
NLNV	-6456,0280	-6455,2284	-6456,0280	-6455,2284
PLV	-7372,0404	-7372,0686	-7372,0405	-7371,9106

¹ Conversão alimentar = CAM; idade para atingir 100 kg = IDAM; espessura de toucinho corrigida para 100 kg = ETM; ganho de peso médio diário = GPDM; para machos, idade para atingir 100 kg = IDAF; espessura de toucinho corrigida para 100 kg = ETF; ganho de peso médio diário = GPDF; para fêmeas, idade da porca no primeiro parto = IPP; número total de leitões nascidos = NLN; número de leitões nascidos vivos = NLNV; e peso da leitegada no nascimento = PLV.

PITA (2000) concluiu que os efeitos de leitegada e genético materno são importantes fontes de variação do ganho de peso médio diário e idade no final do teste, padronizada para um peso vivo de 95 kg em suínos da raça Landrace, enquanto para as raças Large White e Pietrain, apenas o efeito de leitegada responde por porção significativa da variação dessas características.

BRYNER et al. (1992), ao analisarem dados de animais da raça Yorkshire, coletados em vinte e seis centrais de teste dos Estados Unidos da América, concluíram que o efeito materno deve ser considerado nas estimativas de valores genéticos das características espessura de toucinho, ajustada a 104,5 kg, e ganho de peso, ajustado ao peso de 36 kg, no início do teste.

Quanto às características reprodutivas, apenas para idade da porca no primeiro parto, a inclusão do efeito genético aditivo materno e, ou, do efeito comum de leitegada apresentou diferenças significativas. Assim, para esta

Tabela 4 - Valores obtidos pelo teste da razão de verossimilhança (RL), por modelos, para as características estudadas¹

Característica	RL ₂₁	RL ₃₁	RL ₄₂	RL ₄₃
a				
CAM	27,7090**	91,4517**	72,6327**	8,8901**
IDAM	56,7488**	205,8128**	156,8238**	7,7599**
ETM	21,2812**	41,9417**	44,2888**	23,6283**
GPDM	24,4852**	130,3682**	108,1549**	2,2719 ^{ns}
IDAF	114,1596**	403,6824**	298,6773**	9,1546**
ETF	12,5208**	34,9813**	35,9542**	13,4937**
GPDF	122,2936**	414,8718**	302,7028**	10,1245**
IPP	10,2326**	10,8043**	7,1219**	6,5502*
NLN	0,9759 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,9759 ^{ns}
NLNV	1,5992 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	1,5992 ^{ns}
PLV	-0,0563 ^{ns}	-0,0001 ^{ns}	0,3160 ^{ns}	0,2598 ^{ns}

¹ Conversão alimentar = CAM; idade para atingir 100 kg = IDAM; espessura de toucinho corrigida para 100 kg = ETM; ganho de peso médio diário = GPDM; para machos, idade para atingir 100 kg = IDAF; espessura de toucinho corrigida para 100 kg = ETF; ganho de peso médio diário = GPDF; para fêmeas, idade da porca no primeiro parto = IPP; número total de leitões nascidos = NLN; número de leitões nascidos vivos = NLNV; e peso da leitegada no nascimento = PLV.

^{ns} = não-significativo;

* , ** = significativo a 5 e 1%, respectivamente.

característica, o modelo 4 foi o mais indicado, enquanto para número de leitões nascidos, total e vivos e peso da leitegada no nascimento, o modelo 1 foi o mais indicado, uma vez que a inclusão dos demais efeitos não foi significativa.

Esses resultados não são condizentes com os obtidos por PIRES (1999), que, ao comparar o uso de quatro modelos com diferentes combinações de efeitos aleatórios (modelo 1 - apenas efeito genético direto; modelo 2 - efeito genético direto e efeito genético materno; modelo 3 - efeito genético direto e efeito permanente de meio; e modelo 4 - efeito genético direto, efeito genético materno e efeito permanente de meio), na avaliação genética das características peso da leitegada no nascimento e aos 21 dias de idade, tamanho da leitegada no nascimento e aos 21 dias de idade e taxa de mortalidade de suínos das raças

Landrace, Large White e Duroc, constatou, pelo teste da razão de verossimilhança, que o modelo completo, que inclui os efeitos direto, materno e permanente de meio, foi o mais adequado à maioria das características.

KERR e CAMERON (1995) não encontraram evidências da existência de efeitos genéticos maternos sobre tamanho e peso de leitegada no nascimento e no desmame. Destacaram que existem poucas estimativas de efeitos genéticos maternos, apesar de os estudos sugerirem que a relativa importância do efeito materno para população específica depende tanto da estrutura dos dados como do método de análise. MRODE (1996) ressaltou que a inclusão do efeito ambiental comum no modelo aumenta a acurácia na predição do valor genético dos animais.

Confrontando os resultados obtidos com as informações disponíveis, constata-se a divergência dos resultados, razão da necessidade de se avaliar o modelo a ser utilizado, em cada situação específica.

4.2.2. Correlações entre os valores genéticos obtidos pelos diferentes modelos

Os valores genéticos preditos pelo modelo mais indicado, pelo teste da razão de verossimilhança, e os valores preditos pelos demais modelos, para todas as características, foram utilizados no cálculo das correlações amostral e de ordem. Os resultados são apresentados nas Tabelas 5 e 6, respectivamente.

Nas características em que o modelo 4 foi o mais indicado, as correlações amostrais, obtidas entre os valores preditos pelo modelo 4 e os valores preditos pelos demais modelos, foram superiores a 0,90, com exceção da correlação entre os valores preditos pelo modelo 1, para idade para atingir 100 kg, para machos (0,84) e para fêmeas (0,87), e ganho de peso médio diário para fêmeas (0,83), e pelo modelo 3, para conversão alimentar para machos (0,87). Nos casos em que as correlações são próximas à unidade e há limitações computacionais, poderia, talvez, optar por um modelo mais simples.

Na característica ganho de peso médio diário, para machos, a inclusão do efeito materno (modelo 4) no modelo com efeito comum de leitegada (modelo 3) não acarretou diferenças no teste da razão de verossimilhança, uma vez que a

correlação amostral entre os valores genéticos preditos pelos dois modelos foi de 0,99, razão pela qual o uso de um modelo ou de outro não traria grandes diferenças no ordenamento dos animais.

Nas características em que o modelo 1 foi o mais indicado, os valores de correlação amostral entre as estimativas do modelo 1 e dos demais modelos variaram de 0,96 a 1,00, o que indica que, para essas características, a inclusão do efeito materno e, ou, comum de leitegada no modelo não alteraria a classificação dos animais.

Os resultados obtidos das correlações de ordem apresentaram comportamento semelhante aos obtidos da correlação amostral, o que implica que o ordenamento dos valores genéticos, pelos modelos mais parametrizados, foi bastante semelhante ao ordenamento obtido pelos modelos menos parametrizados.

Considerando que machos e fêmeas são selecionados a cada geração, em uma população fechada, e que as correlações amostrais entre os valores genéticos e de ordem foram próximas à unidade, entre os modelos, poder-se-ia, em grandes conjuntos de dados, optar por modelos mais simples sem comprometer o ganho genético real na população. Assim, sob condições de limitações computacionais, poder-se-iam utilizar o modelo 2, para conversão alimentar de machos e idade da porca no primeiro parto, e o modelo 3, para espessura de toucinho corrigida para 100 kg para fêmeas, em vez do modelo 4, já que, nessas situações, os valores da correlação de ordem encontrados foram superiores a 0,99.

Tabela 5 - Correlações amostrais entre os valores genéticos aditivos diretos estimados pelo modelo mais indicado e os estimados pelos demais modelos, para as características estudadas¹

Modelo	Características			
	CAM	IDAM	ETM	GPDM ²
	Modelo 4			
Modelo 1	0,94097	0,84065	0,97886	0,91172
Modelo 2	0,99275	0,97336	0,96537	0,97709
Modelo 3	0,86576	0,97598	0,97899	0,99497
	IDAF	ETF	GPDF	IPP
	Modelo 4			
Modelo 1	0,86908	0,97226	0,83568	0,95000
Modelo 2	0,96427	0,94410	0,94210	0,99580
Modelo 3	0,96603	0,99433	0,97828	0,96750
	NLN	NLNV	PLV	
	Modelo 1			
Modelo 2	0,97236	0,96216	0,99867	
Modelo 3	1,00000	1,00000	0,96642	
Modelo 4	0,99850	0,96214	0,96724	

¹ Conversão alimentar = CAM; idade para atingir 100 kg = IDAM; espessura de toucinho corrigida para 100 kg = ETM; ganho de peso médio diário = GPDM; para machos, idade para atingir 100 kg = IDAF; espessura de toucinho corrigida para 100 kg = ETF; ganho de peso médio diário = GPDF; para fêmeas, idade da porca no primeiro parto = IPP; número total de leitões nascidos = NLN; número de leitões nascidos vivos = NLNV; e peso da leitegada no nascimento = PLV.

² Para GPDM, os modelos mais indicados foram o 3 e o 4.

Tabela 6 - Correlações de ordem entre os valores genéticos aditivos diretos estimados pelo modelo mais indicado e os estimados pelos demais modelos, para as características estudadas¹

Modelo	Características			
	CAM	IDAM	ETM	GPDM ²
	Modelo 4			
Modelo 1	0,93703	0,83071	0,97504	0,90600
Modelo 2	0,99153	0,97083	0,96051	0,97585
Modelo 3	0,86646	0,97170	0,97505	0,99474
	IDAF	ETF	GPDF	IPP
	Modelo 4			
Modelo 1	0,85563	0,96782	0,82370	0,93173
Modelo 2	0,96104	0,93750	0,93906	0,99415
Modelo 3	0,96347	0,99349	0,97760	0,95402
	NLN	NLNV	PLV	
	Modelo 1			
Modelo 2	0,96844	0,95562	0,99850	
Modelo 3	1,00000	1,00000	0,96137	
Modelo 4	0,99831	0,95559	0,96244	

¹ Conversão alimentar = CAM; idade para atingir 100 kg = IDAM; espessura de toucinho corrigida para 100 kg = ETM; ganho de peso médio diário = GPDM; para machos, idade para atingir 100 kg = IDAF; espessura de toucinho corrigida para 100 kg = ETF; ganho de peso médio diário = GPDF; para fêmeas, idade da porca no primeiro parto = IPP; número total de leitões nascidos = NLN; número de leitões nascidos vivos = NLNV; e peso da leitegada no nascimento = PLV.

² Para GPDM, os modelos mais indicados foram o 3 e o 4.

4.2.3. Componentes de variância

As estimativas de variâncias genética aditiva direta ($\hat{\sigma}_d^2$) e materna ($\hat{\sigma}_m^2$), de covariância entre os efeitos genéticos direto e materno ($\hat{\sigma}_{dm}$), de variância de efeitos comuns de leitegada ($\hat{\sigma}_p^2$), de variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$) e de variância fenotípica ($\hat{\sigma}_r^2$), por característica e modelo, são apresentadas nas Tabelas 7, 8 e 9.

Nas características conversão alimentar para machos, idade para atingir 100 kg e ganho de peso médio diário (ambas para machos e fêmeas), em que a inclusão dos efeitos maternos e comuns de leitegada foi significativa, observou-se que a inclusão de outros efeitos aleatórios no modelo de avaliação genética, modelos 2, 3 e 4, causou redução nas estimativas de $\hat{\sigma}_d^2$. Esse resultado foi semelhante ao descrito por PIRES (1999), segundo o qual, à medida que foram sendo incluídos efeitos aleatórios no modelo mais simples, houve redução nos valores de $\hat{\sigma}_d^2$. As estimativas de $\hat{\sigma}_e^2$ apresentaram-se, em geral, superiores nos modelos mais parametrizados (modelos 2, 3 e 4), ao contrário do encontrado por PIRES (1999), que observou menores valores de $\hat{\sigma}_e^2$ nos modelos mais parametrizados.

As estimativas de $\hat{\sigma}_d^2$ para espessura de toucinho, corrigida para 100 kg, para machos e fêmeas, e para idade da porca no primeiro parto, características em que houve inclusão dos efeitos materno e comuns de leitegada, também foram significativas, apesar de apresentarem comportamento diferenciado. Com a inclusão do efeito comum de leitegada (modelo 3), observou-se redução nas estimativas de $\hat{\sigma}_d^2$, enquanto com inclusão do efeito materno (modelos 2 e 4) observou-se aumento nas estimativas de $\hat{\sigma}_d^2$.

Nas características número de leitões nascidos, total e vivos, e peso da leitegada, em que o modelo 1 foi o mais indicado, as estimativas de $\hat{\sigma}_d^2$ não apresentaram grandes variações, exceto pequenas reduções em alguns casos. Quanto às estimativas de $\hat{\sigma}_e^2$, não houve grandes alterações entre as estimativas, nos quatro diferentes modelos. Nesses casos, a não-inclusão de tais efeitos no modelo não trouxe variação que comprometesse as estimativas dos componentes

Tabela 7 - Estimativas de variâncias genéticas aditivas diretas ($\hat{\sigma}_d^2$) e materna ($\hat{\sigma}_m^2$), de covariância entre os efeitos genéticos direto e materno ($\hat{\sigma}_{dm}$), de variância devida aos efeitos comuns de leitegada ($\hat{\sigma}_p^2$), de variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$) e de variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$), para as características de desempenho dos machos

Modelo e Característica	$\hat{\sigma}_d^2$	$\hat{\sigma}_m^2$	$\hat{\sigma}_{dm}$	$\hat{\sigma}_p^2$	$\hat{\sigma}_e^2$	$\hat{\sigma}_f^2$
Conversão alimentar						
Modelo 1	0,01245	--	--	--	0,02047	0,03292
Modelo 2	0,00788	0,00342	-0,00168	--	0,02234	0,03196
Modelo 3	0,00595	--	--	0,00374	0,2147	0,03116
Modelo 4	0,00664	0,00138	-0,00154	0,00355	0,02111	0,03113
Idade para atingir 100 kg						
Modelo 1	49,54493	--	--	--	62,24808	111,79301
Modelo 2	18,20593	14,70798	-1,49748	--	75,40276	106,81919
Modelo 3	14,93852	--	--	19,86430	67,74908	102,55186
Modelo 4	12,88343	4,03331	-1,59249	18,27940	68,74346	102,34709
Espessura de toucinho corrigida para 100 kg						
Modelo 1	1,11357	--	--	--	1,18141	2,29498
Modelo 2	1,28594	0,15994	-0,24816	--	1,09388	2,29161
Modelo 3	0,86906	--	--	0,15706	1,20253	2,22865
Modelo 4	1,25299	0,12423	-0,28934	0,16639	1,01161	2,26589
Ganho de peso médio diário						
Modelo 1	3225,51917	--	--	--	5448,19759	8673,71676
Modelo 2	1414,22261	614,04329	122,22926	--	6235,11473	8385,60989
Modelo 3	1303,39112	--	--	1211,1300	5661,67081	8176,71301
Modelo 4	1061,58056	126,77345	27,04053	1154,1300	5780,98720	8150,51176

Tabela 8 - Estimativas de variâncias genéticas aditivas diretas ($\hat{\sigma}_d^2$) e materna ($\hat{\sigma}_m^2$), de covariância entre os efeitos genéticos direto e materno ($\hat{\sigma}_{dm}$), de variância devida aos efeitos comuns de leitegada ($\hat{\sigma}_p^2$), de variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$) e de variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$), para as características de desempenho das fêmeas

Modelos e Característica	$\hat{\sigma}_d^2$	$\hat{\sigma}_m^2$	$\hat{\sigma}_{dm}$	$\hat{\sigma}_p^2$	$\hat{\sigma}_e^2$	$\hat{\sigma}_f^2$
Idade para atingir 100 kg						
Modelo 1	78,34070	--	--	--	91,14095	169,48165
Modelo 2	41,54981	29,48236	-9,16152	--	103,36635	165,23700
Modelo 3	31,99244	--	--	29,24280	94,91035	156,14563
Modelo 4	30,87414	7,14110	-5,79081	27,62500	95,42704	155,30346
Espessura de toucinho corrigida para 100 kg						
Modelo 1	1,05311	--	--	--	1,50405	2,55716
Modelo 2	1,19182	0,11711	-0,18185	--	1,42628	2,55336
Modelo 3	0,87841	--	--	0,11023	1,51483	2,50347
Modelo 4	1,16864	0,05019	-0,18409	0,12097	1,37110	2,52682
Ganho de peso médio diário						
Modelo 1	1176,93916	--	--	--	1479,27011	2656,20927
Modelo 2	705,32778	487,31263	-182,38882	--	1610,94635	2621,19794
Modelo 3	520,50342	--	--	465,64900	1491,57240	2477,72499
Modelo 4	532,87127	122,41197	-109,37081	439,01400	1484,17249	2469,09941

Tabela 9 - Estimativas de variâncias genéticas aditivas direta ($\hat{\sigma}_d^2$) e materna ($\hat{\sigma}_m^2$), de covariância entre os efeitos genéticos direto e materno ($\hat{\sigma}_{dm}$), de variância devido aos efeitos comuns de leitegada ($\hat{\sigma}_p^2$), de variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$) e de variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$), para as características reprodutivas

Modelo e Característica	$\hat{\sigma}_d^2$	$\hat{\sigma}_m^2$	$\hat{\sigma}_{dm}$	$\hat{\sigma}_p^2$	$\hat{\sigma}_e^2$	$\hat{\sigma}_f^2$
Idade da porca no primeiro parto						
Modelo 1	69,03275	--	--	--	243,28380	312,31655
Modelo 2	111,89611	39,99486	-41,99382	--	206,38653	316,28369
Modelo 3	58,14414	--	--	40,46870	213,59294	312,20582
Modelo 4	107,49838	22,38039	-35,11363	35,51110	185,58054	315,85678
Número total de leitões nascidos						
Modelo 1	2,30751	--	--	--	8,06328	10,37078
Modelo 2	2,11845	0,01268	0,16105	--	8,06714	10,35932
Modelo 3	2,30759	--	--	0,00000	8,06225	10,36985
Modelo 4	2,11879	0,16152	0,01301	0,00000	8,06706	10,36039
Número de leitões nascidos vivos						
Modelo 1	1,93971	--	--	--	8,22384	10,16355
Modelo 2	1,65386	0,02345	0,19693	--	8,29478	10,16902
Modelo 3	1,93933	--	--	0,00000	8,22339	10,16272
Modelo 4	1,65351	0,02374	0,19811	0,00000	8,29278	10,16814
Peso da leitegada no nascimento						
Modelo 1	2,81916	--	--	--	13,29423	16,11339
Modelo 2	3,15512	0,01962	-0,24880	--	13,20062	16,12656
Modelo 3	2,82182	--	--	0,00000	13,29334	16,11517
Modelo 4	2,96741	0,00448	-0,11524	0,00000	13,25378	16,11043

de variância, o que condiz com os resultados obtidos pelo teste da razão de verossimilhança.

As estimativas de $\hat{\sigma}_{dm}$ tenderam a apresentar valores negativos, com exceção do ganho de peso médio diário para machos e número de leitões nascidos, total e vivos. Relatos de estimativas de covariância negativas entre os efeitos diretos e maternos, para características de desempenho e reprodutivas em suínos, são extensos na literatura, destacando-se os trabalhos de IRGANG et al. (1985), PIRES (2000) e SOUTHWOOD e KENNEDY (1990), para características reprodutivas, e de BRYNER et al. (1992), para características de desempenho.

4.2.4. Herdabilidades e correlações

Estimativas de herdabilidades para efeitos genéticos aditivos direto (\hat{h}_d^2) e materno (\hat{h}_m^2), de correlações entre os efeitos aditivos direto e materno (r_{dm}), de herdabilidade total (\hat{h}_T^2), de proporção atribuída aos efeitos comuns de leitegada (\hat{c}^2), e de respectivos erros-padrão (EP), nas características estudadas, por modelo, são apresentadas nas Tabelas 10, 11 e 12.

O valor de \hat{h}_d^2 para conversão alimentar (CAM), pelo modelo 1 (0,38), foi semelhante ao detectado por TORRES JÚNIOR (1996), que encontrou estimativas de 0,34 e 0,40 para duas diferentes linhas de suínos. Entretanto, o valor obtido, pelo modelo 4 (0,21), foi bastante inferior ao daquele autor.

Os valores de \hat{h}_d^2 para idade para atingir 100 kg, tanto para machos (IDAM), 0,44, como para fêmeas (IDAF), 0,46, pelo modelo 1, foram semelhantes aos encontrados por PITA (2000), que utilizou modelo que incluía apenas o efeito direto (0,44 e 0,46). Os valores para IDAM (0,13) e para IDAF (0,20), pelo modelo 4, foram inferiores aos de PITA (2000), que utilizou o modelo mais parametrizado (0,24, 0,25 e 0,27).

Tabela 10 - Herdabilidades para efeitos genéticos aditivos direto (\hat{h}_d^2) e materno (\hat{h}_m^2), correlações entre efeitos aditivos direto e materno (r_{dm}), herdabilidade total (\hat{h}_T^2), proporção atribuída aos efeitos comuns de leitegada (\hat{c}^2) e estimativas dos respectivos erros-padrão (EP), para as características de desempenho dos machos

Modelo e Característica	$\hat{h}_d^2 \pm EP$	$\hat{h}_m^2 \pm EP$	$r_{dm} \pm EP$	\hat{h}_T^2	$\hat{c}^2 \pm EP$
Conversão alimentar					
Modelo 1	0,38 ± 0,035	--	--	0,38	--
Modelo 2	0,25 ± 0,045	0,11 ± 0,029	-0,32 ± 0,245	0,22	--
Modelo 3	0,19 ± 0,031	--	--	0,19	0,12 ± 0,014
Modelo 4*	0,21 ± 0,043	0,04 ± 0,021	-0,51 ± 0,389	0,16	0,11 ± 0,015
Idade para atingir 100 kg					
Modelo 1	0,44 ± 0,038	--	--	0,44	--
Modelo 2	0,17 ± 0,035	0,14 ± 0,030	-0,09 ± 0,204	0,22	--
Modelo 3	0,15 ± 0,029	--	--	0,15	0,19 ± 0,015
Modelo 4*	0,13 ± 0,032	0,04 ± 0,020	-0,22 ± 0,357	0,12	0,18 ± 0,016
Espessura de toucinho corrigida para 100 kg					
Modelo 1	0,49 ± 0,036	--	--	0,49	--
Modelo 2	0,56 ± 0,068	0,07 ± 0,026	-0,55 ± 0,291	0,43	--
Modelo 3	0,39 ± 0,038	--	--	0,39	0,07 ± 0,013
Modelo 4*	0,55 ± 0,072	0,05 ± 0,023	-0,73 ± 0,380	0,39	0,07 ± 0,013
GPDM					
Ganho de peso médio diário					
Modelo 1	0,37 ± 0,036	--	--	0,37	--
Modelo 2	0,17 ± 0,034	0,07 ± 0,023	0,13 ± 0,186	0,23	--
Modelo 3*	0,16 ± 0,029	--	--	0,16	0,15 ± 0,015
Modelo 4*	0,13 ± 0,032	0,02 ± 0,016	0,07 ± 0,362	0,14	0,14 ± 0,015

* Modelo indicado pelo teste da razão de verossimilhança.

Tabela 11 - Herdabilidades para efeitos genéticos aditivos direto (\hat{h}_d^2) e materno (\hat{h}_m^2), correlações entre efeitos aditivos direto e materno (r_{dm}), herdabilidade total (\hat{h}_T^2), proporção atribuída aos efeitos comuns de leitegada (\hat{c}^2) e estimativas dos respectivos erros-padrão (EP), para as características de desempenho das fêmeas

Modelo e Característica	$\hat{h}_d^2 \pm EP$	$\hat{h}_m^2 \pm EP$	$r_{dm} \pm EP$	\hat{h}_T^2	$\hat{c}^2 \pm EP$
Idade para atingir 100 kg					
Modelo 1	0,46 ± 0,028	--	--	0,46	--
Modelo 2	0,25 ± 0,040	0,18 ± 0,025	-0,26 ± 0,160	0,26	--
Modelo 3	0,20 ± 0,028	--	--	0,20	0,19 ± 0,012
Modelo 4*	0,20 ± 0,038	0,05 ± 0,018	-0,39 ± 0,310	0,17	0,18 ± 0,013
Espessura de toucinho corrigida para 100 kg					
Modelo 1	0,41 ± 0,027	--	--	0,41	--
Modelo 2	0,47 ± 0,053	0,05 ± 0,016	-0,49 ± 0,274	0,38	--
Modelo 3	0,35 ± 0,029	--	--	0,35	0,04 ± 0,008
Modelo 4*	0,46 ± 0,053	0,02 ± 0,013	-0,76 ± 0,500	0,36	0,05 ± 0,009
Ganho de peso médio diário					
Modelo 1	0,44 ± 0,027	--	--	0,44	--
Modelo 2	0,27 ± 0,042	0,19 ± 0,025	-0,31 ± 0,163	0,26	--
Modelo 3	0,21 ± 0,028	--	--	0,21	0,19 ± 0,012
Modelo 4*	0,22 ± 0,041	0,05 ± 0,019	-0,43 ± 0,311	0,17	0,18 ± 0,013

* Modelo indicado pelo teste da razão de verossimilhança.

Tabela 12 - Herdabilidades para efeitos genéticos aditivos direto (\hat{h}_d^2) e materno (\hat{h}_m^2), correlações entre efeitos aditivos direto e materno (r_{dm}), herdabilidade total (\hat{h}_T^2), proporção atribuída aos efeitos comuns de leitegada (\hat{c}^2) e estimativas dos respectivos erros-padrão (EP), para as características reprodutivas

Modelo e Característica	$\hat{h}_d^2 \pm EP$	$\hat{h}_m^2 \pm EP$	$r_{dm} \pm EP$	\hat{h}_T^2	$\hat{c}^2 \pm EP$
Idade da porca no primeiro parto					
Modelo 1	0,22 ± 0,042	--	--	0,22	--
Modelo 2	0,35 ± 0,084	0,13 ± 0,047	-0,63 ± 0,404	0,22	--
Modelo 3	0,19 ± 0,043	--	--	0,19	0,13 ± 0,039
Modelo 4*	0,34 ± 0,086	0,07 ± 0,046	-0,72 ± 0,589	0,21	0,11 ± 0,042
Número total de leitões nascidos					
Modelo 1*	0,22 ± 0,022	--	--	0,22	--
Modelo 2	0,20 ± 0,031	0,02 ± 0,018	0,02 ± 0,324	0,23	--
Modelo 3	0,22 ± 0,027	--	--	0,22	0,00 ± 0,018
Modelo 4	0,20 ± 0,035	0,02 ± 0,021	0,02 ± 0,345	0,21	0,00 ± 0,021
Número de leitões nascidos vivos					
Modelo 1*	0,19 ± 0,022	--	--	0,19	--
Modelo 2	0,16 ± 0,029	0,00 ± 0,016	1,00 ± 3,262	0,19	--
Modelo 3	0,19 ± 0,026	--	--	0,19	0,00 ± 0,018
Modelo 4	0,16 ± 0,032	0,00 ± 0,19	1,00 ± 3,687	0,19	0,00 ± 0,020
Peso da leitegada no nascimento					
Modelo 1*	0,17 ± 0,21	--	--	0,17	--
Modelo 2	0,20 ± 0,030	0,00 ± 0,018	-1,00 ± 8,122	0,17	--
Modelo 3	0,18 ± 0,025	--	--	0,18	0,00 ± 0,017
Modelo 4	0,18 ± 0,033	0,00 ± 0,021	-1,00 ± ***	0,17	0,00 ± 0,020

* Modelo indicado pelo teste da razão de verossimilhança.

TORRES JÚNIOR (1996), ao trabalhar com modelo que incluía o efeito permanente de meio, também encontrou valores nessa faixa (0,22 e 0,27).

Os valores de \hat{h}_d^2 para espessura de toucinho corrigida para 100 kg, pelo modelo 4, foram superiores aos encontrados por meio do modelo 1. As estimativas de 0,55 para machos e de 0,46 para fêmeas, pelo modelo 4, foram inferiores às encontradas por LOPES (1994), 0,60, e superiores, em geral, às observadas por TORRES JÚNIOR (1996), 0,34 e 0,37, e por COSTA (1999), 0,34; 0,43 e 0,50.

Os valores de \hat{h}_d^2 para ganho de peso médio diário para machos foi bastante inferior ao encontrado para fêmeas, tanto por meio do modelo 1 quanto pelo modelo 4. Vale lembrar que o ganho de peso médio diário dos machos foi controlado a partir do início do teste (12 semanas de idade) e em baias individuais, e o das fêmeas, desde o nascimento e em baias coletivas. Os valores de 0,13, para machos, e de 0,22, para fêmeas, pelo modelo 4, foram inferiores aos encontrados por COSTA (1999), de 0,39 e 0,30, e por PITA (2000), de 0,32 e 0,33.

Observou-se que, para as características conversão alimentar, idade para atingir 100 kg e ganho de peso médio diário, as estimativas de herdabilidade, obtidas pelo modelo 4, foram menores que as do modelo 1. Resultado semelhante foi obtido por PITA (2000), que, ao trabalhar com ganho de peso médio diário; idade ao final do teste, padronizada para 95 kg; e número de dias de permanência no teste, padronizada para 95 kg, encontrou estimativas de herdabilidade, pelo modelo mais parametrizado, inferiores às encontradas por meio de modelos mais simples.

Os valores de \hat{h}_d^2 para idade da porca no primeiro parto, pelo modelo 4, foram superiores aos encontrados por meio do modelo 1. O valor de 0,34 indica variabilidade passível de seleção massal para a característica. Não foram encontradas, na literatura, estimativas que pudessem ser comparadas, embora IRGANG (1985) tenha encontrado, para idade da fêmea na primeira concepção e na primeira cobertura, estimativas de herdabilidade de 0,47 e 0,48, respectivamente.

Para as características de leitegada, as estimativas de herdabilidade, pelo modelo 1, foram semelhantes às obtidas por meio dos demais modelos.

Os valores de \hat{h}_d^2 para número total de leitões nascidos, número de leitões nascidos vivos e peso da leitegada, pelo modelo 1, foram de 0,22, 0,19 e 0,17, respectivamente, valores elevados para características reprodutivas, apesar de estarem na faixa de estimativas que consta na literatura. UPNOMOOR (1984) encontrou estimativas de 0,17 e 0,11 para tamanho e peso da leitegada no nascimento, respectivamente, enquanto ALVES (1986), de 0 a 0,23 e de 0 a 0,24 para tamanho e peso da leitegada no nascimento, respectivamente (ambos os autores utilizaram o método da correlação intraclasse de meio-irmãos paternos). PIRES (1999) encontrou valores na faixa de 0,06 a 0,23 e 0,04 a 0,30 para tamanho e peso da leitegada no nascimento, respectivamente, e BARBOSA (1988), de 0,11 para peso da leitegada no nascimento.

As estimativas de \hat{h}_m^2 , para as características em que a inclusão do efeito não foi significativa, de forma geral, foram iguais a zero e, para as características em que a inclusão do efeito materno mostrou-se significativa no modelo, foram relativamente baixas. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por PITA (2000), que, pelo modelo mais parametrizado, encontrou valores de \hat{h}_m^2 que variavam de 0,00 a 0,04 para características de desempenho.

Com exceção do ganho de peso médio diário para machos, as estimativas de r_{dm} foram negativas e tiveram magnitudes variadas. Foram encontrados valores de -0,51; -0,22; -0,73; e 0,07 para conversão alimentar, idade para atingir 100 kg, espessura de toucinho corrigida para 100 kg e ganho de peso médio diário para machos, respectivamente; e de -0,39; -0,76; -0,43; e -0,72 para idade para atingir 100 kg, espessura de toucinho corrigida, ganho de peso médio diário e idade da porca no primeiro parto para fêmeas, respectivamente. PITA (2000) encontrou estimativas de -0,26 e -0,45 para ganho de peso médio diário, para suínos da raça Landrace e Large White, respectivamente, e BRYNER et al. (1992), de -0,51 e -0,23 para espessura de toucinho e ganho de peso médio diário.

AHLSCHWEDE e ROBISON (1971) salientaram que os valores negativos encontrados na correlação genética entre efeitos direto e materno para

peso e ganho de peso de suínos, a partir da quarta semana de idade, podem ser explicados pelo fato de os leitões, filhos de mães com baixa produção de leite, tenderem a ingerir ração precocemente, razão por que são favorecidos pelo ganho de peso pós-desmama.

Segundo GERSTMAYER (1992), citado por PITA (2000), quando o efeito genético materno é considerado no modelo, a propriedade estrutural do conjunto de dados, que possui importância para estimação desse efeito, é o número de progênies por matriz. De acordo com esse autor, a estimativa da correlação entre efeitos direto e materno, por sua vez, seria determinada pelo tamanho da progênie de cada matriz, bem como pelo número de matrizes com registro de desempenho próprio existente no conjunto de dados. No entanto, quando nenhuma matriz possui registro de desempenho próprio no conjunto de dados analisados, a correlação é estimada apenas pelo parentesco entre os indivíduos avaliados.

VAN VLECK et al. (1977), ao estudarem a resposta fenotípica esperada para gado de corte, com seleção para efeitos genético direto e materno, destacaram que se deve avaliar a magnitude da correlação genética entre esses dois efeitos, uma vez que, se esta correlação for negativa e de grande magnitude, o progresso total será baixo. Entretanto, na literatura, há relatos de que o sinal negativo e as altas magnitudes dessa correlação possam ser atribuídos a outros fatores. ROBINSON (1996), ao examinar as correlações entre valores genéticos estimados pelos modelos alternativos, sugeriu que estimativas negativas e altas da correlação entre efeitos genéticos diretos e maternos podem ser, provavelmente, consequência da variação adicional entre reprodutores ou da interação reprodutor-ano. PITA (2000) relatou que as estimativas negativas e de média e alta magnitudes, observadas para r_{dm} em características de desempenho de suínos, podem estar relacionadas com o tamanho do conjunto de dados, com a sua estrutura e com a magnitude dos efeitos aditivos direto e materno.

Os valores de \hat{c}^2 para conversão alimentar, idade para atingir 100 kg, espessura de toucinho corrigida para 100 kg e ganho de peso médio diário foram de 0,11; 0,18; 0,07 e 0,14, respectivamente, para machos, e de \hat{c}^2 para idade para atingir 100 kg, espessura de toucinho corrigida para 100 kg, ganho de peso médio

diário, para fêmeas, e idade da porca no primeiro parto foram de 0,18; 0,05; 0,18 e 0,11, respectivamente. TORRES JÚNIOR (1996) encontrou estimativas de 0,06 e 0,09 para conversão alimentar; de 0,14 e 0,16 para idade aos 100 kg; e de 0,06 e 0,08 para espessura de toucinho. COSTA (1999) encontrou valores de \hat{c}^2 de 0,09; 0,05; e 0,08, para espessura de toucinho, e de 0,11; 0,05 e 0,16, para ganho de peso diário. Observa-se, assim, que os valores encontrados neste trabalho estão de acordo com os da literatura.

Nas características de leitegada, em que a inclusão do efeito de \hat{c}^2 não foi significativa, esses valores foram nulos, pelos modelos 3 e 4.

4.3. Análise conjunta de duas características

4.3.1 Estimativas de (co)variâncias, herdabilidades e correlações genéticas

As estimativas de (co)variâncias, obtidas pela análise que envolveu duas características simultaneamente, são apresentadas nas Tabelas 13, 14, 15, 16 e 17. As estimativas de correlações genéticas aditivas diretas, obtidas das características em estudo, encontram-se nas Tabelas 18, 19, 20 e 21.

As discussões dos parâmetros genéticos foram realizadas com base nas herdabilidades, nas correlações e nos coeficientes c^2 , uma vez que estimativas de variâncias e covariâncias não são comuns na literatura e são influenciadas pela medida adotada.

A análise das características idade para atingir 100 kg (IDAF) e ganho de peso médio diário (GPDF), para fêmeas, não atendeu ao critério de convergência adotado, provavelmente em razão de a IDAF ser o denominador da equação para obtenção do GPDF.

Tabela 13 - Estimativas de variâncias genéticas aditivas direta ($\hat{\sigma}_d^2$) e materna ($\hat{\sigma}_m^2$), de covariância entre efeitos genéticos direto e materno ($\hat{\sigma}_{dm}$), de variância devido aos efeitos comuns de leitegada ($\hat{\sigma}_p^2$), de variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$), de variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$), e de

covariâncias diretas ($\hat{\sigma}_{d_{1,2}}$), efeitos comuns de leitegada ($\hat{\sigma}_{p_{1,2}}$), residuais ($\hat{\sigma}_{e_{1,2}}$) e fenotípicos ($\hat{\sigma}_{f_{1,2}}$), para as características de desempenho dos machos, em análise bicaracterística^{1,2}

Característica	$\hat{\sigma}_d^2$	$\hat{\sigma}_{d_{1,2}}$	$\hat{\sigma}_m^2$	$\hat{\sigma}_{dm}$	$\hat{\sigma}_p^2$	$\hat{\sigma}_{p_{1,2}}$	$\hat{\sigma}$
Conversão alimentar (CAM)							
Unicaract. ³	0,00664	-	0,00138	-0,00154	0,00355	-	0,0
IDAM	0,00648	-0,06914	0,00107	-0,00102	0,00351	0,12095	0,0
ETM	0,00583	0,03410	0,00109	-0,00063	0,00338	0,00369	0,0
GPDM	0,00630	-0,27115	0,00140	-0,00133	0,00348	-1,18168	0,0
Idade para atingir 100 kg (IDAM)							
Unicaract.	12,88343		4,03331	-1,59249	18,27940		68,74
CAM	14,12857	-0,06914	3,72909	-1,73115	18,28900	0,12095	68,74
ETM	12,63048	-1,20204	4,36925	-2,16974	18,50670	0,49435	68,74
GPDM	15,45149	-123,65708	0,97344	-0,52899	19,36140	-101,31800	67,4
Espessura de toucinho corrigida para 100 kg (ETM)							
Unicaract.	1,25299		0,12423	-0,28934	0,166393		1,01
CAM	1,08083	0,03410	0,09463	-0,19190	0,15695	0,00369	1,01
IDAM	1,22918	-1,20204	0,12334	-0,29396	0,17360	0,49435	1,01
GPDM	1,22850	2,40097	0,12519	-0,28717	0,16800	-0,99837	1,01
Ganho de peso médio diário (GPDM)							
Unicaract.	1061,58056		126,77345	27,04053	1154,1300		5780,9
CAM	1064,94379	-0,27115	111,53130	47,49972	1154,0200	-1,18168	5778,2
IDAM	1324,86634	-123,65708	-4,94564	0,07728	1209,9100	-101,31800	5650,0
ETM	1032,94263	2,40097	130,50385	18,53768	1163,8500	-0,99837	5794,8

¹ Estimativas de variâncias obtidas da característica da linha, em análise bicaracterística, com a característica da coluna; ² $\hat{\sigma}_{f_{1,2}}$ os subitens 1 e 2 referem-se à característica da linha e a da coluna, respectivamente; ³Unicaract. = Estimativas obtidas de análise de característica única.

Tabela 14 - Estimativas de variâncias genéticas aditivas direta ($\hat{\sigma}_d^2$) e materna ($\hat{\sigma}_m^2$), de covariância entre os efeitos genéticos direto e materno ($\hat{\sigma}_{dm}$), de variância devido aos efeitos comuns de leitegada ($\hat{\sigma}_p^2$), de variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$), de variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$), e de covariâncias diretas ($\hat{\sigma}_{d_{1,2}}$), efeitos comuns de leitegada ($\hat{\sigma}_{p_{1,2}}$), residuais ($\hat{\sigma}_{e_{1,2}}$) e fenotípicos ($\hat{\sigma}_{f_{1,2}}$), para as características da fêmea, em análise bicaracterística^{1,2}

Característica	$\hat{\sigma}_d^2$	$\hat{\sigma}_{d_{1,2}}$	$\hat{\sigma}_m^2$	$\hat{\sigma}_{dm}$	$\hat{\sigma}_p^2$	$\hat{\sigma}_{p_{1,2}}$	$\hat{\sigma}$
Idade para atingir 100 kg (IDAF)							
Unicaract. ³	30,87414	-	7,14110	-5,79081	27,6250	-	95,4
ETF	30,33519	-0,78748	7,45048	-6,79599	28,15580	0,60744	95,4
Espessura corrigida para 100 kg (ETF)							

Unicaract.	1,16864	-	0,05019	-0,18409	0,12097	-	1,37
IDAF	1,14746	-0,78478	0,05127	-0,19123	0,12987	0,60744	1,37
GPDF	1,15034	2,55039	0,05107	-0,19054	0,128937	-2,21894	1,37
Ganho de peso médio diário (GPDF)							
Unicaract.	532,87127	-	122,41197	-109,37081	439,01400	-	1484,17
ETF	526,72961	2,55039	124,65297	-122,01225	446,04400	-2,21894	1487,17
Idade da porca no primeiro parto (IPP)							
Unicaract.	107,49838	-	22,38039	-35,11363	35,51110	-	185,51
NLN ⁴	110,12366	-3,02342	21,41653	-34,82628	37,20750	-	182,51
NLNV ⁴	110,34332	-2,77052	21,08243	-34,74341	37,04020	-	183,51
PLV ⁴	107,28717	-1,32123	20,94614	-34,40387	36,61320	-	185,51

¹ Estimativas de variâncias obtidas da característica da linha, em análise bicaracterística, com a característica da coluna. ² $\hat{\sigma}_{f_{1,2}}$ os subitens 1 e 2 referem-se à característica da linha e a da coluna, respectivamente. ³ Unicaract. = Estimativas obtidas de análise de característica única. ⁴ Número total de leitões nascidos = NLN; nascidos vivos = NLNV; e peso da leitegada no nascimento = PLV.

Tabela 16 - Estimativas de variâncias genéticas aditivas direta ($\hat{\sigma}_d^2$) e materna ($\hat{\sigma}_m^2$), de covariância entre os efeitos genéticos direto e materno ($\hat{\sigma}_{dm}$), de variância devido aos efeitos comuns de leitegada ($\hat{\sigma}_p^2$), de variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$), de variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$), e de covariâncias diretas ($\hat{\sigma}_{d_{1,2}}$), comuns de leitegada ($\hat{\sigma}_{p_{1,2}}$), residuais ($\hat{\sigma}_{e_{1,2}}$) e fenotípicas ($\hat{\sigma}_{f_{1,2}}$), para características da fêmea, em análise bicaracterística, do arquivo de desempenho e reprodutivo^{1,2}

Característica	$\hat{\sigma}_d^2$	$\hat{\sigma}_{d_{1,2}}$	$\hat{\sigma}_m^2$	$\hat{\sigma}_{dm}$	$\hat{\sigma}_p^2$	$\hat{\sigma}_{p_{1,2}}$	$\hat{\sigma}$
Idade para atingir 100 kg (IDAF)							
IPP ³	17,19067	8,66092	0,33677	0,77333	9,95069	6,67811	29,57
NLN ³	20,81943	2,23787	0,01576	0,50439	10,02270		27,57
NLNV ³	20,65067	1,84785	0,01287	0,47275	9,96139		27,57
PLV ³	20,54342	-1,33217	0,00172	0,16699	10,21530		27,57
Espessura corrigida para 100 kg (ETF)							
IPP	0,07377	0,01062	0,00294	-0,01472	0,14999	0,00033	0,37
NLN	0,09027	-0,10686	0,00537	-0,02064	0,14987		0,37
NLNV	0,08788	-0,09677	0,00467	-0,01918	0,14972		0,37
PLV	0,07979	-0,9758	0,00311	-0,01537	0,14662		0,37
Ganho de peso médio diário (GPDF)							
IPP	224,64177	-13,88210	12,23294	43,17906	185,16700	-35,44060	774,57
NLN	435,67473	-9,47334	2,01184	26,59360	193,31800		587,57
NLNV	435,83163	-7,89543	1,63308	25,17750	192,87400		588,57
PLV	431,06806	6,19233	1,17706	22,10987	196,84500		590,57
Idade da porca no primeiro parto (IPP)							
IDAF	10,24534	8,66092	9,51148	7,15286	13,81080	6,67811	128,57
ETF	8,00539	0,01062	5,51761	6,12009	17,78710	0,00335	130,57
GPDF	7,22979	-13,88210	6,59655	5,48561	15,49690	-35,44060	131,57

¹Estimativas de variâncias obtidas da característica da linha, em análise bicaracterística, com a característica da coluna.

² $\hat{\sigma}_{f_{1,2}}$ os subitens 1 e 2 referem-se à característica da linha e a da coluna, respectivamente.

³ Número total de leitões nascidos = NLN; nascidos vivos = NLNV; e peso da leitegada no nascimento = PLV.

Tabela 15 - Estimativas de variâncias genéticas aditivas diretas ($\hat{\sigma}_d^2$), de variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$), de variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$), e de covariâncias diretas ($\hat{\sigma}_{d1,2}$), residuais ($\hat{\sigma}_{e1,2}$) e fenotípicas ($\hat{\sigma}_{f1,2}$), para as características reprodutivas, em análise bicaracterística ^{1,2}

Característica	$\hat{\sigma}_d^2$	$\hat{\sigma}_{d1,2}$	$\hat{\sigma}_e^2$	$\hat{\sigma}_{e1,2}$	$\hat{\sigma}_f^2$	$\hat{\sigma}_{f1,2}$
Número total de leitões nascidos (NLN)						
Unicaract. ³	2,30751	-	8,06328	-	10,37078	-
IPP ⁴	2,31005	-3,02342	8,06251	4,90563	10,37256	1,88221
NLNV	2,33108	2,15921	8,04117	7,62849	10,37224	9,78770
PLV	2,29484	2,00699	8,07026	8,20650	10,36509	10,21349
Número de leitões nascidos vivos (NLNV)						
Unicaract.	1,93971	-	8,22384	-	10,16355	-
IPP	1,94381	-2,77052	8,22318	4,34924	10,16699	1,57872
NLN	2,01588	2,15921	8,17730	7,62849	10,19319	9,78770
PLV	1,91845	1,76301	8,23711	9,15789	10,15556	10,92090
Peso da leitegada no nascimento (PLV)						
Unicaract.	2,81916	-	13,29423	-	16,11339	-
IPP	2,80324	-1,32123	13,30482	5,24337	16,10806	3,92214
NLN	2,86059	2,00699	13,27179	8,20650	16,13238	10,21349
NLNV	2,79339	1,76301	13,31028	9,15789	16,10367	10,92090

¹ Estimativas de variâncias obtidas de característica da linha, em análise bicaracterística, com a característica da coluna.

² $\hat{\sigma}_{f1,2}$ os subitens 1 e 2 referem-se à característica da linha e a da coluna, respectivamente.

³ Unicaract. = Estimativas obtidas de análise de característica única.

⁴ Idade da porca no primeiro parto = IPP.

Tabela 17 - Estimativas de variâncias genéticas aditivas diretas ($\hat{\sigma}_d^2$), de variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$), de variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$) e de covariâncias diretas ($\hat{\sigma}_{d_{1,2}}$), residuais ($\hat{\sigma}_{e_{1,2}}$) e fenotípicas ($\hat{\sigma}_{f_{1,2}}$), para as características das fêmeas em análise bicaracterística, do arquivo de desempenho e reprodutivo^{1,2}

Característica	$\hat{\sigma}_d^2$	$\hat{\sigma}_{d_{1,2}}$	$\hat{\sigma}_e^2$	$\hat{\sigma}_{e_{1,2}}$	$\hat{\sigma}_f^2$	$\hat{\sigma}_{f_{1,2}}$
Número total de leitões nascidos						
IDAF ³	1,09188	2,23787	8,38999	-2,49352	9,48187	-0,25566
ETF ³	1,04000	-0,10686	8,43546	0,17044	9,47546	0,06358
GPDF ³	1,06653	-9,47334	8,41164	10,81281	9,47817	1,33947
Número de leitões nascidos vivos						
IDAF	1,07272	1,84785	8,24823	-1,92991	9,32095	-0,08206
ETF	1,03742	-0,09677	8,27696	0,18468	9,31439	0,08792
GPDF	1,05308	-7,89543	8,26312	8,41438	9,31620	0,51895
Peso da leitegada ao nascimento						
IDAF	2,45927	-1,33217	11,41139	0,20997	13,87066	-1,12221
ETF	2,49395	-0,09758	11,37118	0,26732	13,86513	0,16975
GPDF	2,45038	6,19233	11,41833	-0,98642	13,86871	5,20592

¹ Estimativas de variâncias obtidas de característica da linha, em análise bicaracterística, com a característica da coluna.

² $\hat{\sigma}_{f_{1,2}}$ os subíndices 1 e 2 referem-se à característica da linha e a da coluna, respectivamente.

³ Idade para atingir 100 kg = IDAF; espessura de toucinho corrigida para 100 kg = ETF; ganho de peso médio diário = GPDF.

Tabela 18 - Estimativas de correlações genéticas aditivas diretas, obtidas de características de desempenho dos machos, em análise bicaracterística

Características	Correlações Genéticas			
	CAM	IDAM	ETM	GPDM
Conversão alimentar (CAM)	1	-0,23	0,43	-0,10
Idade para atingir 100 kg (IDAM)		1	-0,31	-0,86
Espessura corrigida para 100 kg (ETM)			1	0,07
Ganho de peso diário médio (GPDM)				1

Tabela 19 - Estimativas de correlações genéticas aditivas diretas, obtidas de características de desempenho das fêmeas, em análise bicaracterística

Características	Correlações Genéticas		
	IDAF	ETF	GPDF
Idade para atingir 100 kg (IDAF)	1	-0,13	*
Espessura corrigida para 100 kg (ETF)		1	-0,02
Ganho de peso diário médio (GPDF)			1

* A análise dessas duas características não atendeu aos critérios de convergência adotados.

A correlação obtida entre conversão alimentar e idade para atingir 100 kg indica relação desfavorável entre essas características, ou seja, os conjuntos gênicos que promovem aumento na idade no abate provocam também redução na conversão alimentar. Contudo, a magnitude dessa correlação é considerada baixa. ROSO et al. (1995), SILVA et al. (1992) e TORRES JÚNIOR (1996) encontraram correlações negativas entre essas duas características, tendo o último autor destacado que, apesar de a correlação ser negativa, a sua baixa magnitude não inviabiliza a obtenção de progresso em ambas as características.

O valor positivo encontrado na associação entre conversão alimentar e espessura de toucinho corrigida para 100 kg condiz com os valores apresentados por ROSO et al. (1995), SILVA et al. (1992) e TORRES JÚNIOR (1996), sendo a magnitude do valor encontrado neste trabalho inferior às constatadas pelos autores citados. Tendo em vista que o interesse é a obtenção de animais com menores conversão alimentar e espessura de toucinho, a correlação genética

positiva obtida é favorável à seleção. Apesar de a magnitude de 0,43 ser moderada, a seleção de apenas uma das características pode não ser recomendável, dada a importância econômica das duas características, visto que a resposta obtida da seleção indireta para conversão alimentar, conforme feito freqüentemente, seria menor do que a obtida pela seleção direta.

A associação genética negativa encontrada entre conversão alimentar e ganho de peso médio diário é favorável à seleção, pois no melhoramento genético de suínos objetivam-se menores conversões alimentares e maiores ganho de peso, apesar de esta correlação apresentar baixa magnitude (-0,10).

Um aspecto importante da conversão alimentar, o qual deve ser considerado, é o manejo da alimentação durante o teste de desempenho, se a alimentação for restrita ou fornecida à vontade. Mcphee et al. (1988), citados por LOPES et al. (1998), ressaltaram que, quando se muda da alimentação restrita para a “à vontade”, tanto os ganhos genéticos quanto os parâmetros genéticos da população devem ser avaliados.

O manejo adotado para a linha em estudo foi o da alimentação à vontade. Segundo Mcphee et al. (1988), citados por LOPES et al. (1998), no manejo com alimentação à vontade, as correlações entre ganho de peso diário e conversão alimentar são mais fracas, em relação à obtida da alimentação restrita, enquanto as correlações entre ganho de peso diário e conteúdo de carne na carcaça são negativas, ou seja, animais com mais rápido crescimento têm mais baixo conteúdo de carne na carcaça. De acordo com Feeding (1987), citado por LOPES et al. (1998), um sistema de testagem com alimentação à vontade e seleção, tendo ganho de peso diário, conversão alimentar e conteúdo de carne na carcaça com pesos iguais, resultaria em suínos com apetite auto-restrito.

A estimativa negativa da correlação genética entre idade para atingir 100 kg e espessura de toucinho corrigida, tanto para machos como para fêmeas, condiz com os resultados obtidos por LI e KENNEDY (1994), SILVA et al. (1992) e TORRES JÚNIOR (1996), sendo diferente das obtidas por ROSO et al. (1995). Esta associação é desfavorável à seleção, uma vez que animais que apresentam menores idades aos 100 kg tendem a apresentar maiores espessuras de toucinho.

A alta e negativa correlação genética entre idade para atingir 100 kg e ganho de peso médio diário, em machos, confirma o esperado, uma vez que o denominador do cálculo do ganho de peso médio, para machos, é uma fração da idade do animal. O valor negativo dessa associação indica que animais que apresentam menores idades aos 100 kg têm maiores ganhos de peso diários. A magnitude dessa associação indica que a avaliação de apenas uma dessas características seria suficiente, pois o ganho, mediante seleção indireta, seria considerável.

A correlação genética entre espessura de toucinho e ganho de peso médio diário foi próxima a zero, tanto para machos quanto para fêmeas. COSTA (1999) também encontrou valores próximos a zero, enquanto valores positivos foram encontrados por BERESKIN (1987) e LO et al. (1992). O valor de associação encontrado entre essas duas características não condiz com os argumentos de Mcphee et al. (1998), citados por LOPES et al. (1998), os quais relataram que animais com crescimento mais rápido tem mais baixo conteúdo de carne na carcaça, quando alimentados à vontade.

Tabela 20 - Estimativas de correlações genéticas aditivas diretas, obtidas de características reprodutivas, em análise bicaracterística

Características	Correlações genéticas			
	IPP	NLN	NLNV	PLV
Idade da porca no primeiro parto (IPP)	1	-0,19	-0,19	-0,08
Número total de leitões nascidos (NLN)		1	1	0,78
Número de leitões nascidos vivos (NLNV)			1	0,76
Peso da leitegada no nascimento (PLV)				1

As correlações genéticas entre idade da porca no primeiro parto e número de leitões nascidos foram negativas, com baixa magnitude. Essa correlação indica que fêmeas que tiveram o primeiro parto mais jovens tenderam a apresentar leitegadas mais numerosas, ou seja, fêmeas mais precoces tenderam a ser mais prolíferas. A correlação genética entre idade da porca no primeiro

parto e peso da leitegada no nascimento também apresentou valor negativo, porém de magnitude inferior. Esses resultados podem ser consequência dos critérios adotados no programa de melhoramento, já que o banco de dados utilizado neste trabalho é originado de uma população submetida à seleção.

Quanto ao número de leitões total e nascidos vivos, a correlação genética indicou que essas duas características apresentam comportamento idêntico, pois a correlação foi igual à unidade. Sendo assim, na avaliação genética dos animais pode-se utilizar a informação de apenas uma dessas características.

As correlações entre peso da leitegada no nascimento e número de leitões total e nascidos vivos foram positivas e de alta magnitude (0,78 e 0,76, respectivamente), razão pela qual partos mais numerosos tendem a apresentar leitegadas mais pesadas.

A existência de correlações desfavoráveis entre duas características pode atrasar o progresso genético, quando selecionadas separadamente em programas de melhoramento genético, razão pela qual devem ser avaliadas por meio de metodologias ou procedimentos multivariados que não desprezem tais correlações nas avaliações genéticas. Entretanto, deve-se avaliar o número de características a serem consideradas, uma vez que, dependendo do número destas, pode haver problemas computacionais, e o aumento do número de características em um programa de seleção acarreta menor ganho por característica.

Tabela 21 - Estimativas de correlações genéticas aditivas diretas, obtidas de características de desempenho e reprodutivas das fêmeas, em análise bicaracterística ¹

Características	Correlações genéticas		
	IDAF	ETF	GPDF
IPP	0,65	0,01	-0,34
NLN	0,47	-0,35	-0,44
NLNV	0,39	-0,32	-0,37
PLV	-0,19	-0,22	0,19

¹ Idade para atingir 100 kg = IDAF; espessura de toucinho corrigida para 100 kg = ETF; ganho de peso médio diário = GPDF; idade da porca no primeiro parto

=IPP; número total de leitões nascidos = NLN; número de leitões nascidos vivos = NLNV; e peso da leitegada no nascimento = PLV.

As correlações entre idade no primeiro parto e idade para atingir 100 kg e ganho de peso médio diário foram favoráveis, tendo a correlação, para o primeiro par de características, apresentado magnitude considerável, o que indica que a seleção para a idade para atingir 100 kg pode proporcionar resposta correlacionada favorável à idade no primeiro parto. A correlação entre idade no primeiro parto e espessura de toucinho ficou próxima a zero (0,01), o que implica independência genética entre essas duas características.

As correlações entre número de leitões total e nascidos vivos e idade para atingir 100 kg e ganho de peso médio diário foram desfavoráveis e tiveram média magnitude. As correlações entre número de leitões total e nascidos vivos e espessura de toucinho foram de -0,35 e -0,32, respectivamente.

As correlações entre peso da leitegada e as três características de desempenho avaliadas foram todas favoráveis à seleção, o que indica que a seleção para características de desempenho causaria repostas correlacionadas desejáveis ao peso da leitegada no nascimento.

Estimativas de correlações genéticas entre características de desempenho e características reprodutivas, encontradas na literatura, são divergentes tanto em sinal (positivo ou negativo) quanto em magnitude de valores.

Quanto à relação entre desempenho e idade no primeiro parto, especificamente, não foram encontradas referências na literatura. Contudo, ELIASSON et al. (1991) obtiveram estimativas negativas da correlação entre espessura de toucinho e idade na puberdade. RYDHMER et al. (1992) relataram correlação positiva e negativa entre idade na puberdade e percentagem de deposição de carne magra e taxa de crescimento, respectivamente.

Estimativas de correlações entre tamanho de leitegada e características de desempenho foram obtidas por vários autores. JOHANSSON e KENNEDY (1983) reportaram correlações genéticas negativas entre tamanho de leitegada no nascimento e idade a um peso fixo, entretanto, encontraram indício de correlação genética positiva entre taxa de crescimento. SHORT et al. (1994) relataram que a média das estimativas da correlação genética entre taxa de crescimento e consumo diário de ração e o número de leitões nascidos no parto apresentou

magnitude menor que 0,1. Crump (1992), citado por KERR e CAMERON (1995), observou pequenas correlações genéticas entre a taxa de crescimento e consumo diário de ração e o número de leitões nascidos vivos. As estimativas da correlação entre taxa de crescimento e tamanho da leitegada, encontradas por VANGEN (1980), foram positivas no primeiro e no segundo parto, entretanto, as estimativas foram menores que os respectivos erros-padrão. Quanto à espessura de toucinho, JOHANSSON e KENNEDY (1983) reportaram correlações genéticas positivas entre o tamanho de leitegada no nascimento e no desmame. As estimativas encontradas por SHORT et al. (1994) e RYDHMER et al. (1995) não foram diferentes de zero, e as obtidas por VANGEN (1980) foram negativas entre espessura de toucinho e tamanho de leitegada no nascimento, mas foram iguais a zero, para tamanho de leitegada no desmame.

KERR e CAMERON (1996) encontraram correlações genéticas não significativamente diferentes de zero entre tamanho e peso de leitegada e ganho de peso médio diário e espessura de toucinho. Contudo, as correlações genéticas entre peso vivo e espessura de toucinho, no início do período de acasalamento, e tamanho da leitegada (0,27 e 0,23, respectivamente) e peso da leitegada no nascimento (0,29 e 0,30, respectivamente), foram significativamente diferentes de zero.

Segundo KERR e CAMERON (1996), uma interpretação das diferentes e específicas correlações genéticas entre taxa de crescimento e consumo diário de alimento, no teste com desempenho reprodutivo, tanto de sinal como de magnitude, pode ser dada pelo fato de essas estimativas de parâmetros serem específicas de experimentos, sendo confundidas pela estratégia de seleção, população e ambiente de cada estudo.

Tendo em vista que a linha de suínos utilizada neste estudo apresentou bom desempenho em praticamente todas as características avaliadas, pelas correlações observadas, seria possível a obtenção de ganhos genéticos favoráveis em diversas dessas características, especialmente se forem utilizados procedimentos de seleção para múltiplas características.

Nas Tabelas 22, 23 e 24 encontram-se as herdabilidades, as correlações genéticas e os coeficientes c^2 atribuídos aos efeitos comuns de leitegada, obtidos de análise bicaracterística, para as características estudadas.

Tabela 22 - Herdabilidades dos efeitos genéticos aditivos direto (\hat{h}_d^2) e materno (\hat{h}_m^2), correlações entre efeitos aditivos direto e materno (r_{dm}), proporção atribuída aos efeitos comuns de leitegada (\hat{c}^2), correlações entre efeitos comuns de duas características ($\hat{c}_{1,2}^2$), para as características de desempenho dos machos, em análise bicaracterística ¹

Característica	\hat{h}_d^2	\hat{h}_m^2	r_{dm}	\hat{c}^2	$\hat{c}_{1,2}^2$
Conversão alimentar (CAM)					
Unicaracterística	0,21	0,04	-0,51	0,11	-
IDAM	0,21	0,03	-0,39	0,11	0,48
ETM	0,19	0,03	-0,25	0,11	0,16
GPDM	0,20	0,05	-0,45	0,11	-0,59
Idade para atingir 100 kg (IDAM)					
Unicaracterística	0,13	0,04	-0,22	0,18	-
CAM	0,14	0,04	-0,24	0,18	0,48
ETM	0,12	0,04	-0,29	0,18	0,27
GPDM	0,15	0,01	-0,14	0,19	-0,66
Espessura de toucinho corrigida para 100 kg (ETM)					
Unicaracterística	0,55	0,05	-0,73	0,07	-
CAM	0,48	0,04	-0,60	0,07	0,16
IDAM	0,54	0,05	-0,75	0,07	0,27
GPDM	0,54	0,06	-0,73	0,07	-0,07
Ganho de peso médio diário (GPDM)					
Unicaracterística	0,13	0,02	0,07	0,14	-
CAM	0,13	0,01	0,14	0,14	-0,59
IDAM	0,16	0,00	-0,49	0,14	-0,66
ETM	0,13	0,02	0,05	0,14	-0,07

¹ Valores dos parâmetros obtidos na característica da linha, em análise bicaracterística, com a característica da coluna.

Tabela 23 - Herdabilidades dos efeitos genéticos aditivos direto (\hat{h}_d^2) e materno (\hat{h}_m^2), correlações entre efeitos aditivos direto e materno (r_{dm}), proporção atribuída aos efeitos comuns de leitegada (\hat{c}^2), correlações entre efeitos comuns de duas características ($\hat{c}_{1,2}^2$), para as características da fêmea, em análise bicaracterística ¹

Característica	\hat{h}_d^2	\hat{h}_m^2	r_{dm}	\hat{c}^2	$\hat{c}_{1,2}^2$
Idade para atingir 100 kg (IDAF)					
Unicaracterística	0,20	0,05	-0,39	0,17	-
ETF	0,20	0,05	-0,45	0,18	0,32
Espessura de toucinho corrigida para 100 kg (ETF)					
Unicaracterística	0,46	0,02	-0,76	0,36	-
IDAF	0,46	0,02	-0,79	0,18	0,32
GPDPF	0,46	0,02	-0,79	0,05	-0,29
Ganho de peso médio diário (GPDPF)					
Unicaracterística	0,22	0,05	-0,43	0,17	-
ETF	0,21	0,05	-0,48	0,18	-0,29
Idade da porca no primeiro parto					
Unicaracterística	0,34	0,07	-0,72	0,21	-
NLN ²	0,35	0,07	-0,72	0,12	-
NLNV ²	0,35	0,07	-0,72	0,12	-
PLV ²	0,34	0,07	-0,73	0,12	-

¹ Valores dos parâmetros obtidos na característica da linha, em análise bicaracterística, com a característica da coluna.

² Número total de leitões nascidos = NLN; nascidos vivos = NLNV; e peso da leitegada no nascimento = PLV.

Tabela 24 - Herdabilidades dos efeitos genéticos aditivos diretos (\hat{h}_d^2) para as características reprodutivas da fêmea, em análise bicaracterística^{1,2}

Característica	\hat{h}_d^2		\hat{h}_d^2		\hat{h}_d^2
	NLN		NLNV		PLV
Unicaracterística	0,22	Unicaracterística	0,19	Unicaracterística	0,17
IPP	0,22	IPP	0,19	IPP	0,17
NLNV	0,22	NLN	0,20	NLN	0,18
PLV	0,22	PLV	0,19	NLNV	0,17

¹ Valores dos parâmetros obtidos na característica da linha, em análise bicaracterística com a característica da coluna.

² Idade da porca no primeiro parto = IPP; número total de leitões nascidos = NLN; nascidos vivos = NLNV; e peso da leitegada no nascimento = PLV.

As herdabilidades do efeito direto (\hat{h}_d^2) e materno (\hat{h}_m^2) e do coeficiente c^2 , obtidos na análise bicaracterística, de forma geral, foram semelhantes às obtidas na análise de característica única. As correlações entre efeitos diretos e maternos tenderam a ser semelhantes às obtidas da análise de característica única, com exceção dos valores obtidos da conversão alimentar, que apresentaram menor magnitude. Outra exceção foi a r_{dm} , obtida no ganho de peso médio diário para machos com idade para atingir 100 kg, apresentando inversão do sinal e aumento da magnitude. Esse fato pode ter ocorrido em consequência da semelhança entre as duas características, a qual provocou alteração na estimativa dessa correlação.

TORRES (1998) destacou que a análise de características múltiplas pode contribuir para resgatar maior proporção da variância genética aditiva e redução da variância do resíduo atribuída ao incremento no número de informações, pois utiliza as correlações genéticas entre as características no cálculo da variância genética. Entretanto, as correlações entre as características, no trabalho de TORRES (1998), ficaram acima de 0,90, o que não ocorreu com as características avaliadas neste trabalho.

4.4. Tendências genéticas

As estimativas das tendências genéticas anuais, referentes ao efeito genético direto, e os respectivos desvios-padrão, coeficientes de determinação (R^2) e valor de probabilidade são apresentados na Tabela 25.

Quanto às características de desempenho, os machos e as fêmeas apresentaram comportamento similar nas tendências dos efeitos genéticos diretos. Nessas características, as equações de regressão foram significativas e os coeficientes de determinação (R^2) foram relativamente elevados, com exceção do ganho de peso diário médio para fêmeas, em que a equação não foi significativa, e o R^2 , baixo (0,07), o que indica que, nesta característica, não houve tendência genética definida. Os gráficos das tendências genéticas dos efeitos diretos para as características de desempenho estão apresentados nas Figuras 1, 2, 3 e 4.

As estimativas de tendências genéticas para conversão alimentar, idade para atingir 100 kg e espessura de toucinho foram negativas, e para ganho de peso diário médio foram positivas, o que reflete os objetivos do melhoramento genético da empresa, que visa à redução da conversão alimentar, da idade aos 100 kg, e da espessura de toucinho e ao aumento do ganho de peso médio diário.

As estimativas de tendência genética de $-0,19$ e $-0,29$ dia/ano, para machos e fêmeas, respectivamente, para idade aos 100 kg foram inferiores às encontradas para idade em determinado peso, por PITA (2000) ($-0,54$ dia/ano) e por HUDSON e KENNEDY (1985) ($-0,90$ dia /ano), para diferentes linhas da raça Large White.

O progresso genético, estimado para ganho de peso médio diário de machos, foi de $1,59$ g/dia/ano, inferior ao encontrado por COSTA (1999), para a raça Large White, e superior ao encontrado por Paneto (1998), citado por PITA (2000), em um rebanho elite da mesma raça.

A tendência genética anual estimada de $-0,23$ mm/ano, para espessura de toucinho, foi inferior ao valor de $-0,50$ mm, encontrado por COSTA (1999).

Tabela 25 - Estimativas de tendências genéticas anuais (b) e respectivos desvios-padrão ($s(b)$), coeficientes de determinação (R^2) e valor de probabilidade (PV) da regressão linear das características estudadas, para efeito direto

Sexo / Característica	$b \pm s(b)$,	R^2	PV
Conversão alimentar			
Machos	$-0,012369 \pm 0,00084102$	0,98	0,0007
Idade para atingir 100 kg			
Machos	$-0,193674 \pm 0,04679227$	0,85	0,0256
Fêmeas	$-0,291937 \pm 0,09602563$	0,75	0,0559
Espessura de toucinho corrigida para 100 kg			
Machos	$-0,234929 \pm 0,02855090$	0,96	0,0038
Fêmeas	$-0,239082 \pm 0,01538770$	0,99	0,0006
Ganho de peso médio diário			
Machos	$1,591731 \pm 0,28159994$	0,91	0,0110
Fêmeas	$0,255168 \pm 0,53576746$	0,07	0,6664
Idade da porca no primeiro parto			
Fêmeas	$-0,145089 \pm 0,23836991$	0,07	0,5693
Número total de leitões nascidos			
Fêmeas	$0,046891 \pm 0,03464124$	0,27	0,5539
Número de leitões nascidos vivos			
Fêmeas	$0,028315 \pm 0,03056499$	0,15	0,3968
Peso da leitegada no nascimento			
Fêmeas	$0,023379 \pm 0,03687302$	0,07	0,2338

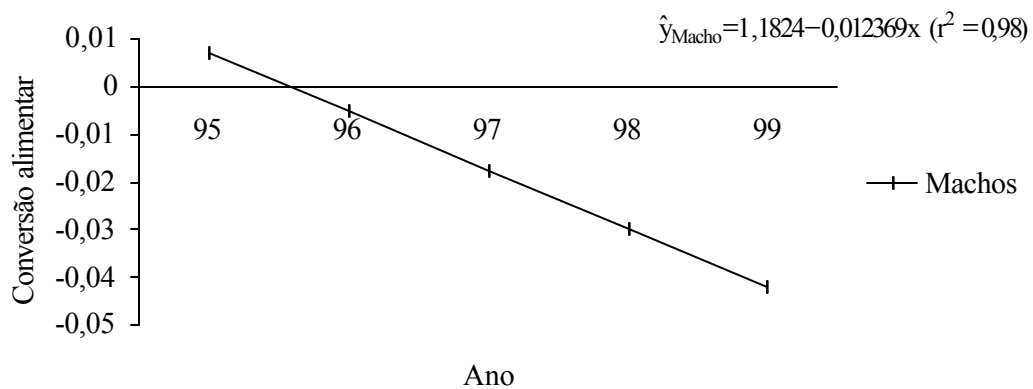


Figura 1- Tendência dos efeitos genéticos diretos para conversão alimentar, em machos.

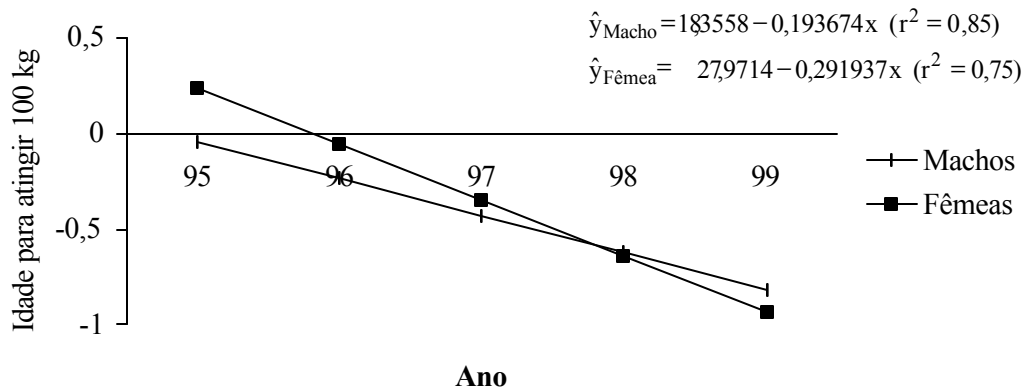


Figura 2- Tendência dos efeitos genéticos diretos para idade para atingir 100 kg, em dias, em machos e fêmeas.

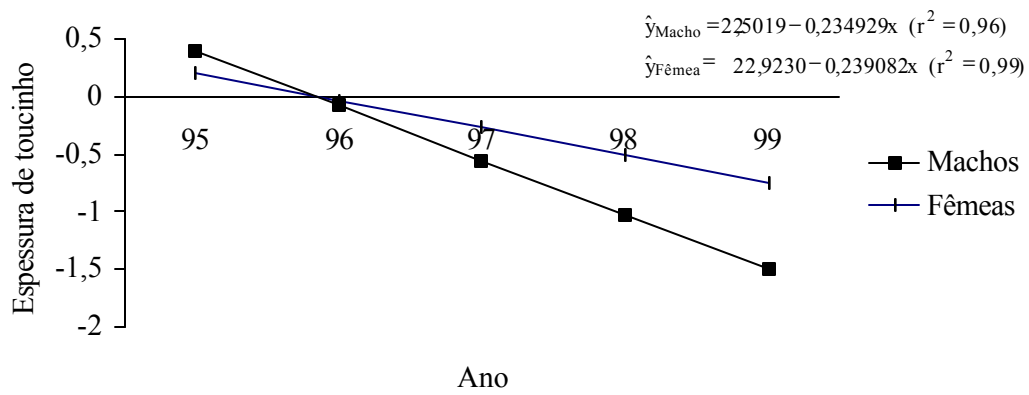


Figura 3 - Tendência dos efeitos genéticos diretos para espessura de toucinho corrigida para 100 kg, em mm, para machos e fêmeas.

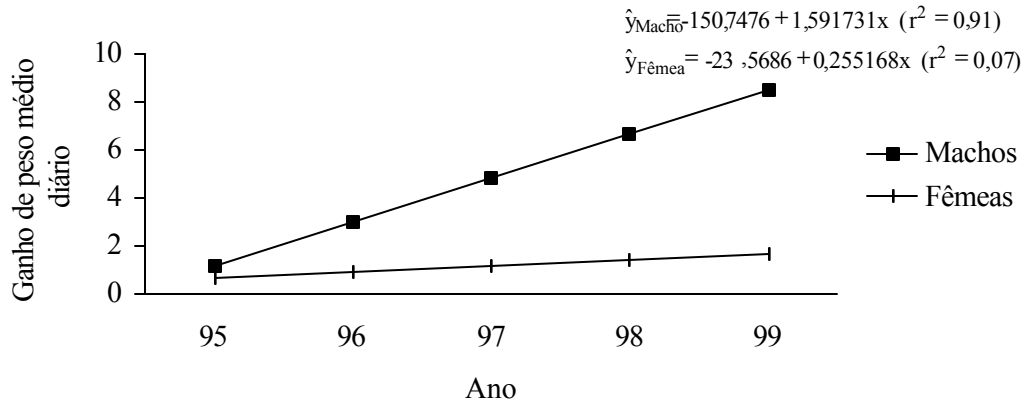


Figura 4- Tendência dos efeitos genéticos diretos para ganho de peso médio diário, em gramas, para machos e fêmeas.

Apesar de as tendências genéticas das características de desempenho serem favoráveis, observou-se que as magnitudes, de forma geral, foram inferiores às encontradas na literatura. Esse fato pode ser explicado por tratar-se de uma linha selecionada ao longo dos anos, a qual já se encontra em um patamar bastante elevado. A título de ilustração, a linha utilizada neste estudo apresenta espessura de toucinho de 10,23 e 10,57 mm para machos e fêmeas, respectivamente; ganho de peso diário médio, durante o teste, de 1.056,45 g; e idade aos 100 kg, de 140,37, para machos, e de 154,16, para fêmeas. Comparadas com as médias de 858,83 g, para ganho de peso diário, e de 16,5 mm, para espessura de toucinho, da linha de Large White avaliada por COSTA (1999), e com as médias de 149,05 dias, para idade ao final do teste, padronizada para 95 kg, de 14,85 mm, para espessura de toucinho, e de 910 g, para ganho de peso diário, da linha de Large White, avaliada por PITA (2000), realmente observa-se que a linha utilizada neste estudo apresentou maior desempenho do que os das linhas com as quais as estimativas de tendências genéticas foram comparadas.

Nas características reprodutivas, as equações de regressão não foram significativas e apresentaram coeficientes de determinação inferiores a 0,30, o que indica que não houve tendência genética definida para essas características. Contudo, o progresso genético foi favorável a todas as características, ou seja, houve redução da idade no primeiro parto e aumento do número de leitões nascidos e do peso da leitegada, porém o progresso anual foi baixo. PIRES (1999) e IRGANG et al. (1997) também constataram ganhos genéticos pouco expressivos em características reprodutivas de suínos, enquanto JONHSON (1992) relatou ganho de 1,8 leitão por leitegada.

As baixas amplitudes do progresso genético das características reprodutivas podem ser explicadas, principalmente, por dois fatores. O primeiro é que, nos critérios de seleção, as características reprodutivas geralmente ficam em segundo plano; o outro aspecto é a baixa herdabilidade dessas características, o que dificulta o progresso genético. Ressalta-se, contudo, que, apesar das dificuldades de trabalhar com características reprodutivas, em se tratando de uma linha da raça Large White, que comumente é utilizada como linha fêmea nos esquemas de cruzamento para obtenção do animal comercial para o abate,

características como tamanho e peso da leitegada devem ser consideradas na avaliação genética.

KERR e CAMERON (1995), ao avaliarem o desempenho reprodutivo de linhas selecionadas para características de desempenho, ressaltaram que as estimativas dos parâmetros genéticos podem ser viesadas para as características reprodutivas, as quais foram mensuradas em fêmeas que foram selecionadas somente sobre seu desempenho em características não-reprodutivas.

FREDEEN e MIKAMI (1986) realizaram um estudo com vistas em examinar implicações das mudanças correlacionadas, associadas ao desempenho reprodutivo das fêmeas, em linhas selecionadas por várias gerações, para aumento da taxa de crescimento e diminuição da gordura. Utilizaram registros do desempenho reprodutivo de três linhas de suínos selecionadas por nove gerações, uma para máxima de taxa de crescimento, outra para mínima taxa de espessura de toucinho, e uma com um índice que combinava as duas características. Ao compará-las com uma população-controle, esses autores encontraram suporte para a referência de que o desempenho reprodutivo é melhorado no programa de seleção tanto para taxa de crescimento como para mérito de carcaça.

Ao avaliarem o impacto da seleção no peso, em idades específicas, KUHLLERS e JUNGST (1992) constataram que a seleção somente para a característica peso aos 70 dias de idade teve resultados nas características produtivas da porca para tamanho da leitegada aos 21 dias de idade. Contudo, essa seleção teve pequeno efeito sobre o número de leitões nascidos ou sobre o peso no nascimento ou aos 21 dias de idade.

VANGEN (1980), ao realizar avaliações em, aproximadamente, nove gerações de seleção divergentes, por um índice de desempenho (taxa de crescimento e gordura), descreveu tendência positiva para tamanho e peso da leitegada, na linha de alto desempenho, e tendência negativa significativa para essas características, nas linhas de baixo desempenho. Resultados similares de tamanho de leitegada foram reportados por HETZER e MILLER (1970), em experimento de alta e baixa seleção que envolvia a espessura de toucinho, embora nenhuma melhoria em tamanho de leitegada, na linha de baixa gordura (11 gerações), e nenhum declínio, na linha de alta gordura (13 gerações), tenham

sido estatisticamente significantes. GRAY et al. (1965) não detectaram qualquer mudança no tamanho ou no peso de leitegada durante cinco gerações de seleção para baixa gordura, entretanto, BERRUECOS et al. (1970), em estudo semelhante de seleção com a mesma duração, reportaram declínio significativo tanto no tamanho como no peso da leitegada.

KERR e CAMERON (1995) relataram que respostas correlacionadas, em características reprodutivas, com seleção para componentes de eficiência para taxa de crescimento foram dependentes da estratégia de seleção, o que indica que avaliações das estratégias alternativas de seleção poderiam incluir predições da resposta correlacionada em características reprodutivas, requerendo-se, assim, estimativas não-viesadas dos parâmetros genéticos.

As informações neste trabalho são da raça Large White, que, normalmente, é utilizada como linha fêmea nos programas de cruzamento. Desta forma, o conhecimento dos impactos da seleção nos efeitos genéticos diretos nas características de desempenho e reprodutivas é essencial ao direcionamento do programa de seleção futuro. As estimativas obtidas indicam que a seleção praticada está tendo resultados favoráveis a ambos os grupos de características. Entretanto, as estimativas de progresso genético para as características reprodutivas não apresentaram comportamento tão bem definido quanto ao das características de desempenho, e apresentaram magnitude bem inferiores, razão por que se deve avaliar a relação entre essas características e as demais, buscando incrementar o ganho genético nas características reprodutivas.

As estimativas das tendências genéticas anuais, referentes ao efeito genético materno, com os respectivos desvios-padrão, coeficientes de determinação e níveis de significância, são apresentadas na Tabela 26.

As tendências genéticas maternas, de forma geral, foram positivas, porém de baixa magnitude, e retrataram a pouca atenção dada aos efeitos maternos nos programas de melhoramento. PIRES (1999), ao estudar a tendência do efeito materno em características reprodutivas, também encontrou estimativas de baixa amplitude. De acordo com esse autor, um fator que poderia explicar as baixas, nulas ou negativas estimativas de tendência genética dos efeitos maternos

Tabela 26 - Estimativas de tendências genéticas anuais (b) e respectivos desvios-padrão ($s(b)$), coeficientes de determinação (R^2) e valor de probabilidade (PV) da regressão linear das características estudadas, avaliadas pelo modelo 4, para efeito materno

Sexo / Característica	$b \pm s(b)$,	R^2	PV
Conversão alimentar			
Machos	$0,001718 \pm 0,00045940$	0,82	0,0334
Idade para atingir 100 kg			
Machos	$0,059006 \pm 0,01122712$	0,90	0,0134
Fêmeas	$0,150491 \pm 0,02547769$	0,92	0,0097
Espessura de toucinho corrigida para 100 kg			
Machos	$0,047939 \pm 0,00922834$	0,90	0,0139
Fêmeas	$0,036796 \pm 0,00274920$	0,98	0,0009
Ganho de peso médio diário			
Machos	$0,073378 \pm 0,05335632$	0,39	0,2628
Fêmeas	$-0,318887 \pm 0,13088091$	0,66	0,0928
Idade da porca no primeiro parto			
Fêmeas	$-0,017234 \pm 0,08424748$	0,01	0,8460

é o antagonismo entre os fatores diretos e maternos, já que, ao fazer a seleção apenas com base nas informações dos efeitos genéticos diretos, está se reprimindo a habilidade materna.

Apesar da baixa magnitude das tendências genéticas maternas, deve-se ressaltar que, com base no teste da razão de verossimilhança, em que a inclusão do efeito materno foi significativa para as características em questão, a utilização do modelo que continha este efeito deve ser recomendada para possibilitar a obtenção de estimativas não-viesadas dos parâmetros genéticos. Considerando que a linha, em estudo, é utilizada como linha fêmea, a habilidade materna é uma característica importante em sua avaliação.

4.5. Correlações entre valores genéticos das características estudadas

Os valores obtidos da correlação de ordem entre os valores genéticos aditivos diretos, para as características estudadas, são apresentados na Tabela 27.

As correlações de ordem entre os valores genéticos preditos para idade para atingir 100 kg e ganho de peso médio diário, tanto para machos como para fêmeas, para número de leitões nascidos total e vivos, indicam uma ordem de classificação semelhante entre esses pares de características, resultado este condizente com as correlações obtidas na análise conjunta entre esses pares, o que indica que os grupos gênicos que influenciam uma característica também influenciam a outra.

Os resultados obtidos das correlações entre valores genéticos preditos para conversão alimentar e valores genéticos estimados para outras características de desempenho foram de médias magnitudes, não implicando, dessa forma, relação determinada entre o ordenamento dos valores genéticos dessas características.

As correlações de ordem entre os valores genéticos preditos para espessura de toucinho corrigida para 100 kg e os valores preditos tanto para idade para atingir 100 kg como para ganho de peso diário médio (para machos e fêmeas) aproximaram-se de zero, o que indica que o ordenamento obtido dos valores genéticos de uma característica não possui relação definida com o ordenamento baseado nos valores genéticos da outra característica. O comportamento do ordenamento dos valores genéticos da idade no primeiro parto e o ordenamento dos valores genéticos das outras características reprodutivas mostrou independência dos ordenamentos.

Os valores de correlação de ordem obtidos entre os valores genéticos das características de desempenho e os valores genéticos das características reprodutivas foram, em geral, baixos, o que indica não haver relação definida entre os ordenamentos, ou seja, os melhores indivíduos para determinada característica de desempenho podem estar tanto entre os melhores como entre os piores para determinada característica reprodutiva.

Tabela 27 - Correlação de ordem entre os valores genéticos aditivos diretos das características estudadas¹

Características	Correlação de ordem	Características	Correlação de ordem
CAM e IDAM	0,12435	IDAF e IPP	0,17276
CAM e ETM	0,39567	IDAF e NLN	0,12691
CAM e GPDM	-0,24154	IDAF e NLNV	0,14614
IDAM e ETM	-0,08901	IDAF e PLV	0,03078
IDAM e GPDM	-0,77982	ETF e IPP	-0,12942
ETM e GPDM	0,09432	ETF e NLN	-0,14340
IDAF e ETF	-0,04477	ETF e NLNV	-0,17393
IDAF e GPDF	-0,93119	ETF e PLV	-0,07001
ETF e GPDF	0,05100	GPDF e IPP	-0,12171
IPP e NLN	-0,03202	GPDF e NLN	-0,11918
IPP e NLNV	-0,01843	GPDF e NLNV	-0,14938
IPP e PLV	-0,02738	GPDF e PLV	-0,06721
NLN e NLNV	0,89109		
NLN e PLV	0,66023		
NLNV e PLV	0,76740		

¹ Conversão alimentar = CAM; idade para atingir 100 kg = IDAM; espessura de toucinho corrigida para 100 kg = ETM; ganho de peso médio diário = GPDM; para machos, idade para atingir 100 kg = IDAF; espessura de toucinho corrigida para 100 kg = ETF; ganho de peso médio diário = GPDF; para fêmeas, idade da porca no primeiro parto = IPP; número total de leitões nascidos = NLN; número de leitões nascidos vivos = NLNV; e peso da leitegada no nascimento = PLV.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Neste trabalho foram utilizados dados de animais de uma linha em desenvolvimento de suínos da raça Large White, fornecidos pela empresa SADIA S.A., situada no Estado de Santa Catarina. As características analisadas foram divididas em dois grupos - de desempenho e reprodutivas. As de desempenho foram avaliadas por sexo, assim, os machos foram avaliados para conversão alimentar, espessura de toucinho corrigida para 100 kg, idade para atingir 100 kg e ganho de peso médio diário, do início ao final do teste, e as fêmeas, para espessura de toucinho corrigida para 100 kg, idade para atingir 100 kg, e ganho de peso médio diário, do nascimento ao final do teste (GPDF). As características reprodutivas foram idade da fêmea no primeiro parto, número total de leitões nascidos, número de leitões nascidos vivos e peso da leitegada no nascimento.

O trabalho consistiu em verificar a importância da inclusão dos efeitos maternos e comum de leitegada nos modelos de avaliação genética animal, utilizando quatro diferentes modelos: modelo 1 - efeito genético aditivo direto; modelo 2 - efeito genético aditivo direto e materno; modelo 3 - efeito genético aditivo direto e comum de leitegada; e modelo 4 - efeito genético aditivo direto e materno e comum de leitegada; estimar componentes de variância e valores genéticos; e estudar a relação entre as características de desempenho e reprodutivas e as tendências genéticas das características avaliadas.

Os componentes de variância atribuídos aos efeitos aleatórios foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML) e utilizados na estimação das herdabilidades direta, materna e total, do efeito permanente de meio (comum de leitegada), da correlação genética aditiva direta, da correlação genética aditiva entre os efeitos direto e materno, bem como na avaliação genética dos animais.

O teste da razão de verossimilhança foi aplicado para verificar qual dos modelos citados anteriormente seria mais adequado à avaliação genética, para cada característica.

Pelos resultados obtidos no teste da razão de verossimilhança, conclui-se que o modelo 4, que inclui os efeitos genéticos aditivo direto e materno e comum de leitegada, é o mais adequado às características de desempenho e idade no primeiro parto, e o 1, às características de leitegada, visto que inclui apenas o efeito genético aditivo direto.

As estimativas de tendências genéticas foram obtidas da regressão das médias dos valores genéticos dos efeitos genéticos preditos das características, obtidas do modelo 4, para as características de desempenho e idade da porca no primeiro parto, e obtidas do modelo 1, para as características reprodutivas, em relação ao ano de nascimento dos animais.

As herdabilidades das características de desempenho foram, em geral, altas, e das características reprodutivas, de médias a baixas.

As correlações genéticas entre as características de desempenho indicam que, quando o objetivo do programa de melhoramento é a melhoria de todas as características em questão, não se deve trabalhar com a obtenção de respostas por meio da seleção indireta, ou seja, todas as características devem ser avaliadas.

A correlação genética entre número total de leitões nascidos e número de leitões nascidos vivos indica que apenas uma das duas características pode ser considerada no programa de melhoramento.

As correlações genéticas entre as características de desempenho e reprodutivas mostram que esses dois grupos não são geneticamente independentes. Assim, deve-se avaliar a associação entre essas características para estabelecer critérios de seleção que alcancem melhor resposta em ambos os grupos, resultando, dessa forma, em seleção tanto para características de desempenho como reprodutivas, maximizando a resposta total da seleção.

As estimativas das tendências genéticas para todas as características foram favoráveis, o que reafirma a possibilidade de se obterem ganhos por seleção em ambos os grupos de características estudadas. As tendências genéticas foram maiores para as características de desempenho do que para as reprodutivas,

fato este compreensível, uma vez que as características de desempenho apresentaram herdabilidades diretas bastante superiores às apresentadas pelas características reprodutivas, razão pela qual os resultados da seleção para desempenho são mais expressivos. Cabe ainda ressaltar que, em razão das particularidades de cada característica, os programas de seleção, em geral, dão maior ênfase às características de desempenho.

As correlações de ordem entre as características de desempenho e reprodutivas não apresentaram comportamento definido entre os ordenamentos dos valores genéticos preditos. Assim, há, realmente, possibilidade de se estabelecerem critérios que possibilitem o progresso genético em ambos os grupos de características.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHLSCHWEDE, W.T.; ROBINSON, O.W. 1971. Prenatal and postnatal influences on growth and backfat in swine. *J Anim. Sci.*, 32:10-16.
- ALMEIDA NETO, P.P.; OLIVEIRA, A.I.G.; ALMEIDA, A.J.L.; LIMA, A.F.; SILVA, M.A.; COSTA, C.N. 1993. Parâmetros genéticos e fenotípicos de características de carcaça de suínos. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, 22:624-633.
- ALVES, R.G.O. *Estudo genético de características em suínos e avaliação de curvas de crescimento em cruzamentos dialélicos*. Viçosa, MG:UFV, 1986. 129 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1986.
- ALVES, R.G.O; SILVA, M.A.; PEREIRA, J.A.A.; SANCEVERO, A.B.; BARBOSA, A.S. 1987. Influência de fatores de meio e genéticos no tamanho e peso da leitegada ao nascer e aos 21 dias de idade em suínos. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, 16:540-549.
- BARBOSA, A.S; ARAÚJO, C.V.; AQUINO, L.H.; OLIVEIRA, A.I.G; GONÇALVES, T.M. 1998. Estimativas de herdabilidade e índices de seleção em suínos da raça Piau. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 50:753-758.
- BERESKIN, B. 1984. Genetic correlations of pig performance and sow productivity. traits. *J Anim. Sci.*, 59:1477-1487.
- BERESKIN, B. 1987. Genetic and phenotypic parameters for pig growth and body composition estimated by intraclass correlation and parent-offspring regression. *J Anim. Sci.*, 64:1619-1629.
- BERRUECOS, J.M.; DILLARD, E.V.; ROBINSON, O.W. 1970. Selection for low backfat thickness in swine. *J Anim. Sci.*, 30:844.
- BOLDMAN, K.G.; KRIESE, L.A.; VAN VLECK, L.D. & KACHMAN, S.D. A manual for use of MTDFREML; a set of programs to obtain estimates of variances and covariances [DRAFT]. Lincoln, U.S. Department of Agriculture/ Agriculture Research Service, 1995. 115 p.
- BRYNER, S.M., MABRY, J.W., BERTRAND, J.K., BENYSHEK, L.L. and KRIESE, L.A. 1992. Estimation of direct e maternal heritability and genetic correlation for backfat and growth rate in swine using data from centrally tested Yorkshire boars. *J Anim. Sci.*, 70:1755-1759.

- CATALAN, G. *Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos em suínos Landrace, Large White e Duroc, nas fases de crescimento e terminação*. Viçosa, MG:UFV, 1986. 129 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1986.
- COSTA, A.R.C. *Avaliação genética e valores econômicos de características de desempenho em suínos*. Viçosa, MG:UFV, 1999. 50 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- ELIASSON, L.; RYDHMER, L.; EINARSSON, S.; ANDERSSON, K. 1991. Relationships between puberty and production traits in the gilt. 1. Age at puberty. *Anim. Reprod. Sci.*, 25:143-154.
- EUCLIDES FILHO, K.; SILVA, L.O.C.; ALVES, R.G.O.; NOBRE, P.R.C. Tendências genéticas na raça Indubrasil. In: XXXIV REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1997. Juiz de Fora - MG. Anais... Juiz de Fora - MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997, p. 171-172.
- FALCONER, D.S. 1981. *Introdução à genética quantitativa*. Tradução de M.A. SILVA, e J.C. SILVA. Viçosa: Imprensa Universitária. 279 p.
- FERNANDES, H. D.; FERREIRA, G.B. 2000. Estudo comparativo de sete diferentes modelos estatísticos para a característica ganho de peso em bovinos de corte. *Rev. Bras. Zootec.*, 29:94-102.
- FREITAS, R.T.F. Situação atual e perspectiva do melhoramento de suínos. In: Congresso Nacional dos Estudantes de Zootecnia 1998, Viçosa. Anais ... Viçosa:UFV, 1998. p. 461-471.
- FREDEEN, H.T.; MIKAMI, H. 1986. Mass selection in a pig population: correlated responses in reproductive performance. *J Anim. Sci.*, 62:1532-1532.
- GRAY, R.C.; TRIBBLE, L.F.; DAY, B.N.; LASLEY, J.F. 1965. Five generations of selection for thinner backfat. *J Anim. Sci.*, 24:848.

- HETZER, H.O.; MILLER, R.H. 1970. Influence of selection for high and low fatness on reproduction performance of swine. *J Anim. Sci.*, 30:481.
- HILL, W.G. 1972a. Estimation of realized heritabilities from selection experiments. I. Selection in one direction. *Biometrics*, 28:767-780.
- HILL, W.G. 1972b. Estimation of realized heritabilities from selection experiments. II. Divergent selection. *Biometrics*, 28:747-765.
- HUDSON, G.F.S.; KENNEDY, B.W. 1985. Genetic evaluation os swine for growth rate and bacfat thickness. *J Anim. Sci.*, 61:83-91.
- IRGANG, R. 1985. *Estimativas de herdabilidade para características que compõem a produtividade anual de leitões por porca. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA. 4 p. (Comunicado Técnico, 81).*
- IRGANG, R. Limites fisiológicos do melhoramento de suínos. In. XXXV REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1998. Botucatu – SP. Simpósio: Aditivos na produção de ruminantes , Aditivos na produção de não-ruminantes , Fronteiras do melhoramento genético animal. Botucatu – SP. Sociedade Brasileira de Zootecnia. 1998, p. 355 – 369.
- IRGANG, R.; FÁVERO, J.A. e MEDEIROS, G. Tendências fenotípicas e genéticas do número de leitões nascidos vivos em porcas Landrace e Large White. In: Reunião Anual da Soc. Bras. Zoot., 1997, Juiz de Fora – MG. Anais... Juiz de F ora:SBZ,1997, p.320-323.
- JOHANSSON, K.; KENNEDY, B.W. 1983. Estimation of genetics parameters for reproduction traits in pigs. *Acta Agric. Scand.*, 35:421-431.
- JOHNSON, R.K. 1992. Selection for fertility in swine. *Pig News Inf.*, 13:59-61.
- KOCH, R.M. 1972. The role of maternal effects in animal breeding: VI. Maternal effects in beef cattle. *J Anim. Sci.*, 35:1316-1323.
- KERR, J.C.; CAMERON, N.D. 1995. Reproductive performance of pigs selected for components of efficient lean growth. *Anim. Sci.*, 60:281-290.

- KERR, J.C.; CAMERON, N.D. 1996. Genetic and phenotypic relationships between performance test and reproduction traits in Large White pigs. *Anim. Sci.*, 62:531-540.
- KERR, J.C.; CAMERON, N.D. 1996. Responses in gilt traits measured during performance test, at mating and at farrowing with selection for components of efficient lean growth rate. *Anim. Sci.*, 63:235-241.
- KUHLERS, D.L. and JUNGST, S.B. 1992. Correlated responses in reproductive and carcass traits to selection for 70-day weight in Landrace swine. *J Anim. Sci.*, 70:372-378.
- LEGATES, J.E. 1972. The role of maternal effects in animal breeding: IV. Maternal effects in laboratory species. *J Anim. Sci.*, 35:1294-1302.
- LI, X.; KENNEDY, B.W. 1994. Genetic parameters for growth rate and backfat in canadian Yorkshire, Landrace, Duroc and Hampshire pigs. *J Anim. Sci.*, 72:1450-1454.
- LO, L.L. McLAREN, D.G., McKEITH, F.K., FERNANDO, R.L. NOVAKOFSKI, J. 1992. Genetic analyses of growth, real-time ultrasound, carcass, pork quality traits in Duroc and Landrace pigs: II. Heritabilities and correlations. *J Anim. Sci.*, 70:2387-2396.
- LOPES, P.S. *Avaliação genética de suínos utilizando metodologia de modelos mistos*. Viçosa:UFV, 1994. 98 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1994.
- LOPES, P.S.; FREITAS, R.T.F.; FERREIRA, A.S. 1998. Melhoramento de Suínos. UFV. 39 p. (Caderno Didático, 37).
- MRODE, R.A. 1986. Linear models for the prediction of animal Breeding values. Guildford: *CAB Internatinal*, 187p.
- PEREZ-ENCISO, M.; TEMPELMAN, R.J.; GIANOLA, D. 1993. A comparison between linear and Poisson mixed models for litter size in Iberian pigs. *Livest. Prod. Sci.*, 35:303-316.
- PIRES, AV. *Avaliação genética de características reprodutivas em suínos*. Viçosa: UFV, 1999. 83 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- PITA, F.V.C. *Modelos para avaliação genética e comparação de características de desempenho para a seleção de suínos*. Jaboticabal,: UNESP, 2000. 157 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, 2000.

- RAO, C.R. 1973. *Linear statistical inference and its applications*. 2Ed. New York: John Willy & Sons. 552 p.
- ROBISON, O.W. 1972. The role of maternal effects in animal breeding: V. Maternal effects in swine. *J Anim. Sci.*, 35:1303-1315.
- ROBISON, D.L. 1996. Estimation and interpretation of direct and maternal genetic parameters for weights of Australian Angus cattle. *Livest. Prod. Sci.*, 45:1-11.
- ROEHE, R.; KALM, E. Risk factors and genetic variance components of pre-weaning mortality in piglets. 1999 In: 50th Annual Meeting of the EAAP, Zürich, Switzerland. Proceedings... Zürich, 1999.
- ROEHE, R.; KENNEDY, B.W. 1993a. The influence of maternal effects on accuracy of evaluation of litter size in swine. *J Anim. Sci.*, 71:2353-2364.
- ROEHE, R.; KENNEDY, B.W. 1993b. Effect of selection for maternal and direct genetic effects on genetic improvement of litter size in swine. *J Anim. Sci.*, 71:2891-2904.
- ROSO, V.M.; FRIES, L.A.; MARTINS, E.S. 1995. Parâmetros genéticos em características de desempenho e qualidade de carcaça em suínos da raça Duroc. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, 24:310-316.
- RYDHMER, L.; ELIASSON, L.; STERN, S.; ANDERSON, K.; EINARSSON, S. 1989. Effects of piglet weight and fraternity size on performance, puberty and farrowing results. *Acta Agric. Scand.*, 39:397-406.
- RYDHMER, L.; JOHANSSON, K.; STERN, S.; ELIASSON-SELLING, L. 1992. A genetic study of pubertal age, litter traits, weight loss during lactation and relations to growth and leanness in gilts. *Acta Agric. Scand.*, 42:211-219.
- RYDHMER, L.; LUNDEHEIM, N.; JOHANSSON, K. 1995. Genetic parameters for reproduction traits in sows and relations to performance-test measurements. *J Anim. Breed Genet.*, 112:33-42.
- RYDHMER, L. 2000. Genetics of sow reproduction, including puberty, oestrus, pregnancy, farrowing and lactation. *Livest. Prod. Sci.*, 66:1-12.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS User's Guide:** Statistics version 6, fourth edition. Cary: SAS Institute Inc., 1990. 1686 p.
- SHORT, T.H.; WILSON, E.R.; McLAREN, D.G. Relationships between growth and litter traits in pig dam lines. In: Fifth world congress on

- genetics applied to livestock production, 1994, Guelph. Proceedings... Guelph, p.413-416, 1994.
- SILVA, M.A.; CATALAN, G.; TORRES, R.A. et al. 1992. Estimativas de componentes genéticos de características de importância econômica, em três diferentes raças de suínos. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, 25:923-932.
- SORENSEN, D.A. 1991. Predicted breeding values for litter size with an animal model used in the Danish pig breeding program. Report from the Natl. Inst. Anim. Sci., Denmark. p.27.
- SORENSEN, D.A., KENNEDY, B.W. 1984. Estimation of response to selection using least-squares and mixed model methodology. *J Anim. Sci.*, 58:1097-106.
- SOUTHWOOD, O.I.; KENNEDY, B.W.; MEYER, K.; GIBSON, J.P. 1989. Estimation of additive maternal and cytoplasmic genetic variances under animal models. *J Dairy Sci.*, 72:3006.
- SOUTHWOOD, O.I.; KENNEDY, B.W. 1990. Estimation of direct and maternal genetic variance for litter size in Canadian Yorkshire and Landrace swine using an animal model. *J Anim. Sci.*, 68:1841-1847.
- TEIXEIRA, N.M.; FREITAS, A.F.; VALENTE, J. 1992. Correlações de meio-ambiente entre meio irmãs paternas para produção de leite na raça holandesa. *Rev. Soc. Bras. Zoot.*, 21:501-509.
- TORRES JÚNIOR., R.A.A. *Eficiência das informações de diferentes grupos contemporâneos na avaliação genética de suínos utilizando modelos mistos em procedimentos uni e multivariados*. Viçosa: UFV, 1996. 117p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- TORRES JÚNIOR, R.A.A.; SILVA, M.A.; LOPES, P.S.; REGAZZI, A.J.; EUCLYDES, R.F. 1998. Estimativas de componentes de (co) variância para características produtivas de suínos Landrace e Large White pelo método da máxima verossimelhança restrita. *Rev. Bras. Zootec.*, 27:283-291.
- TORRES, R.A. *Efeito da heterogeneidade de variância na avaliação genética de bovinos da raça Holandesa no Brasil*. Belo Horizonte: UFMG, 1998. 124 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, 1998.
- UPNMOOR, I. *Influência de fatores genéticos e de ambiente sobre a produtividade de suínos mestiços Landrace e Large White*. Viçosa: UFV, 1984, 180 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa.

- VANGEN, O. 1980. Studies on a two trait selection experiment in pigs. VI Heritability estimates of reproductive traits. Influence of maternal effects. *Acta. Agric. Scand.*, 30:320.
- VAN VLECK, L.D.; LOUIS, D.S.; MILLER, J.I. 1977. Expected phenotypic response in weaning weight of beef calves from selection for direct and maternal genetic effects. *J Anim. Sci.*, 44:360.
- WILLHAM, R.L. 1972. The role of maternal effects in animal breeding. III Biometrical aspects of maternal effects in animals. *J Anim. Sci.*, 35:1288.
- WILLHAM, R.L. 1980. Problems in estimating maternal effects. *Livest. Prod. Sci.*, 7:405-418.
- WINTERS, L.M.; CUMMINGS, J.N.; STEWART, H.A. 1947. A study of factors affecting survival from birth to weaning and total weaning weight of the litter in swine. *J Anim. Sci.*, 6:288-296.