

RENATO ANDRADE VALE

APLICAÇÃO DE MODELOS ANIMAIS NA ESTIMATIVA DE  
HERITABILIDADE EM CARACTERÍSTICAS DE  
LEITÕES DA RAÇA PIAU

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal/Suínos, para obtenção do grau de «Mestre».

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS  
LAVRAS - MINAS GERAIS  
1993

RENATO ANDRADE VALE

APLICAÇÃO DE MODELOS ANIMAIS NA ESTIMATIVA DE HERITABILIDADE  
EM CARACTERÍSTICAS DE LEITÕES DA RAÇA PIAU

*Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal/Suínos, para obtenção do grau de "Mestre".*

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS  
LAVRAS-MINAS GERAIS

1993

RENATO ANDRADE VALE

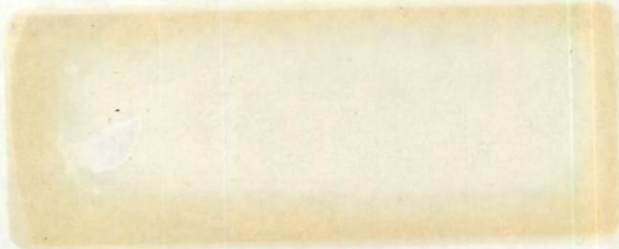
1993

TOR

APLICAÇÃO DE MODELOS ANIMAIS NA ESTIMATIVA DE HERITABILIDADE  
EM CARACTERÍSTICAS DE LEITEZ DA RAÇA PIAU



Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do grau de "Mestre".



ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS-MINAS GERAIS

1993

DEPARTAMENTO

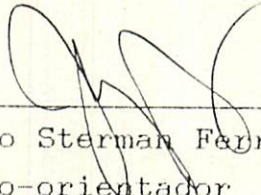
*Edelina*

1993

BIBLIOTECA

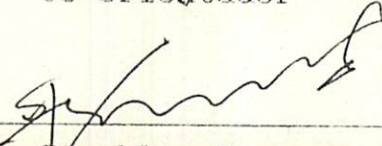
APLICAÇÃO DE MODELOS ANIMAIS NA ESTIMATIVA DE HERITABILIDADE EM  
CARACTERÍSTICAS DE LEITÕES DA RACA PIAU.

Aprovada em: 20/09/1993



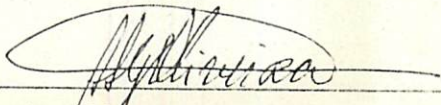
---

Prof. José Bento Sterman Ferraz  
Co-orientador



---

Prof. Antônio Stockler Barbosa  
Co-orientador



---

Prof. Antônio Ilson Gomes de Oliveira  
Orientador

Aos "meus anseios universitários";  
aos meus pais, esposa e filhos,  
dedico.

### AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras, pela sublime oportunidade de realização deste trabalho;

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Ensino Superior (CAPES) pela bolsa concedida na efetivação do curso;

À Financiadora de Projetos - FINEP, pelo apoio financeiro imprescindível à realização de tal evento;

Ao Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura de Lavras pela oportunidade oferecida;

Ao Professor Antônio Stockler Barbosa e à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, pela concessão dos dados indispensáveis à realização deste trabalho;

Ao Departamento de Ciências Básicas da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, pela oportunidade oferecida para o processo computacional;

## AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras, pelo sublime oportunidade de realização deste trabalho;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Superior (CAPES) pela bolsa concedida na efetivação do curso;

À Financiadora de Projetos - FINEP, pelo apoio financeiro imprescindível à realização de tal evento;

Ao Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura de Lavras pela oportunidade oferecida;

Ao Professor Antônio Stockler Barbosa e à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, pela concessão dos dados indispensáveis à realização deste trabalho;

Ao Departamento de Ciências Básicas da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, pela oportunidade oferecida para o processo computacional;

Ao professor José Bento Sterman Ferraz pelo apoio, sugestões e utilização de recursos computacionais imprescindíveis à realização de tal trabalho;

Ao Professor Antônio Ilson Gomes de Oliveira pela sábia orientação, interesse, valiosas sugestões, apoio e amizade;

Ao professor Álvaro João Lacerda de Almeida pelas suas observações altamente construtivas, apoio e amizade;

À Suelba Ferreira de Souza pelo apoio, dedicação, carinho e amizade;

Aos amigos que apoiaram e acreditaram.

**Agradeço.**



## SUMÁRIO

|   | <i>Página</i> |
|---|---------------|
| LISTA DE TABELAS.....                               | vii           |
| LISTA DE FIGURAS.....                               | ix            |
| 1-INTRODUÇÃO.....                                   | 01            |
| 2-REVISÃO DE LITERATURA.....                        | 04            |
| 2.1-Estimação de parâmetros genéticos.....          | 04            |
| 2.2-Os modelos animais.....                         | 05            |
| 2.3-Rusticidade da raça Piau.....                   | 08            |
| 2.4-Efeito da idade à primeira cria.....            | 10            |
| 2.5-Efeito da ordem de parto e idade da matriz..... | 10            |
| 2.6-Efeito do ano de parição.....                   | 12            |
| 2.7-Efeito da época e/ou mês de nascimento.....     | 13            |
| 3-MATERIAL E MÉTODOS.....                           | 14            |
| 3.1-Origem dos dados.....                           | 14            |
| 3.2-Variáveis avaliadas.....                        | 16            |
| 3.3-Metodologia estatística.....                    | 17            |

SUMÁRIO

| Página |  |
|--------|--|
| vii    | LISTA DE TABELAS .....                               |
| ix     | LISTA DE FIGURAS .....                               |
| 01     | 1-INTRODUÇÃO .....                                   |
| 04     | 2-REVISÃO DE LITERATURA .....                        |
| 04     | 2.1-Estimação de parâmetros genéticos .....          |
| 05     | 2.2-Os modelos animais .....                         |
| 08     | 2.3-Rusticidade da raça Piau .....                   |
| 10     | 2.4-Efeito da idade à primeira cria .....            |
| 10     | 2.5-Efeito da ordem de parto e idade da matriz ..... |
| 15     | 2.6-Efeito do ano de parição .....                   |
| 13     | 2.7-Efeito da época e no mês de nascimento .....     |
| 14     | 3-MATERIAL E METODOS .....                           |
| 14     | 3.1-Origem dos dados .....                           |
| 16     | 3.2-Variáveis avaliadas .....                        |
| 17     | 3.3-Metodologia estatística .....                    |

|  |    |
|--|----|
| 3.3.1-Preparação dos dados .....   | 17 |
| 3.3.2-Análise dos dados sob modelo<br>animal .....                             | 18 |
| 4-RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 21 |
| 4.1-Tempo de processamento, parâmetro ambiental<br>e e escolha do modelo ..... | 21 |
| 4.3-Valores de heritabilidade .....  | 24 |
| 5-CONCLUSÕES .....   | 30 |
| 6-RESUMO .....   | 31 |
| 7-SUMMARY .....  | 32 |
| 8-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 33 |

17 ..... 3.3.1-Preparação dos dados

18 ..... 3.3.2-Análise dos dados sob modelo animal

21 ..... 4-RESULTADOS E DISCUSSÃO

21 ..... 4.1-Tempo de processamento, parâmetro ambiental e escolha do modelo

24 ..... 4.2-Valores de heritabilidade

30 ..... 5-CONCLUSÕES

31 ..... 6-RESUMO

35 ..... 7-SUMMARY

38 ..... 8-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## LISTA DE TABELAS

*Tabela*

*Página*

- 1    Frequência anual do número de leitões, do número de matrizes e do número de reprodutores dos suínos da raça Piau do rebanho da Fazenda Experimental "Professor Hélio Barbosa" da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais..... 15

valores de herdabilidade ( $h^2$ ), coeficiente de variação da variância fenotípica (CVP), variância fenotípica ( $V_p$ ) e  $C^2$  para peso ao nascimento (PN), peso aos 21 dias de idade (PS1d), peso aos 42 dias (PS2d), ganho de peso do nascimento aos 21 dias (GP1), ganho de peso dos 21 aos 42 dias (GP2), ganho de peso do nascimento aos 42 dias (GP3) e número de tetas (NOMETE) de leitões da raça Espanholo da Fazenda Experimental "Professor Hélio Barbosa" da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, de acordo com os modelos estudados..... SA

- 2 Valores de heritabilidade ( $h^2$ ), coeficiente de variação da variância fenotípica (CVP), variância fenotípica ( $V_p$ ) e  $C^2$  para peso ao nascimento (PN), peso aos 21 dias de idade (P21d), peso aos 42 dias (P42d), ganho de peso do nascimento aos 21 dias (GP1), ganho de peso dos 21 aos 42 dias (GP2), ganho de peso do nascimento aos 42 dias (GP3) e número de tetas (NUMTET) de leitões da raça Piau rebanho da Fazenda Experimental "Professor Hélio Barbosa" da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, de acordo com os modelos estudados..... 24

valores de herdabilidade ( $h^2$ ), coeficiente de variação  
 da variância fenotípica (CVP), variância fenotípica ( $V_p$ )  
 e  $C^2$  para peso ao nascimento (PN), peso aos 21 dias  
 de idade (P21d), peso aos 42 dias (P42d), ganho de peso  
 do nascimento aos 21 dias (GP1), ganho de peso dos 21  
 aos 42 dias (GP2), ganho de peso do nascimento aos 42  
 dias (GP3) e número de tetas (NUTET) de leitões da raça  
 Piau espanho da Fazenda Experimental "Professor Hélio  
 Barbosa" da Escola de Veterinária da Universidade Federal  
 de Minas Gerais, de acordo com os modelos estudados..... SA



## LISTA DE FIGURAS

| <i>Figura</i> | <i>Página</i>   |
|---------------|---|
| 1             | Valores das estimativas de heritabilidade para peso ao nascimento (PN), peso aos 21 dias (P21d), peso aos 42 dias (P42d), ganho de peso do nascimento aos 21 dias (GP1), ganho de peso dos 21 aos 42 dias (GP2), ganho de peso do nascimento aos 42 dias (GP3) e número de tetas (NUMTET) de leitões da raça Piau do rebanho da Fazenda Experimental "Professor Hélio Barbosa" da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, de acordo com os modelos estudados..... 26 |

LISTA DE FIGURAS

Figuras

Página

I

Valores das estimativas de herdabilidade para peso ao nascimento (PN), peso aos 21 dias (P21d), peso aos 42 dias (P42d), ganho de peso do nascimento aos 21 dias (GP1), ganho de peso dos 21 aos 42 dias (GP2), ganho de peso do nascimento aos 42 dias (GP3) e número de fetos (NUMFET) de leitões da raça Piau do rebanho da Fazenda Experimental "Professor Hélio Barbosa" da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, de acordo com os modelos estudados..... 28

## 1-INTRODUÇÃO

As raças suínas nacionais são muito pouco estudadas. Na época em que foram mais exploradas, até a década de 60, a pesquisa científica na área era incipiente e as referências publicadas limitavam-se quase que exclusivamente a observações de desempenho de algumas raças, dadas a conhecer pelos autores nacionais de antigas obras de suinocultura. Afora estes relatos, os trabalhos científicos sobre as raças suínas nacionais foram, quase que na totalidade, baseados em levantamentos e estudos de determinados rebanhos (quase todos extintos há mais de 15 anos) de algumas fazendas experimentais oficiais nos Estados de Minas Gerais e São Paulo e algumas fazendas particulares.

A partir de 1980 teve início um novo ciclo do suíno nacional através da concretização da idéia de um reestudo das raças. Alguns núcleos começaram a ser estabelecidos e os projetos e programas de preservação, avaliação, melhoramento genético e cruzamentos de algumas raças nacionais interessam às instituições de pesquisa do País, tendo sido a Escola de Veterinária da

## 1-INTRODUÇÃO

As raças suínas nacionais são muito pouco estudadas. Na época em que foram mais exploradas, até a década de 60, a pesquisa científica na área era incipiente e as referências publicadas limitavam-se quase que exclusivamente a observações de desempenho de algumas raças, dadas a conhecer pelos autores nacionais de antigas obras de suinocultura. Agora estes relatos, os trabalhos científicos sobre as raças suínas nacionais foram, quase que na totalidade, baseados em levantamentos e estudos de determinados rebanhos (quase todos extintos há mais de 15 anos) de algumas fazendas experimentais oficiais nos Estados de Minas Gerais e São Paulo e algumas fazendas particulares.

A partir de 1980 teve início um novo ciclo do suíno nacional através da concretização da ideia de um rebanho das raças. Alguns núcleos começaram a ser estabelecidos e os projetos e programas de preservação, avaliação, melhoramento genético e cruzamentos de algumas raças nacionais interessam às instituições de pesquisa do País, sendo ainda a Escola de Veterinária da

Universidade Federal de Minas Gerais possivelmente a pioneira com a raça Piau.

O melhoramento genético animal, cujo objetivo é o de propagar genótipos superiores através das gerações sucessivas, tem como ponto fundamental a identificação de indivíduos com tais genótipos e dispõe de duas alternativas básicas para consecução desses objetivos: a seleção e os sistemas de acasalamento.

A seleção não cria o material que seleciona. Ela opera natural ou artificialmente enquanto a população tiver dois ou mais genótipos, permitindo a perpetuação dos mais adaptados ou dos potencialmente mais produtivos.

Os sistemas de acasalamento, por meio de rearranjos gaméticos, permite a criação de novos genótipos sobre os quais a seleção pode atuar perpetuando-os.

Em ambas as alternativas a base fundamental é a variabilidade genética; assim, há que se preservar, quando não até provocar, a variabilidade populacional, sob a pena de nos privarmos desta condição inicial para um programa de melhoramento genético.

A introdução de raças alienígenas melhoradas que proporcionam lucros imediatos provoca desinteresse pelas raças nativas, e a falta de informações a respeito destas raças deve ser motivo de preocupação, pela contribuição que podem trazer para a variabilidade genética. A utilização intensa de raças estrangeiras, selecionadas para propósitos específicos, sempre adaptadas às nossas condições, provoca um perigoso desinteresse pelas raças nacionais, sob a alegação de que são depositárias de características indesejáveis, o que dificulta o seu estudo.



A utilização de modelos animais para suínos tem sido proposto visando resolver uma série de problemas com os quais se depara atualmente na análise de dados, uma vez que várias fontes comuns de vício, tais como: efeitos comuns ou permanentes de ambiente ou de grupos de animais, efeitos de endogamia, acasalamentos preferenciais, efeito maternos, dentre outras são consideradas nestes modelos, resultando em predições e estimativas não viesadas.

O objetivo foi o de utilizar modelos animais para se estimar valores de heritabilidade para algumas características de suínos do nascimento aos 42 dias de idade e número de tetas em leitegadas da raça Piau do rebanho da Fazenda Experimental "Professor Hélio Barbosa" da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais.

A utilização de modelos animais para estudos tem sido proposta visando resolver uma série de problemas com os quais se depara atualmente na análise de dados, uma vez que várias fontes comuns de vício, tais como: efeitos comuns ou permanentes de ambiente ou de grupos de animais, efeitos de endogamia, desajustamentos preferenciais, efeito materno, dentre outras são consideradas nestes modelos, resultando em predições e estimativas não viáveis.

O objetivo foi o de utilizar modelos animais para as seguintes variáveis de herdabilidade para algumas características de animais do nascimento aos 42 dias de idade e número de leitões em leitagens da raça Piau do rebanho da Fazenda Experimental "Professor Hélio Barbosa" da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais.



## 2-REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1-Estimação de parâmetros genéticos

O melhoramento genético das espécies domésticas é baseado em razões de componentes de variância como os coeficientes de heritabilidade ( $h^2$ ) e repetibilidade ( $r$ ). Os componentes de variância têm sido estimados por diferentes métodos que vêm evoluindo à medida que novas técnicas computacionais e novas teorias têm sido desenvolvidas. O desenvolvimento de programas de melhoramento bem estruturados depende de um acurado conhecimento dos parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais da população a ser melhorada (LUKEFAHR et al., 1992).

Os primeiros métodos aplicados às análises de variância, até hoje utilizados, baseiam-se no método dos quadrados mínimos. O método III de Henderson (HENDERSON, 1953) foi um dos mais aplicados na estimação de componentes de variância. Seguiram-se os métodos de máxima verossimilhança - ML (HARTLEY & RAO, 1967), da máxima verossimilhança por processo iterativo IML (CUNNINGHAM & HENDERSON,

1968 e THOMPSON, 1969), estimação não viesada com mínimos quadrados sob normalidade MINQUE (RAO, 1970), a máxima verossimilhança restrita-REML (PATTERSON & THOMPSON, 1971) e a estimação quadrática não viesada de variância mínima - MINQUE (RAO, 1971). HENDERSON (1949) descreveu as equações de modelos mistos, que consideram efeitos fixos e aleatórios simultaneamente, sendo que o uso dessas equações se deu somente a partir dos anos 80 com a evolução computacional.

A melhor predição linear não viesada BLUP (HENDERSON, 1949 e HENDERSON et al., 1959), utilizando os modelos mistos sob modelo animal tem se tornado rapidamente o método preferido pelos melhoristas animais (HENDERSON, 1988).

De acordo com BOLDMAN & VAN VLECK (1991) a máxima verossimilhança restrita (REML) é o método mais adequado à estimação de componentes de variância e covariância quando se utiliza dados não balanceados, os quais são comumente utilizados em trabalhos de melhoramento genético animal.

## 2.2-Os modelos animais

O objetivo principal dos modelos animais é chegar a um modelo que descreva, da maneira mais próxima possível, a real situação biológica para a predição de valores genéticos aditivos e a estimação de componentes de variância (KENNEDY et al., 1988 e VAN RADEN & WIGGANS, 1991). Sua utilização em melhoramento de espécies zootécnicas tomou grande impulso a partir das discussões efetuadas em um simpósio realizado em Edmonton, Alberta (Canadá), sendo que

1967 - THOMPSON, 1969) - estimação não viesada com mínimos quadrados sob normalidade MINKUE (RAO, 1970) - a máxima verossimilhança restrita-REML (PATTERSON & THOMPSON, 1971) e a estimação quadrática não viesada de variância mínima - MINKUE (RAO, 1971) - HENDERSON (1971) descreveu as equações de modelos mistos, que consideram efeitos fixos e aleatórios simultaneamente, sendo que o uso dessas equações se deu somente a partir dos anos 80 com a evolução computacional.

A melhor predição linear não viesada BLUE (HENDERSON, 1969 - HENDERSON et al., 1959), utilizando os modelos mistos sob modelo animal tem se tornado rapidamente o método preferido pelos melhoristas animais (HENDERSON, 1988).

De acordo com BOLDMAN & VAN VLECK (1991) a máxima verossimilhança restrita (REML) é o método mais adequado a estimação de componentes de variância e covariância quando se utiliza dados não balanceados, os quais são comumente utilizados em trabalhos de melhoramento genético animal.

### S.2-02 modelos animais

O objetivo principal dos modelos animais é chegar a um modelo que descreva, da maneira mais próxima possível, a realidade biológica para a predição de valores genéticos aditivos a estimação de componentes de variância (KENNEDY et al., 1988 e VAN RADEN & WIGGANS, 1991). Sua utilização em melhoramento de espécies zootécnicas tomou grande impulso a partir das discussões efetuadas em um simpósio realizado em Edmonton, Alberta (Canadá), sendo que

em 1989, os modelos animais tornaram-se a base do programa de avaliação de touros leiteiros dos Estados Unidos da América em escala nacional (VAN VLECK, 1992a) e no momento estão sendo progressivamente implantados nos programas de avaliação de reprodutores ao redor do mundo, como, por exemplo, na avaliação de touros de corte norte americanos, na avaliação de todo o rebanho de elite de suínos na Dinamarca, na avaliação do rebanho leiteiro canadense, dentre outros. Os modelos animais utilizam, de forma direta ou indireta, a matriz de parentesco completa, com todas as relações aditivas entre todos os possíveis animais com informações disponíveis.

O termo "modelo animal" foi proposto por QUAAS & POLLAK (1980) e atualmente designa uma série de diferentes modelos que têm em comum o fato de considerarem, na solução do sistema de equações utilizado para predição de efeitos aleatórios, a matriz de parentesco com todas as informações conhecidas, inclusive de animais que não tenham registro de produção. O termo "modelo animal" descreve mais o modelo genético usado para a avaliação do que o método da avaliação em si (VAN VLECK, 1992a). O modelo animal é intuitivamente simples de se explicar, quando se considera que ele determina uma equação para cada efeito, isto é, para cada efeito fixo ou aleatório, uma equação é definida. Exemplificando, para se avaliar os valores genéticos aditivos direto e materno de 2000 animais, de ambos os sexos, três diferentes anos e quatro diferentes fazendas, o sistema de equações conterà duas equações para o efeito de sexo, três para o efeito de ano, quatro para o efeito de fazenda, 2000 para os efeitos de valor genético aditivo e

em 1970, os modelos animais tornaram-se a base do programa de avaliação de torres leiteras dos Estados Unidos da América em escala nacional (VAN VLECK, 1982a) e no momento estão sendo gradualmente implantados nos programas de avaliação de reprodutores ao redor do mundo, como, por exemplo, na avaliação de torres de carne nos Estados Unidos, na avaliação de rebanhos leiteros de suínos na Dinamarca, na avaliação do rebanho leitero canadense, dentre outros. Os modelos animais utilizam, de forma direta ou indireta, a matriz de parentesco completa, com todas as relações aditivas entre todos os possíveis animais com informações disponíveis.

O termo "modelo animal" foi proposto por QUAAZ & POLAK (1980) e atualmente designa uma série de diferentes modelos que têm em comum o fato de considerarem, na solução do sistema de equações utilizado para predição de efeitos aleatórios, a matriz de parentesco com todas as informações conhecidas, inclusive de animais que não tenham registro de produção. O termo "modelo animal" descreve mais o modelo genético usado para a avaliação do que o método de avaliação em si (VAN VLECK, 1982a). O modelo animal é inicialmente simples de se explicar, quando se considera que ele determina uma equação para cada efeito, isto é, para cada efeito fixo ou aleatório, uma equação é definida. Exemplificando, para se avaliar os valores genéticos aditivos direto e materno de 2000 animais, de ambos os sexos, três diferentes anos e quatro diferentes fazendas, o sistema de equações contém duas equações para o efeito de sexo, três para o efeito de ano, quatro para o efeito de fazenda, 2000 para os efeitos de valor genético aditivo e

2000 para os valores genéticos maternos, num total de 4009 equações.

Dentre as principais propriedades dos modelos animais, citados por inúmeros autores, tais como: HENDERSON (1988), KENNEDY et al. (1988), SORENSEN (1988), JUGA & THOMPSON (1989), MEYER, (1989a,b), VAN VLECK & NUÑEZ-DOMINGUEZ (1990), KEELE et al. (1991); WEIGEL et al. (1991), KEMP & WILTON (1992), POLLAK (1992), VAN VLECK (1992a,b), podem ser destacadas:

-Fornecem estimativas não viesadas dos efeitos fixos (BLUE), quando normalmente distribuídos e fornecem previsões lineares não viesadas dos efeitos aleatórios (BLUP);

-Independência da distribuição normal para fins de previsão do valor genético;

-Permitem a estimação conjunta de efeitos fixos e aleatórios;

-Consideram os efeitos de endogamia dos animais ou de suas mães, devendo para isto o seu efeito ser incluído como covariável no modelo o que resulta em melhores previsões dos estimadores de componentes de variância;

-Permitem a estimação de efeitos maternos, efeitos comuns ou permanentes de ambiente e de grupos de animais;

-Consideram os efeitos de seleção sobre as estimativas, tornando-se importantes na análise de experimentos de seleção e realizam ajustes devido a acasalamentos não aleatórios, podendo inclusive ser usado na análise de dados oriundos de cruzamentos;

-Permitem utilização de registros repetidos de animais, tornando-se extremamente úteis na análise de dados de eficiência

3000 para os valores genéticos maternos, num total de 4000 equações.

Dentre as principais propriedades dos modelos animais citadas por inúmeros autores, tais como: HENDERSON (1988), KENNEDY et al. (1988), SORENSEN (1988), JUCA & THOMPSON (1989), MEYER (1992a,b), VAN VLECK & BUÏES-DOMINGUES (1990), KEMLE et al. (1991), WELCH et al. (1991), KEMP & WILSON (1992), POLAK (1992), VAN VLECK (1992a,b), podem ser destacadas:

- Fornecem estimativas não viesadas dos efeitos fixos (BLUP) quando normalmente distribuídos e fornecem predições não viesadas dos efeitos aleatórios (BLUP);

- Independência da distribuição normal para fins de predição do valor genético;

- Permitem a estimação conjunta de efeitos fixos e aleatórios;

- Consideram os efeitos de endogamia dos animais ou de suas mães, devendo para isto o seu efeito ser incluído como covariável no modelo o que resulta em melhores predições dos estimadores de componentes de variância;

- Permitem a estimação de efeitos maternos, efeitos comuns ou permanentes de ambiente e de grupos de animais;

- Consideram os efeitos de seleção sobre as estimativas, tornando-se importantes na análise de experimentos de seleção e realismo ajustas devido a acasalamentos não aleatórios, podendo inclusive ser usado na análise de dados oriundos de cruzamentos;

- Permitem utilização de registros repetidos de animais, tornando-se extremamente úteis na análise de dados de eficiência.

reprodutiva;

-Permitem a predição de valores genéticos aditivo em características limitadas pelo sexo, ou seja, tais predições podem ser obtidas para machos em características expressas em fêmeas e vice versa;

-Permitem a estimação de tendências genética, fenotípica e ambiental, mesmo sem a utilização de populações controle ou em dados com gerações intercaladas ou sobrepostas;

-Permitem a estimação de componentes de variância e parâmetros genéticos através da utilização simultânea de dados de meio irmãos paternos ou maternos e irmãos completos, sem necessidade de delineamentos hierárquicos;

-Permitem a análise simultânea de características (análise multivariada), estando os programas para computação de tais sistemas em desenvolvimento em vários locais ao redor do mundo;

-Permitem a estimação de efeitos de dominância e epistasia, estando os programas atualmente em desenvolvimento Boldman e Van Vleck, 1992 citados por FERRAZ (1993).

### 2.3-Rusticidade da raça Piau

De acordo com SCHLINDEWEIN (1976) em estudo preliminar com suínos das raças Duroc, Berkshire e Piau criados na Estação Experimental de Zootecnia de Sertãozinho-SP, no período de 1960 a 1970, foram levantadas 192 leitegadas Duroc, 124 Berkshire e 128 Piau, para definição da duração de gestação, número de leitões



respostas;

-Permite a predição de valores genéticos aditivo em  
casos evolutivos limitados pelo sexo, ou seja, tais predições podem  
ser utilizadas para machos em características expressas em fêmeas e  
vice-versa;

-Permite a estimação de tendências genéticas, fenotípicas  
e ambientais, mesmo sem a utilização de populações controle ou em  
tela, em gerações intercaladas ou sobrepostas;

-Permite a estimação de componentes de variância e  
parâmetros genéticos através da utilização simultânea de dados de  
meio irmãos paternos ou maternos e irmãos completos, sem  
necessidade de delineamentos hierárquicos;

-Permite a análise simultânea de características  
(análise multivariada), estando os programas para computação de  
tais sistemas em desenvolvimento em várias localidades ao redor do  
mundo;

-Permite a estimação de efeitos de dominância e  
epistática, estando os programas atualmente em desenvolvimento  
Robson e Van Vleck, 1982 citados por FERRAZ (1983).

### 2.3-Rusticidade da raça Piau

De acordo com SCHLINDWEIN (1976) em estudo preliminar  
com animais das raças Duroc, Berkshire e Piau criados na Estação  
Experimental de Zootecnia de Seretozinho-SP, no período de 1960 a  
1976, foram levantadas 192 leitengas Duroc, 124 Berkshire e 128  
Piau, para definição da duração de gestação, número de leitões

nascidos vivos por parto, peso dos leitões, ano de nascimento, número de natimortos por parto, número de leitões desmamados, peso dos leitões à desmama, índice de fertilidade, frequência de abortos e mortalidade. Os valores observados para cada característica, foram os seguintes para a raça Piau: período de gestação (em dias): 113,55 ; número de leitões nascidos vivos/leitegada: 7,9; peso dos leitões nascidos vivos (em gramas): 1177,41; natimortos: percentagem de natimortos sobre o total de leitões nascidos: 10,1; número de leitões desmamados: 6,3; peso dos leitões à desmama (em gramas): 10936,23; índice de fertilidade (%): 81,39; frequência de abortos (%): 0,00; mortalidade (%): 21,0. A raça Piau apresentou uma sobrevivência dos leitões do nascimento à desmama comparável à raça Duroc e superior à raça Berkshire, sendo, porém, o peso dos leitões inferior na raça nacional nas duas idades. A maior frequência de partos com natimortos ocorreu na raça Piau e a menor na Berkshire. As raças Piau e Duroc apresentaram índices semelhantes de fertilidade, sendo mais altos do que o verificado na raça Berkshire. A raça Piau não registrou nenhum aborto, sendo esta incidência maior na raça Berkshire do que na raça Duroc. A mortalidade até à desmama foi semelhante para as três raças. SCHLINDWEIN et al. (1976), concluíram de suas observações que se pode inferir grandes qualidades reprodutivas da raça Piau, que se constitui num valioso material para a composição de programas de cruzamento visando aliar produção e rusticidade.

De acordo com as observações de BENEVIDES FILHO et al. (1985), o peso médio da leitegada de suínos Piau ao nascimento foi superior aos encontrados por JORDÃO et al. (1946) e CARNEIRO et

nasceres vivos por parto, peso dos leitões, ano de nascimento, número de natimortos por parto, número de leitões desmamados, peso dos leitões à desmama, índice de fertilidade, frequência de abortos e mortalidade. Os valores observados para cada característica foram os seguintes para a raça Piau: período de gestação (em dias): 113,55; número de leitões nascidos vivos\leitoadas: 7,27; peso dos leitões nascidos vivos (em gramas): 1177,41; natimortos: 10,17; percentagem de natimortos sobre o total de leitões nascidos: 10,17; número de leitões desmamados: 6,3; peso dos leitões à desmama (em gramas): 1033,23; índice de fertilidade (%): 81,33; frequência de abortos (%): 0,00; mortalidade (%): 21,0. A raça Piau apresentou uma sobrevivência dos leitões do nascimento à desmama comparável à raça Duroc e superior à raça Berkshire, sendo, porém, o peso dos leitões inferior na raça nacional nas duas idades. A menor frequência de partos com natimortos ocorreu na raça Piau e a menor na Berkshire. As raças Piau e Duroc apresentaram índices semelhantes de fertilidade, sendo mais altos do que o verificado na raça Berkshire. A raça Piau não registrou nenhum aborto, sendo esta característica maior na raça Berkshire do que na raça Duroc. A mortalidade até à desmama foi semelhante para as três raças. SCHILLING et al. (1978), concluíram de suas observações que se pode inferir grandes qualidades reprodutivas da raça Piau, que se constitui num valioso material para a composição de programas de melhoramento visando a maior produção e praticidade.

De acordo com as observações de BENEVIDES FILHO et al. (1981), o peso médio da leitegada de suínos Piau ao nascimento foi superior aos encontrados por JORDÃO et al. (1946) e CARRINHO et

al. (1966) e inferior aos obtidos por PERALTA (1973) e SCHLINDWEIN et al. (1976). A validade da comparação entre os pesos de leitegada torna-se duvidosa em função de ser uma variável muito dependente de fatores tais como: qualidade e precisão do material de padronização de critérios e mão-de-obra. Entretanto, a superioridade ou inferioridade de tais pesos pode refletir a qualidade do manejo das porcas durante a gestação.

De acordo com observações de BENEVIDES FILHO et al. (1985), o tamanho médio da leitegada à desmama (5,40) foi inferior a todos aqueles levantados da literatura sobre a raça Piau, denunciando, possivelmente, uma degeneração do ambiente e/ou uma diminuição do mérito genético dos animais, desde o nascimento até à desmama, acarretando, concomitantemente, um menor peso médio da leitegada à desmama.

#### **2.4-Efeito da idade à primeira cria**

Estudando um rebanho Piau em Minas Gerais, CARNEIRO et al. (1966) observaram um aumento progressivo e significativo do número de leitões por leitegada com o aumento da idade à primeira cria de 12 até 60 meses, quando, então este número passou a decrescer. Este resultado evidencia que a idade da marrã à primeira parição, influencia o tamanho da leitegada.

#### **2.5-Efeito da ordem de parto e idade da matriz**

A ordem de parto e a idade da porca ao parto

Al. (1986) e inferior aos obtidos por PERALTA (1973) e SCHLINDWEIN  
 de se a (1976). A validade da comparação entre os pesos  
 feita, da forma-se duvidosa em função de ser uma variável muito  
 dependente de fatores tais como: qualidade e precisão de material  
 de padronização de critérios e mão-de-obra. Entretanto,  
 a correlação ou inter-relação de tais pesos pode refletir  
 alguma coisa do manejo das porcas durante a gestação.

De acordo com observações de BENEVIDES FILHO et al.  
 (1987), o tamanho médio da leitegada à desmama (5,40) foi inferior  
 a todos aqueles levantados da literatura sobre a raça Girão,  
 demonstrando, possivelmente, uma degeneração do ambiente e/ou uma  
 diminuição do mérito genético dos animais, desde o nascimento até a  
 desmama, acarretando, concomitantemente, um menor peso médio da  
 leitegada à desmama.

**5.4-Efeito da idade à primeira cria**

Estudando um rebanho Piau em Minas Gerais, CARVALHO et  
 al. (1986) observaram um aumento progressivo e significativo do  
 número de leitões por leitegada com o aumento da idade à primeira  
 cria de 12 até 60 meses, quando, então, este número passou a  
 decrescer. Este resultado evidencia que a idade da mãe à primeira  
 parição, influencia o tamanho da leitegada.

**5.2-Efeito da ordem de parto e idade da matriz**

A ordem de parto e a idade da porca no parto

correspondente, é um fator que pode influenciar significativamente o tamanho da leitegada, de acordo com a maioria dos autores (ALVES, 1986; SILVA, 1988).

Os efeitos da idade da porca e da ordem de parto se confundem, uma vez que o número de partições cresce à medida que a idade da porca aumenta (FEDALTO, 1979).

De acordo com NICOLAO (1982) e SILVA (1988), houve efeito quadrático da ordem de parto tanto sobre o ganho de peso da leitegada como sobre o ganho de peso médio do leitão do nascimento aos 21 dias, com valores máximos observados em torno do quarto parto. De acordo com CARNEIRO (1958), para a raça Piau, as maiores leitegadas e os melhores pesos ao nascimento e aos 56 dias de idade ocorriam em fêmeas com idade variando entre 36 e 41 meses.

Trabalhando com um rebanho Piau da Fazenda Ganchim, BENEVIDES FILHO (1982) observou que a idade da matriz ao parto revelou-se importante causa de variação influenciando o tamanho da leitegada à desmama e o peso da leitegada às duas idades; o tamanho da leitegada diminui com a progressão da idade da matriz ao parto, enquanto que, para o peso da leitegada, as porcas têm seu desempenho aumentando progressivamente, até em torno dos 20 meses, começando um declínio mais acentuado após os 30 meses de idade.

BENEVIDES FILHO et al. (1985) trabalhando com a raça Piau, verificaram que, apesar de a literatura considerar a idade da fêmea à parição estreitamente relacionada com a ordem de parto, para o rebanho avaliado por estes autores essa relação não existiu, quando se considerou a idade individualmente, demonstrando a sua alta dependência do manejo reprodutivo.

correspondente, e um fator que pode influenciar significativamente o tamanho da leitegada, de acordo com a maioria dos autores (ALVES, 1986; SILVA, 1988).

Os efeitos da idade da fêmea e da ordem de parto são considerados, uma vez que o número de parênteses cresce à medida que a idade da fêmea aumenta (FEDATO, 1979).

De acordo com NICOLAO (1982) e SILVA (1988), houve efeito significativo da ordem de parto tanto sobre o ganho de peso da leitegada como sobre o ganho de peso médio do leitão no nascimento aos 28 dias, com valores máximos observados em torno do quarto parto. De acordo com CARRIHO (1958), para a raça Piau, as maiores leitegadas e as melhores pesos ao nascimento e aos 28 dias de idade ocorreram em fêmeas com idade variando entre 36 e 41 meses.

Trabalhando com um rebanho Piau da fazenda Ganância, BENEVIDES FILHO (1982) observou que a idade da matriz no parto revela-se importante causa de variação influenciando o tamanho da leitegada à desmama e o peso da leitegada às duas idades; o tamanho da leitegada diminui com a progressão da idade da matriz ao parto, enquanto que, para o peso da leitegada, as fêmeas têm seu desempenho aumentando progressivamente até em torno dos 30 meses, começando um declínio mais acentuado após os 30 meses de idade.

BENEVIDES FILHO et al. (1985) trabalhando com a raça Piau, verificaram que, apesar de a literatura considerar a idade da fêmea a parição estreitamente relacionada com a ordem de parto, para o rebanho avaliado por estes autores essa relação não existia, quando se considerou a idade individualmente, demonstrando a alta dependência do manejo reprodutivo.

## 2.6-Efeito do ano de parição

De acordo com FREITAS (1989) o ano de parição afetou o tamanho das leitegadas aos 21 dias e à desmama, os pesos das leitegadas, o ganho de peso médio diário do leitão e da leitegada e a sobrevivência do nascimento aos 21 dias de idade.

BENEVIDES FILHO et al. (1985), trabalhando com um rebanho Piau, verificaram diferença de ano para o peso da leitegada ao nascimento e à desmama não havendo efeito do mesmo para tamanho de leitegada às duas idades. Esses resultados discordam daqueles obtidos por PERALTA et al. (1976), na raça Piau, que não encontraram qualquer contribuição significativa do ano sobre as características tamanho e peso de leitegada ao nascimento e à desmama.

De acordo com BENEVIDES FILHO et al. (1985), as variações anuais podem não só resultar da ação das forças seletivas, como também de alterações no ambiente (alimentação, manejo, condições sanitárias e administração) e da própria magnitude de amostra que compõe cada ano. De acordo com este mesmo autor, o peso ao nascimento varia, principalmente, em função do tamanho da leitegada e do estado nutricional das porcas, sendo este, em grande parte, responsável pela produção leiteira das fêmeas que, juntamente com o tamanho da leitegada à desmama, irá ter uma participação importante na variação do peso da leitegada a esta idade. Isto sugere que as variações nos pesos da leitegada são mais susceptíveis às alterações provocadas pelo complexo de fatores agrupados em ano de nascimento do que às variações no tamanho da



De acordo com FERREIRA (1989) o ano de parição afeta o tamanho das fêmeas aos 21 dias e a duração da lactação, o ganho de peso médio diário do leite e da lactação e a sobrevivência do nascimento aos 21 dias de idade.

BENEVIDES FILHO et al. (1985), trabalhando com um rebanho Piau, verificaram diferença de ano para o peso de fêmeas ao nascimento e a duração não havendo efeito do mesmo para tamanho de fêmeas às duas idades. Esses resultados discordam daqueles obtidos por FERREIRA et al. (1976), na raça Piau, que não encontraram qualquer contribuição significativa do ano sobre as características tamanho e peso de fêmeas ao nascimento e a duração.

De acordo com BENEVIDES FILHO et al. (1985), as variações anuais podem não ser resultantes da época de fêmeas, como também de alterações no ambiente (alimentação, manejo, condições sanitárias e administrativas) e da própria magnitude de amostra que compõe cada ano. De acordo com este mesmo autor, o peso ao nascimento varia, principalmente, em função do tamanho da lactação e do estado nutricional das fêmeas, sendo este, em grande parte, responsável pela produção leiteira das fêmeas que, juntamente com o tamanho da lactação e a duração da lactação, participam importante na variação do peso de fêmeas a esta idade. Isto sugere que as variações nos pesos de fêmeas ao nascimento são influenciadas pelas alterações provocadas pelo complexo de fatores envolvidos em ano de nascimento do que as variações no tamanho da

leitegada, explicando as influências estatisticamente significativas de ano sobre esta variável. A não significância do efeito de ano sobre o tamanho da leitegada ao nascimento e à desmama pode ser atribuída à rusticidade do porco Piau, tendo sua possível homeostase genética impedindo que as fêmeas manifestassem diferenças de fertilidade e prolificidade frente às variações dos efeitos de ano.

### 2.7-Efeito da época e/ou mês de nascimento

Esse efeito tem sido bastante estudado e a discrepância entre os resultados obtidos por vários trabalhos podem ser atribuídos a diferenças de climas entre as diversas regiões onde são feitos os estudos; para a raça Piau não se tem catalogado muitos estudos referentes a tal assunto, no entanto para diversas raças existem inúmeros trabalhos a respeito do mesmo.

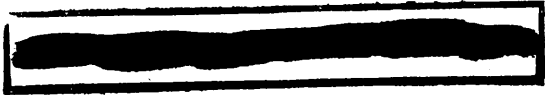
Segundo BENEVIDES FILHO (1982) em estudo feito para o rebanho Piau da Fazenda Ganchim em que se avaliou os efeitos de mês e ano de nascimento e idade da fêmea ao parto, sobre o tamanho e o peso da leitegada ao nascimento e à desmama (56 dias), observou que o ano de nascimento influenciou significativamente os pesos de leitegada ao nascimento e à desmama; O mês de nascimento influenciou apenas o peso da leitegada à desmama; em agosto ocorreram os melhores valores em relação à média de tamanho de leitegada às duas idades e o peso de leitegada ao nascimento, enquanto que, no mês de dezembro concentraram-se os piores valores para tamanho e peso da leitegada à desmama.

foi dada, explicando as influências estatisticamente significativas de idade de parto e tamanho da fêmea no nascimento e à desmama. Não houve diferenças significativas de idade de parto e tamanho da fêmea no nascimento e à desmama. A influência da idade de parto e tamanho da fêmea no nascimento e à desmama foi estudada em fêmeas de raça Piau, tendo sua possível influência genética impedido que as fêmeas manifestassem diferenças de fertilidade e prolificidade frente às variações de idade de parto.

**2.7-Efeito da época e no mês de nascimento**

Este efeito tem sido bastante estudado e a discrepância entre os resultados obtidos por vários trabalhos podem ser atribuídas a diferenças de climas entre as diversas regiões onde são feitos os estudos; para a raça Piau não se tem catalogado muitos estudos referentes a tal assunto, no entanto para diversas raças existem inúmeros trabalhos a respeito do mesmo.

Segundo RENEVIDES FILHO (1982) em estudo feito para a raça Piau da Fazenda Ganchim em que se avaliou os efeitos de mês de parto e idade da fêmea no parto, sobre o tamanho e o peso da leitegada ao nascimento e à desmama (56 dias), observou-se que o ano de nascimento influenciou significativamente o peso da leitegada ao nascimento e à desmama; O mês de nascimento influenciou apenas o peso da leitegada à desmama; em agosto ocorreram os melhores valores em relação à média de tamanho da leitegada às duas idades e o peso da leitegada ao nascimento, enquanto que, no mês de dezembro concentraram-se os piores valores para tamanho e peso da leitegada à desmama.



### 3-MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1-Origem dos dados

Os dados utilizados no presente estudo são referentes ao período de 1984 a 1989 e foram obtidos das fichas zootécnicas da Fazenda Experimental "Professor Hélio Barbosa", da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, situada no Município de Igarapé, no Estado de Minas Gerais. Um total de 3254 leitões foram avaliados, oriundos de 442 leitegadas provenientes de 132 matrizes e 48 reprodutores, conforme Tabela 1.

As matrizes foram fecundadas utilizando a monta natural, com 2 a 3 coberturas em intervalos de 12 horas após a identificação do cio, sendo depois conduzidas às instalações de pré-gestação e alojadas de maneira a receber uma alimentação controlada. Se constatada a prenhez, permaneciam nestas instalações até a data prevista para o parto, quando eram levadas para a maternidade, onde permaneciam com suas leitegadas, até a época da



3-MATERIAL E MÉTODOS

3.1-Origem dos dados

Os dados utilizados no presente estudo são referentes ao período de 1984 a 1989 e foram obtidos das fichas zootécnicas da Fazenda Experimental "Professor Hélio Barbosa", da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, situada no Município de Igarapé, no Estado de Minas Gerais. Um total de 3254 leitões foram avaliados, oriundos de 442 leitoadas provenientes de 132 matrizes e 48 reprodutores, conforme Tabela 1.

As matrizes foram fecundadas utilizando a monta natural, com 2 a 3 coberturas em intervalos de 12 horas após a identificação do cio, sendo depois conduzidas às instalações de pré-gestação e alojadas de maneira a receber uma alimentação controlada. Se constatada a prenhez, permaneciam nestas instalações até a lactação prevista para o parto, quando eram levadas para a maternidade, onde permaneciam com suas leitoadas, até a época da

Tabela 1: Freqüência anual do número de leitões, do número de matrizes e do número de reprodutores dos suínos da raça Piau do rebanho da Fazenda Experimental "Professor Hélio Barbosa" da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais.

| Ano   | Número de leitões | Número de matrizes utilizadas no ano | Número de Reprodutores utilizados no ano |
|-------|-------------------|--------------------------------------|--|
| 1984  | 385               | 48                                   | 17                                       |
| 1985  | 345               | 38                                   | 12                                       |
| 1986  | 608               | 48                                   | 15                                       |
| 1987  | 709               | 53                                   | 17                                       |
| 1988  | 634               | 41                                   | 17                                       |
| 1989  | 573               | 37                                   | 11                                       |
| Total | 3254              | 265                                  | 89                                       |

desmama. Retornavam às instalações de pré-gestação, onde eram novamente cobertas após a manifestação do cio.

Os leitões ao nascimento eram marcados pelo método australiano, identificados quanto ao sexo e pesados nesta ocasião, aos 21 dias e aos 42 dias de idade. Estas informações eram transferidas para fichas de controle das criadeiras. Cada matriz possuía uma ficha com dados relativos à origem, apresentando também as características de cada leitegada. Cada ficha possuía os seguintes dados: número da matriz, raça da matriz, número do pai, raça do pai, data da cobertura, data do parto, data da desmama,

número dos leitões, sexo, número de tetas do leitão, peso ao nascer, peso aos 21 dias, peso aos 42 dias e ainda os pesos da porca à cobertura, antes do parto, após o parto e à desmama. Todos os reprodutores e matrizes aqui considerados são da raça Piau.

As leitegadas foram classificadas de acordo com os seguintes fatores:

a)Pai: codificação do número do pai existente no registro da matriz;

b)Mãe: codificação do número da mãe existente no registro da matriz;

c)Mês do parto: 1 a 12 (janeiro a dezembro);

d)Ordem de parto: 1 a 12;

e)Ano do parto: 1984 a 1989;

f)Sexo: 1 e 2 (macho e fêmea, respectivamente).

### 3.2-Variáveis avaliadas

O efeito destes fatores foram estudados sobre as seguintes características:

1-Peso médio dos leitões:

1.1-ao nascimento;

1.2-aos 21 dias de idade;

1.3-aos 42 dias de idade.

2-Ganho de peso médio diário dos leitões:

2.1-do nascimento aos 21 dias de idade;

2.2-dos 21 aos 42 dias de idade;

2.3-do nascimento aos 42 dias de idade.

3-Número de tetas do leiteiro.

Foi considerada como covariável o tamanho de leitegada.

utilizando os seguintes critérios:

--Tamanho da leitegada ao nascimento para a variável III.

--Tamanho da leitegada aos 21 dias de idade para as

variáveis I.2 e 2.1.

--Tamanho da leitegada aos 42 dias de idade para as

variáveis I.3, 2.2 e 2.3.

### 3.3-Metodologia estatística

#### 3.3.1-Preparação dos dados

Os dados foram retirados diretamente das fichas de

matrizes e digitados diretamente no banco de dados Base III.

Durante a preparação dos dados alguns pequenos programas

em Base III foram usados para recodificar os dados quanto a ano,

recodificação do número da leitegada, do número das leiteiras

(passar ao maior número dos pais), mês de parto, ordem de parto,

uma vez que os programas de modelo animal utilizados exigiam que os

efeitos fixos fossem codificados de 1 a n, onde n era o número

total de níveis de cada efeito utilizado.

O arquivo de "pedigre" para todos os animais continha os

dados apenas dos pais, uma vez que todos os animais continham em

fichas informações unicamente dos progenitores, não havendo qualquer

outra informação adicional.



3-Número de tetas do leitão.

Foi considerada como covariável o tamanho de leitegada, utilizando os seguintes critérios:

-Tamanho da leitegada ao nascimento para a variável 1.1.

-Tamanho da leitegada aos 21 dias de idade para as variáveis 1.2 e 2.1.

-Tamanho da leitegada aos 42 dias de idade para as variáveis 1.3, 2.2 e 2.3.

### 3.3-Metodologia estatística

#### 3.3.1-Preparação dos dados

Os dados foram retirados diretamente das fichas de matrizes e digitados diretamente no banco de dados dBase III.

Durante a preparação dos dados alguns pequenos programas em dBase III foram usados para recodificar os dados quanto a ano, recodificação do número da leitegada, do número dos leitões (superior ao maior número dos pais), mês de parto, ordem de parto, uma vez que os programas de modelo animal utilizados exigiam que os efeitos fixos fossem codificados de 1 a n, onde n era o número máximo de níveis de cada efeito utilizado.

O arquivo de "pedigree" para todos os animais continha os dados apenas dos pais, uma vez que todos os animais continham em fichas informação unicamente dos progenitores, não havendo qualquer outra informação adicional.

3-Número de tetas do leite.

Foi considerada como covariável o tamanho de leitegada

utilizando os seguintes critérios:

-Tamanho da leitegada ao nascimento para a variável III.

-Tamanho da leitegada aos 21 dias de idade para as

variáveis I.3 e 2.1.

-Tamanho da leitegada aos 42 dias de idade para as

variáveis I.3, 2.2 e 2.3.

### 3.3-Metodologia estatística

#### 3.3.1-Preparação dos dados

Os dados foram retirados diretamente das fichas de

matrizes e digitados diretamente no banco de dados classe III.

Durante a preparação dos dados alguns pequenos programas

em classe III foram usados para recodificar os dados quanto a ano,

recodificação do número da leitegada, do número dos leitões

(atributor ao maior número dos pais), mês de parto, ordem de parto,

uma vez que os programas de modelo animal utilizados exigiam que os

efeitos fixos fossem codificados de 1 a n, onde n era o número

máximo de níveis de cada efeito utilizado.

O arquivo de "pedigree" para todos os animais continha os

dados apenas dos pais, uma vez que todos os animais continham em

fichas informações unicamente dos progenitores, não havendo qualquer

outra informação adicional.

### 3.3.2-Análise dos dados sob modelo animal

A preparação dos dados se deu no Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura de Lavras; a análise foi feita no Departamento de Ciências Básicas da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, em Pirassununga, SP.

As informações foram analisadas pelo programa DFREML (MEYER, 1988a,b e 1989a,b), modificado por BOLDMAN & VAN VLECK (1991) para se utilizar o sistema para solução de matrizes esparsas SPARSPAK (GEORGE et al., 1980) e para gerar as estimativas de valor genético aditivo ou mérito genético, seguindo-se os procedimentos sugeridos por FERRAZ (1992). Este sistema de programas ao contrário de outros programas de modelo animal, como por exemplo o JAA (MISZTAL & GIANOLA, 1987 e MISZTAL, 1988), além de estimar os valores genéticos aditivos, estima também os componentes de variância e, conseqüentemente, parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais.

A forma básica dos modelo 1 foi:

$$Y = X\beta + Z\mu + \varepsilon,$$

onde:

Y=vetor das variáveis dependentes;

X=matriz de incidência dos efeitos fixos;

$\beta$ =vetor dos efeitos fixos, incluindo: sexo, mês do parto, ordem do parto e ano do parto;

Z=matriz de incidência dos efeitos aleatórios;

$\mu$ =vetor dos efeitos aleatórios, seguindo o modelo

utilizado;

$\varepsilon$ =vetor dos erros aleatórios.

O Modelo 2 que considera como fixos os efeitos já citados e como aleatórios os efeitos genéticos diretos de animal, os efeitos permanentes de ambiente (efeitos comuns), mais o efeito residual pertinente a cada observação, será:

$$Y = X\beta + Z_a + Z_c + \varepsilon,$$

onde:

Y, X,  $\beta$ , Z e  $\varepsilon$  = tal como definido anteriormente,

$a$ =vetor dos efeitos aleatórios dos valores genéticos aditivos do animal (efeito animal);

$c$ =Vetor de efeitos permanentes de leitegada.

A seqüência de programas usada por DFREML foi:

1)DFNRM-Este é um programa que calcula  $A^{-1}$ , a inversa da matriz de parentesco. Para rodar tal programa, o arquivo de "pedigree", tão completo quanto possível, deve ser lido em linguagem binária, o que é feito através do programa BINTRAN;

2)DFCODE-Este programa coloca na ordem exigida pelos programas seguintes, todos os efeitos considerados nas análises, devendo ser informado o número de efeitos fixos, covariáveis e variáveis dependentes existentes em cada registro;

3)DFMME1-Este programa estabelece as equações de modelos mistos, bem como define os nomes de cada efeito, covariável e variável dependente, nomes estes que constarão do arquivo de saída com os resultados;

4)DFMAIN, DFSUBSPO, IDIAGST-Estes 3 programas são responsáveis pela solução das equações de modelos mistos,

O Modelo 2 que considera como fixos os efeitos já citados e como aleatórios os efeitos genéticos diretos de animais, os efeitos permanentes de ambiente (efeitos comuns), mais o efeito residual pertencente a cada observação, será:

$$Y = \mu + \alpha + \beta + \gamma + \epsilon$$

onde: Y, X, A, Z e  $\epsilon$  = tal como definido anteriormente.  $\alpha$  = vetor dos efeitos aleatórios dos valores genéticos aditivos do animal (efeito animal);

$\beta$  = vetor de efeitos permanentes de lactação.

A sequência de programas usada por DFRMML foi:

1) DFRMML-Este é um programa que calcula  $A^{-1}$ , a inversa da matriz de parentesco. Para rodar tal programa, o arquivo de "parâmetros" não completo quanto possível, deve ser lido em

linguagem binária, o que é feito através do programa BINTRAN;

2) DRCODE-Este programa coloca na ordem exigida pelos programas seguintes, todos os efeitos considerados nas análises, levando ser informado o número de efeitos fixos, covariáveis e

variáveis dependentes existentes em cada registro;

3) DFRMML-Este programa estabelece as equações de modelos fixos bem como define os nomes de cada efeito, covariável e variável dependente, nomes estes que constarão do arquivo de saída com os resultados;

4) DFRMML, DFRMML, DFRMML-Este 3 programas são responsáveis pela solução das equações de modelos mistos.

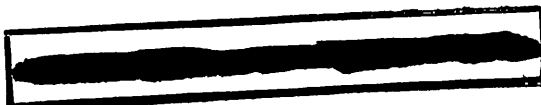
resultando nas soluções (constantes) para efeitos fixos e aleatórios e nas estimativas de variância.

BOLDMAN & VAN VLECK (1991) adaptaram o programa original de MEYER (1988a,b), chamado DFUNIS, de tal maneira que a solução das matrizes passou a ser calculada através de um sistema de subrotinas Fortran para solução de sistemas com matrizes esparsas, muito usado em engenharia e desenvolvido na University of Waterloo, Canadá, o SPARSPAK (GEORGE et al., 1980).

Os parâmetros estudados foram:

$$h^2 = \frac{\text{Variância Genética Aditiva}}{\text{Variância Fenotípica}}$$

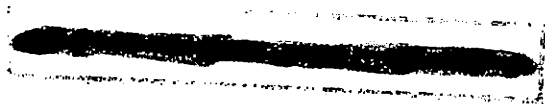
$$c^2 = \frac{\text{Variância Devida aos Efeitos de Leitegada}}{\text{Variância Fenotípica}}$$



## 4-RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1-Tempo de processamento, parâmetro ambiental e escolha do modelo

As análises dos dados sob modelo animal exigem extensos recursos computacionais e uma das maneiras mais apropriadas de se medir estas exigências é o tempo de utilização da unidade central de processamento (UCP) do computador. Não nos atemos à computação do tempo necessário à execução das análises, no entanto, há necessidade de se esclarecer que o tempo aqui descrito refere-se à utilização da UCP do IBM 486; a conversão da UCP em tempo global de análise do computador depende do computador utilizado no momento. O tempo de UCP depende do número de equações que estão sendo analisadas (diretamente relacionado com o modelo utilizado), da densidade das matrizes necessárias à solução do sistema, dentre elas a inversa da matriz de parentesco ( $A^{-1}$ ), da estrutura dos dados, da velocidade de análise do computador, da existência de covariáveis e dos graus polinomiais destas regressões e dos



RESERVA DE FIDUCIARIA

Este documento contém informações confidenciais e deve ser tratado como tal.

Índice

Este documento contém informações confidenciais e deve ser tratado como tal. O conteúdo refere-se a reservas de fiduciária e inclui detalhes sobre procedimentos, prazos e responsabilidades. É importante ler este documento com atenção para compreender todos os aspectos da reserva.



parâmetros iniciais do processo iterativo, dentre outros fatores. No entanto, a comparação de modelos diferentes analisando o mesmo conjunto de dados, como por exemplo conhecer-se o tempo adicional gasto quando se vai do modelo 1 para o 2, tem extrema importância na escolha de modelos mais adequados, principalmente quando tais programas são utilizados rotineiramente na estimação de valor genético aditivo de populações ou rebanhos específicos ou de associações de criadores.

Teoricamente, a função de verossimilhança de um modelo com suas variáveis aumenta à medida que novos parâmetros são introduzidos na tentativa de se apresentar um modelo que descreva da melhor maneira possível as bases genéticas envolvidas na determinação de um caráter, caso tais parâmetros realmente descrevam o processo. A função de verossimilhança pode ser encarada como uma probabilidade de variáveis aleatórias (MOOD et al., 1973) e, quando maximizada, o modelo correspondente é o que melhor explica os dados. Esta é a base do método de máxima verossimilhança (HARTLEY & RAO, 1967) e da máxima verossimilhança restrita (PATTERSON & THOMPSON, 1971).

A escolha do modelo mais adequado à análise de determinado conjunto de dados para estimação de parâmetro genético não se deve basear apenas na significância estatística, demonstrada na comparação de diferenças da função de verossimilhança pelo método descrito por RAO (1973) e MOOD et al. (1973), mas também principalmente na "significância prática", ou seja no valor prático da alteração dos parâmetros estimados, principalmente as estimativas de heritabilidade ( $h^2$ ) e a proporção da variância

estruturas iniciais do processo iterativo, dentre outros fatores. No entanto, a comparação de modelos diferentes analisando o mesmo conjunto de dados, como por exemplo conhecer-se o tempo adicional gasto quando se vai do modelo 1 para o 2, tem extrema importância na escolha de modelos mais adequados, principalmente quando tais programas são utilizados rotineiramente na estimação de valores para o aditivo de populações ou rebanhos específicos ou de associações de criadores.

Teoricamente, a função de verossimilhança de um modelo com uma variável aumenta à medida que novos parâmetros são introduzidos na tentativa de se apresentar um modelo que descreva de melhor maneira possível as bases genéticas envolvidas na determinação de um caráter, caso tais parâmetros realmente descrevam o processo. A função de verossimilhança pode ser encarada como uma probabilidade de variáveis aleatórias (MOOD et al., 1973) e quando maximizada, o modelo correspondente é o que melhor explica os dados. Esta é a base do método de máxima verossimilhança (HARTLEY & RAO, 1967) e da máxima verossimilhança restrita (PATTONSON & THOMPSON, 1971).

A escolha do modelo mais adequado à análise de determinado conjunto de dados para estimação de parâmetro genético não se deve passar apenas na significância estatística, demonstrada na comparação de diferenças da função de verossimilhança pelo método descrito por RAO (1973) e MOOD et al. (1973), mas também principalmente na "significância prática", ou seja no valor prático da estimação dos parâmetros estimados, principalmente as estimativas de herdabilidade ( $h^2$ ) e a proporção da variância

fenotípica explicada por efeitos permanentes de ambiente ( $C^2$ ), quando se vai de um modelo a outro. Também deve ser considerado nesta decisão o tempo de UCP gasto nas análises, ou seja, a relação de custo das estimativas com seu benefício real (FERRAZ, 1993).

Na Tabela 2 estão apresentadas as estimativas de  $h^2$ , CVP, VP e  $C^2$  para as sete características aqui estudadas quando se utilizaram os Modelos 1 e 2.

O parâmetro ambiental estudado refere-se aos efeitos comuns de ambiente associados à leitegada; a melhor maneira encontrada para medir a importância relativa deste parâmetro foi a razão entre a variância devida a esta fonte de variação e a variância fenotípica, razão esta chamada de  $C^2$ . Os valores de  $C^2$  estimados para cada característica encontram-se na Tabela 2. Pelo apresentado nesta tabela, há uma grande redução nos valores das estimativas de heritabilidade quando os efeitos permanentes de leitegada são adicionados ao modelo (Modelo 2); observando-se uma tendência geral de manutenção de elevados níveis de efeitos de leitegada sobre o desempenho de suínos para o peso nas diferentes idades e para o ganho nas diferentes idades; e ainda, de acordo com FERRAZ (1993) quando se considera a relação custo/benefício de se estimarem os parâmetros, a pequena magnitude dos componentes de variância devida aos efeitos genéticos maternos e à pequena alteração nos valores de heritabilidade quando os modelos mais completos são utilizados, pode-se generalizar que o modelo mais apropriado para este tipo de análise seja o Modelo 2.

fenômenos explicados por efeitos permanentes de ambiente ( $\sigma^2_{pe}$ ), quando se vai de um modelo a outro. Também deve ser considerado nesta decisão o tempo de UCP gasto nas análises, ou seja, a relação de custo das estimativas com seu benefício real (FERRAZ, 1993).

Na Tabela 2 estão apresentadas as estimativas de  $h^2$ ,  $\sigma^2_{pe}$ , VP e  $\sigma^2_{e}$  para as sete características aqui estudadas quando as utilizaram os Modelos 1 e 2.

O parâmetro ambiental estudado refere-se aos efeitos comuns do ambiente associados à leitegada; a melhor maneira encontrada para medir a importância relativa deste parâmetro foi a razão entre a variância devida a esta fonte de variação e a variância fenotípica, razão esta chamada de  $h^2$ . Os valores de  $h^2$  estimados para cada característica encontram-se na Tabela 2. Pelo apresentado nesta tabela, há uma grande redução nos valores das estimativas de herdabilidade quando os efeitos permanentes de leitegada são adicionados ao modelo (Modelo 2); observando-se uma tendência geral de manutenção de elevados níveis de efeitos de leitegada sobre o desempenho de suínos para o peso nas diferentes idades e para o ganho nas diferentes idades; e ainda, de acordo com FERRAZ (1993) quando se considera a relação custo/benefício de determinar os parâmetros, a pequena magnitude dos componentes de variância devida aos efeitos genéticos maternos e à pequena alteração nos valores de herdabilidade quando os modelos mais complexos são utilizados, pode-se generalizar que o modelo mais apropriado para este tipo de análise seja o Modelo 2.

Tabela 2: Valores de heritabilidade ( $h^2$ ), coeficiente de variação da variância fenotípica (CVP), variância fenotípica (VP) e  $C^2$  para peso ao nascimento (PN), peso aos 21 dias (P21d), peso aos 42 dias (P42d), ganho de peso do nascimento aos 21 dias (GP1), ganho de peso dos 21 aos 42 dias (GP2), ganho de peso do nascimento aos 42 dias (GP3) e número de tetas (NUMTET) de leitões da raça Piau do rebanho da Fazenda Experimental "Professor Hélio Barbosa" da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, de acordo com os modelos estudados.

| Caract. | Modelo 1 |         |        | Modelo 2 |         |           |        |
|---------|----------|---------|--------|----------|---------|-----------|--------|
|         | $h^2$    | CVP (%) | VP     | $h^2$    | CVP (%) | $C^2$ (%) | VP     |
| PN      | 1,00     | 26,4507 | 0,0992 | 0,20     | 23,2921 | 47,66     | 0,0992 |
| P21d    | 1,00     | 26,4521 | 0,0992 | 0,40     | 24,8023 | 28,61     | 0,9510 |
| P42d    | 0,90     | 28,3544 | 3,3411 | 0,16     | 27,2628 | 28,78     | 2,8861 |
| GP1     | 0,99     | 35,4250 | 0,9406 | 0,24     | 30,3770 | 37,66     | 0,6916 |
| GP2     | 0,87     | 50,1590 | 1,6087 | 0,08     | 44,1520 | 51,60     | 1,2434 |
| GP3     | 0,77     | 31,9044 | 2,7755 | 0,02     | 28,5189 | 43,89     | 2,2177 |
| NUMTET  | 0,50     | 9,4119  | 1,1229 | 0,45     | 9,3657  | 4,95      | 1,1119 |

#### 4.2-Valores de heritabilidade

Dentre as características produtivas das espécies animais, as de desenvolvimento ponderal são as que maior interesse despertam entre os criadores, principalmente por serem muito evidentes e facilmente mensuráveis. O conhecimento do condicionamento genético destas características é fundamental para o estabelecimento de metas, sistemas ou programas de melhoramento das

espécies, principalmente para suínos.

Os valores de heritabilidade para cada característica serão discutidos com base no Modelo 2 que foi o escolhido como o mais adequado, de acordo com o observado na Tabela 2 e Figura 1. As estimativas de heritabilidade obtidas pelo Modelo 1 não serão discutidas, uma vez que não são as mais adequadas ou melhores estimativas possíveis.

Para todas as sete características avaliadas, com exceção do número de tetas, observa-se a importância da inclusão do efeito permanente de leitegada no modelo que promove uma redução na importância do componente de variância devida aos efeitos diretos da característica em questão.

Para o peso ao nascimento (PN) encontrou-se o valor de heritabilidade de 0,20, podendo se esperar um certo progresso genético como resultado do processo seletivo; este valor está um pouco acima do encontrado para outras espécies, como por exemplo, KHALIL et al. (1986) que, trabalhando com coelhos encontraram valores ao redor de 0,12; enquanto BENEVIDES FILHO et al. (1985) trabalhando com suínos da raça Piau obteve valores de heritabilidade de 0,31 para peso da leitegada ao nascimento, ambos obtendo estimativas através da correlação entre meio irmãos.

O peso aos 21 dias de idade é um peso padronizado quanto à idade, com pequenas variações dependentes do sistema de manejo adotado. O valor de heritabilidade estimado para esta característica foi de 0,40; sendo esperado um razoável progresso genético através da seleção para esta característica. De acordo com

FERRAZ et al. (1993) trabalhando com suínos das raças Landrace e Large White, os valores de heritabilidade para peso aos 21 dias de idade foi de 0,20 e 0,19, respectivamente, usando-se o método da máxima verossimilhança por DFREML; sendo que KAPLON et al. (1991) encontraram valores de 0,06 para esta mesma característica.

O peso da leitegada à desmama poderia ser uma boa medida da habilidade materna e da produção leiteira da matriz se a idade à desmama fosse padronizada a nível nacional ou mesmo a nível internacional; como a partir de 21 dias de idade os leitões já se alimentam com ração, tal peso reflete apenas em parte a capacidade materna. A estimativa de heritabilidade para o peso aos 42 dias de idade (peso à desmama) foi de 0,17. Comparando com as estimativas provenientes de análises sob modelo animal, o presente resultado está ligeiramente inferior ao relatado por FERRAZ et al. (1993). Parece interessante utilizar como critério de seleção o peso da leitegada aos 21 dias de idade, uma vez que o valor de heritabilidade mais elevado para o peso nesta idade sugere a expectativa de maior progresso genético a partir da seleção. BENEVIDES FILHO et al. (1985) trabalhando com correlação intra-classe entre meios irmãos de suínos da raça Piau obteve valores de heritabilidade de 0,19 para peso da leitegada à desmama.

Para os ganhos de peso, os valores de heritabilidade 0,24; 0,08; 0,02 para GP1, GP2 e GP3, respectivamente, o que demonstra que dessas três características a que permite maior progresso genético com a sua seleção é o ganho de peso do nascimento aos 21 dias de idade (GP1).

Os resultados (Tabela 2) quanto à importância relativa

FRANZ et al. (1983) trabalhando com suínos das raças Landrace e Large White, os valores de herdabilidade para peso aos 21 dias de idade foi de 0,20 e 0,19, respectivamente, usando-se o método de máxima verossimilhança por DERMIN; sendo que KAPLAN et al. (1981) encontraram valores de 0,06 para esta mesma característica.

O peso da leitegada é de grande importância para a produção de suínos e a capacidade de produção de leite da mãe é a capacidade de produzir leite em nível nacional ou mesmo a nível internacional; como a partir de 21 dias de idade os leitões já se alimentam com ração, tal peso reflete apenas em parte a capacidade materna. A estimativa de herdabilidade para o peso aos 42 dias de idade (peso à desmama) foi de 0,17. Comparando com as estimativas provenientes de análises sob modelo animal, o presente resultado está ligeiramente inferior ao relatado por FRANZ et al. (1983).

Portanto interessante utilizar como critério de seleção o peso da leitegada aos 21 dias de idade, uma vez que o valor de herdabilidade mais elevado para o peso nesta idade sugere a expectativa de maior progresso genético a partir da seleção. BRENDEL FILHO et al. (1985) trabalhando com correlação intra-classe entre meios irmãos de suínos da raça Fina Opave valores de herdabilidade de 0,19 para peso da leitegada à desmama.

Para os ganhos de peso, os valores de herdabilidade foram 0,24; 0,08; 0,02 para GP1, GP2 e GP3, respectivamente, o que demonstra que bases três características a que permite maior progresso genético com a sua seleção é o ganho de peso do nascimento aos 21 dias de idade (GP1).

Os resultados (Tabela 2) quanto à importância relativa



dos efeitos comuns de leitegada, mostram que este efeito é maior para características de ganho de peso GP1 (37,66%); GP2 (51,60%); GP3 (43,89%) e também para PN (47,66%); ao passo que para P21d (28,61%) e P42d (28,78%) estes valores foram menores, mostrando que mesmo assim ainda houve uma significativa contribuição do efeito permanente de ambiente (efeitos comuns de leitegada), não havendo confundimento dos mesmos com os efeitos maternos; portanto, os valores de  $C^2$  demonstraram que, para todas as características analisadas, os efeitos de ambiente permanente, com exceção do número de tetas, são de fundamental importância, respondendo por parcelas da variância fenotípica quase sempre superiores às próprias variâncias genéticas. Isto demonstra de forma incontestável que o melhoramento genético está atado de maneira indissolúvel à parte ambiental e portanto o ambiente a ser proporcionado a animais sob processo seletivo deve ser o melhor possível nas variáveis controláveis, como nutrição, manejo e sanidade, evitando deste modo que os efeitos ambientais mascarem os efeitos genéticos. Isto é comprovado pelas tendências observadas em diversas espécies submetidas a programas de seleção, como por exemplo aves e suínos, onde se tenta minimizar a variância devida aos efeitos de ambiente. Em suínos por exemplo, a adoção de esquemas de desmama precoce medicada em estações centrais tem sido discutida e está sendo implantada em escala nacional na Dinamarca (Petersen, 1992 citado por FERRAZ, 1993) e nos Estados Unidos da América (Johnson et al., 1992 citado por FERRAZ, 1993), para se diminuir a participação destes componentes na variância fenotípica, aumentando a participação relativa dos componentes genéticos

dos efeitos comuns de leiteada, mostram que este efeito é maior  
 para características de ganho de peso GPI (37,66%); GP2 (51,50%);  
 GP3 (43,89%) e também para P1 (47,86%); ao passo que para P213  
 (28,12%) e P423 (28,78%) estes valores foram menores, mostrando que  
 mesmo assim ainda houve uma significativa contribuição do efeito  
 permanente de ambiente (efeito comum de leiteada), não havendo  
 confundimento dos mesmos com os efeitos maternos; portanto, os  
 valores de  $C^2$  demonstraram que, para todas as características  
 analisadas, os efeitos de ambiente permanente, com exceção do  
 efeito de leiteada, são de fundamental importância, respondendo por  
 grandes da variância fenotípica duas sempre superiores às  
 próprias variâncias genéticas. Isto demonstra de forma  
 indubitável que o melhoramento genético está atado de maneira  
 indissociável à parte ambiental e portanto o ambiente a ser  
 proporcionado a animais sob processo seletivo deve ser o melhor  
 possível nas variáveis controláveis, como nutrição, manejo e  
 saúde, evitando deste modo que os efeitos ambientais mascarem os  
 efeitos genéticos. Isto é comprovado pelas tendências observadas em  
 diversas espécies submetidas a programas de seleção, como por  
 exemplo aves e suínos, onde se tenta minimizar a variância devida  
 aos efeitos de ambiente. Em suínos por exemplo, a adoção de  
 sistemas de desmama precoce medicada em estações centrais tem sido  
 discutida e esta sendo implantada em escala nacional na Dinamarca  
 (Fitzsimons, 1992 citado por FERRAZ, 1993) e nos Estados Unidos da  
 América (Johnson et al., 1992 citado por FERRAZ, 1993), para  
 diminuir a participação destas componentes na variância fenotípica,  
 aumentando a participação relativa dos componentes genéticos

aditivos.

Os valores de heritabilidade para o número de tetas (Tabela 2) foi de 0,45; não tendo sido encontrado relatos de trabalhos utilizando-se de modelo animal para a estimação de valores de heritabilidade para esta característica em suínos da raça Piau; e pelo valor de  $C^2$ , observa-se uma pequena contribuição dos efeitos permanentes de leitegada o que pode ser explicado pelo fato de que quando o leitão nasce o número de tetas já é uma característica pré-definida dependendo muito pouco da variável leitegada da qual o animal provém. Quando se utilizou o Modelo 1 (sem o efeito ambiental permanente de leitegada), o valor estimado para a heritabilidade foi de 0,50, ou seja uma pequena redução da estimativa de heritabilidade quando se incluiu a leitegada no modelo de análise (Figura 1). A heritabilidade para número de tetas indica a presença de alelos aditivos, o que possibilita uma expectativa de maior progresso genético como resultado de processos seletivos para esta característica.

## 5-CONCLUSÕES

Os resultados das análises permitem, para o rebanho em questão, as seguintes conclusões:

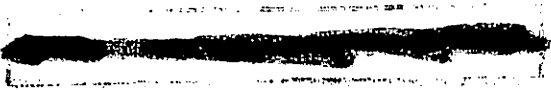
1) Os efeitos comuns associados às leitegadas contribuíram significativamente para a variância fenotípica das características aqui analisadas, com exceção do número de tetas e a sua inclusão nos modelos animais é essencial à estimação adequada de componentes de variância e de valores de heritabilidade.

2) Para os atributos de características produtivas, aqui avaliados, o valor mais elevado para a heritabilidade foi para peso aos 21 dias de idade (P21d), portanto um progresso genético mais elevado deve ser esperado na aplicação de processos seletivos para esta característica.



## 6-RESUMO

A metodologia de modelos animais foi aplicada a sete características de suínos da raça Piau da Fazenda Experimental "Prof. Hélio Barbosa" da EV/UFMG de 1984 a 1989, com o objetivo de utilizar modelos animais para se estimar valores de heritabilidade para algumas características do nascimento aos 42 dias de idade e número de tetas. Foram utilizados registros de 442 leitegadas provenientes de 132 matrizes e 48 reprodutores. Os efeitos de ambiente permanente (efeitos comuns de leitegada) contribuíram significativamente para a variância fenotípica de todas as variáveis aqui estudadas, com exceção do número de tetas, mostrando a importância de sua inclusão nos modelos animais para suínos; portanto, para todas as características foi utilizado o Modelo 2 (em que se retira da variância fenotípica os efeitos comuns de leitegada). As respostas à seleção foram consideradas moderadas, tendo a característica peso aos 21 dias de idade (P21d) sido aquela que apresentou um maior valor de heritabilidade, e portanto, aquela que sugere um maior progresso genético com sua seleção.



CONTENIDO

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar a metodologia de modelagem matemática utilizada no projeto de pesquisa "Modelagem Matemática em Matemática: uma abordagem baseada em problemas" desenvolvido por Maria Helena de Moraes e outros pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em 1980 e 1981, com o objetivo de analisar a influência da metodologia de modelagem matemática no desenvolvimento da aprendizagem dos alunos em matemática.

Para isso, foram analisados os dados coletados durante o desenvolvimento do projeto, bem como os resultados obtidos em termos de aprendizagem dos alunos. Os dados foram analisados por meio de técnicas estatísticas descritivas e inferenciais, com o intuito de identificar as diferenças significativas entre os grupos de controle e de intervenção.

Os resultados indicam que a metodologia de modelagem matemática teve um impacto positivo na aprendizagem dos alunos, especialmente em termos de compreensão dos conceitos matemáticos e na capacidade de resolver problemas. Além disso, os alunos que participaram do projeto demonstraram maior interesse e motivação em relação à matemática.

Conclui-se que a metodologia de modelagem matemática é uma abordagem eficaz para o ensino de matemática, pois promove a aprendizagem significativa e o desenvolvimento das habilidades de resolução de problemas. Portanto, recomenda-se a adoção desta metodologia em outros contextos educacionais.

## 7-SUMMARY

The methodology of mixed models under animal model was applied to seven traits of swine of the Piau breed from the Experimental Farm "Professor Hélio Barbosa" belonging to the Veterinary Schools of the Universidade Federal de Minas Gerais, Brazil observed from 1984 to 1989, to estimate heritability for some traits from birth to 42 days of age and number of teats. Records of 442 litters from 132 sows and 48 boars were utilized. The effects of permanent environment (common litter effects) significantly contributed to the phenotypic variance of all the variables, with the exception of the number of teats, showing the importance of its inclusion in animal models for swine; therefore, for the traits, a model with common litter effects was used. Responses to selection were considered moderate, having the trait weight at 21 days of age (W21d) been the one which showed the a greatest heritability value what suggests the largest genetic progress when that trait is utilized as a selection criteria.

7-SUMMARY

The methodology of mixed models under animal model was applied to seven traits of swine of the Piau breed from the Experimental Farm "Professor Hélio Barbosa" belonging to the Veterinary Schools of the Universidade Federal de Minas Gerais. Records observed from 1984 to 1989, to estimate heritability for some traits from birth to 42 days of age and number of testicles. Records of 442 litters from 132 sows and 48 boars were utilized. The effects of permanent environment (common litter effects) significantly contributed to the phenotypic variance of all the variables, with the exception of the number of testicles, showing the importance of its inclusion in animal models for swine; therefore, for the traits, a model with common litter effects was used. Responses to selection were considered moderate, having the trait weight at 31 days of age (W31d) been the one which showed the greatest heritability value what suggests the largest genetic progress when that trait is utilized as a selection criteria.



### 8-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. ALVES, R. G. O. Estudo genético de características reprodutivas em suínos avaliação de curvas de crescimento em cruzamentos dialélicos. Viçosa, UFV, 1986. 124p. (Tese de Doutorado).
02. BENEVIDES FILHO, I. M. Análise genética do desempenho de suínos da raça Piau do nascimento à desmama. Ribeirão Preto, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, 1982. 77p. (Tese MS).
03. ———; SCHLINDWEIN, A. P. & LOBO, R. B. Estudo genético do desempenho de suínos da raça Piau do nascimento à desmama. Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, 37(5):497-506, 1985.
04. BOLDMAN, K. G. & VAN VLECK, L. D. Derivative-free Restricted Maximum Likelihood estimation in animal models with a sparse matrix solver. Journal of Dairy Science, Champaign, 74:4337-44, 1991.

05. CARNEIRO, G. G. Número de leitões na leitegada e seu peso total como medida de avaliação de produtividade de porcas. Arquivos da Escola Superior de Medicina Veterinária, Belo Horizonte, 11:169-98, 1958.
06. CARNEIRO, G. G.; MEMORIA, J. M. P. & MONTEIRO, J. R. Estudo sobre a produtividade da porca Piau em Minas Gerais. Arquivos da Escola Superior de Veterinária, Belo Horizonte, 18:11-6, 1966.
07. CUNNINGHAM, E. P. & HENDERSON, C. R. An iterative procedure for estimating fixed effects and variance components in mixed models situations. Biometrics, Raleigh, 24:13-25, 1968.
08. FEDALTO, L. M. Fontes de variação de tamanho e peso de leitegada, do nascimento aos 21 dias de idade, nas raças Duroc, Landrace e Large White. Viçosa, UFV, 1979. 83p. (Tese MS).
09. FERRAZ, J. B. S. Aplicação de modelos animais na avaliação de parâmetros populacionais de características reprodutivas e produtivas de coelhos Califórnia e Nova Zelândia Branca. São Paulo, USP, 1993. 123p.
10. ————. Guia prático para análise de dados segundo modelo animal em DFREML com matrizes esparsas. I. Análises univariadas. Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 15:209-33, 1992.

11. FERRAZ, J. B. S. & JOHNSON, R. K. Animal model estimation of genetic parameters and response to selection for litter size and weight, growth and backfat in closed seedstock populations of Large White and Landrace swine. Journal of Animal Science, Champaign, 71:850-8, 1993.
12. FREITAS, R. T. F. Estudo de características reprodutivas em matrizes de criações de suínos no Sul do Estado de Minas Gerais. Lavras, ESAL, 1989, 90p. (Tese MS).
13. GEORGE, A.; LIU, J. & NG, E. User guide for SPARSPAK: Waterloo sparse linear equations package. CS-78-30. Ontario Department Computer Science, University of Waterloo, 1980.
14. HARTLEY, H. O.; RAO, J. N. K. Maxim-likelihood estimation for mixed analysis of variance model. Biometrika, London, 54:93-105, 1967.
15. HENDERSON, C. R. Estimation of changes in herd environment. Journal of Dairy Science, Champaign, 32:706-11, 1949.
16. ————. Estimation of variance and covariance components. Biometrics, Raleigh, 9:226-56, 1953.
17. ————. Theoretical basis and computational methods for a number of different animal models. Journal of Dairy Science, Champaign, 71:1-16, 1988.
18. ————; KEMPTHORNE, O. & SEARLE, S. R. and KROSIGK, C. M. The estimation of genetic and environmental trends from records subject to culling. Biometrics, Raleigh, 15:192-218, 1959.

11. BARAKAT, U. B. S. & JOHNSON, R. K. Animal model estimation of genetic parameters and response to selection for litter size and weight, growth and backfat in closed seedstock populations of Large White and Landrace swine. Journal of Animal Science, Champaign, VI:850-8, 1993.

12. BRUNO, R. T. F. Método de características reprodutivas em matrizes de crises de suínos no Sul do Estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Zootecnia, 1989, 20p. (Tese MSc).

13. CHEN, A.; LIU, J. & NG, E. User guide for SPARSPAK: Waterford sparse linear equations package. CS-Y8-30. Ontario Department of Computer Science, University of Waterloo, 1980.

14. HARTLEY, H. O.; RAO, J. N. K. Maxim-likelihood estimation for mixed analysis of variance model. Biometrika, London, 54:93-105, 1967.

15. HENDERSON, C. R. Estimation of changes in herd environments. Journal of Dairy Science, Champaign, 32:708-11, 1949.

16. ———. Estimation of variance and covariance components. Biometrika, Raleigh, 9:226-56, 1953.

17. ———. Theoretical basis and computational methods for a number of different animal models. Journal of Dairy Science, Champaign, VI:1-16, 1988.

18. ———; KEMPTHORNE, O. & SEARLE, S. R. and KRUSIGK, C. M. The estimation of genetic and environmental trends from records subject to culling. Biometrika, Raleigh, 15:193-218, 1959.

19. JORDÃO, L. P.; MELO, J. M. & RIBEIRO, G. A. Estudo comparativo sobre o período de gestação, o número de produtos por leitegada e o peso ao nascer de várias raças porcinas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 3, Porto Alegre, 1946. p.726-36.
20. JUGA, J. & THOMPSON, R. Estimation of variance components in populations selected over multiple generations. Acta Agricultural Scandinavica, Stockholm, 39:79, 1989.
21. KAPLON, M. J.; TOTHSCHILD, M. F.; BERGER, P. J. & HEALEY, M. Population parameter estimates for performance and reproductive traits in polish Large White nucleus herds. Journal Animal Science, Champaign, 69:91, 1991.
22. KEELE, J. W., LONG, T. E. & JOHNSON, R. K. Comparison of methods of estimating variance components in pigs. Journal Animal Science, Champaign, 69:1428, 1991.
23. KEMP, R. A. & WILTON, J. W. Genetic evaluation today-how did we get here and where are we? In: SYMPOSIUM ON APPLICATION OF EXPECTED PROGENY DIFFERENCES TO LIVESTOCK IMPROVEMENT, Pittsburgh, Pennsylvania, 1992. Proceedings...Pittsburgh, 1992. p. 1-12.
24. KENNEDY, B. W.; SCHAFFER, L. R. & SORENSEN, D. A. Genetic properties of animal models. Journal of Dairy Science, Champaign 71(Suppl.2):17, 1988.

25. KHALIL, M. H.; OWEN, J. B. & AFIFI, E. A. A review of phenotypic and genetic parameters associated with meat production traits in rabbits. Animal Breeding Abstracts, Bucks, 54:725-49, 1986.
26. LUKEFAHR, S. D.; VANVLECK, L. D. & ROBERTOS, J. D. Estimates of components of variance and covariance for carcass traits in rabbits using an animal model. Journal of Applied Rabbit Research, 15:, 1992.
27. MEYER, K. DFREML—a ser of programs yo estimate variance components under an individual animal model. Journal of Dairy Science, Champaign, 33(Suppl.2):31, 1988a.
28. ———. DFREML. Programs to estimate variance components for individual animal models by restricted maximum likelihood. User Notes. Edinburgh University Scotland, 1988b.
29. ———. Estimation of variance components for individual Animal Models. I. univariate analyses. Genet. Sel. Evol., 21:317-40, 1989a.
30. ———. Restricted maximum likelihood to estimate variance components for animal models with several random effects using a derivative-free algorithm. Genet. Sel. Evol., 21:31, 1989b.
31. MISZTAL, I. JAA-Mixed model program using iteration on data with support for animal model (MIXIT). User's Guide, Urbana, University of Illinois, 1988.

27. HILL, M. B.; OWEN, J. E. & ATIF, E. A. A review of phenotypic and genetic parameters associated with meat production traits in rabbits. Animal Breeding Abstracts, Bucks, 54:733-40, 1988.

28. HESTER, S. D.; VANVLECK, L. D. & ROBERTS, J. D. Estimates of components of variance and covariance for carcass traits in rabbits using an animal model. Journal of Applied Rabbit Research, 15: 1992.

29. HESTER, S. D. & ROBERTS, J. D. Estimates of components of variance under an individual animal model. Journal of Dairy Science, Champaign, 33(Suppl. 2):31, 1988.

30. HESTER, S. D. & ROBERTS, J. D. Programs to estimate variance components for individual animal models by restricted maximum likelihood. User Notes, Edinburgh University Scotland, 1988b.

31. HESTER, S. D. Estimation of variance components for individual animal models. I. univariate analyses. Genet. Sel. Evol., 17:317-40, 1988a.

32. HESTER, S. D. Restricted maximum likelihood to estimate variance components for animal models with several random effects using a derivative-free algorithm. Genet. Sel. Evol., 21:31, 1989b.

33. HESTER, S. D. JAA-Mixed model program using iteration on data with support for animal model (MIXIT). User's Guide, Urbana, University of Illinois, 1988.

32. MISZTAL, I & GIANOLA, D. Indirect solution of mixed model equations. Journal of Dairy Science, Champaign, 70:716-28, 1987.
33. MOOD, A. M.; GRAYBILL, F. A. & BOES, D. C. Introduction to the theory of statistics. 3. ed. New York, McGraw-Hill Publishing Company, 1973.
34. NICOLAO, Nilva A. Produtividade de porcas mestiças em uma exploração comercial em Jequeri, Minas Gerais. Viçosa, UFV, 1982. 116p. (Tese MS).
35. PATTERSON, H. D. & THOMPSON, R. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. Biometrika, London, 58:545, 1971.
36. ————. Aspectos biométricos do desenvolvimento de suínos da raça Piau. Ribeirão Preto, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP, 1973. 93p. (Tese MS).
37. ————; DUARTE, F. M. A.; LÔBO, R. B. & SCHLINDWEIN, A. P. Efeito dos fatores mesológicos e genéticos sobre o desempenho de suínos da raça Piau. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 28, Brasília, 1976. Resumos...São Paulo, Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 1976, p. 296.



38. POLLAK, J. Expected progeny differences (within breed comparisons). In: SYMPOSIUM ON APPLICATION OF EXPECTED PROGENY DIFFERENCES (EPD) TO LIVESTOCK IMPROVEMENT, Pittsburgh, Pennsylvania, 1992. Proceedings...Pittsburgh, 1992. p. 13-9.
39. QUAAS, R. L. & POLLAK, E. J. Mixed model methodology for farm and ranch beef cattle testing programs. Journal of Animal Science, Champaign, 51:1277-87, 1980.
40. RAO, C. R. Estimation of heteroscedastic variances. Journal of Am. Stat. Assn. 65:161-70, 1970.
41. ————. Estimation of variance and covariance components—MINVQUE theory. Journal of Multivariate Analysis, New York, 1:445-57, 1971.
42. RAO, C. R. Linear statistical inference and its applications. 2. ed., New York, J. Wiley and Sons, 1973. p. 417-20.
43. SCHLINDWEIN, A. P.; GORNI, M. & CASTRO Jr, F. Eficiência reprodutiva em suínos das raças Duroc, Berkshire e Piau. In: REUNIAO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 13, Salvador, 1976. Anais...Salvador, SBZ, 1976. p. 239-40.
44. SILVA, I. S. Análise de fatores genéticos e de meio ambiente que contribuem para as variações nas características reprodutivas das raças Duroc, Landrace e Large White. Viçosa, UFV, 1988. (Tese MS).

38. POLAK, J. Expected progeny differences (within breed comparisons). In: SYMPOSIUM ON APPLICATION OF PROGENY DIFFERENCES (EPD) TO LIVESTOCK IMPROVEMENT. Pittsburgh, Pennsylvania, 1982. Proceedings. Pittsburgh, 1982. p. 13-8.

39. QUAAE, R. E. & POLAK, J. Mixed model methodology for farm and ranch beef cattle testing programs. Journal of Animal Science, Champaign, 51:1277-87, 1980.

40. RAO, C. R. Estimation of heteroscedastic variances. Journal of Am. Stat. Assn. 65:161-70, 1970.

41. ———. Estimation of variance and covariance components - MINQUE theory. Journal of Multivariate Analysis, New York, 1:445-57, 1971.

42. RAO, C. R. Linear statistical inference and its applications. 2. ed., New York, J. Wiley and Sons, 1973. p. 417-20.

43. SCHINDWEIN, A. P.; GORN, M. & CASTRO Jr, F. Reprodutiva em solnos das raças Duroc, Berkshire e Piau. In: REUNIAO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 13. Salvador, 1976. Anais... Salvador, SBZ, 1976. p. 239-40.

44. SILVA, I. S. Análise de fatores genéticos e de meio ambiente que contribuem para as variações nas características reprodutivas das raças Duroc, Landrace e Large White. Vicosas, UFV, 1988.

(Tese MSc.)

45. SORENSEN, D. A. Effect of selection index versus mixed model methods of prediction breeding value on response to selection in a simulated pig population. Livestock Production Science, Amsterdam, 20:135-47, 1988.
46. THOMPSON, R. Iterative estimation of variance components for non-orthogonal data. Biometrics, Raleigh, 25:767-73, 1969.
47. VAN RADEN, P. M. & WIGGANS, G. R. Derivation, calculation and use of national animal model information. Journal of Dairy Science, 74:2737-46, 1991.
48. VAN VLECK, L. D. Animal model for bull and cow evaluation. In: LARGE DAIRY HERD MANAGEMENT SYMPOSIUM. Gainesville, 1992. Proceedings, Gainesville, 1992a.
49. VAN VLECK, L. D. The revolution in statistical computing: from least squares to DFREML In: ANNUAL NATIONAL BREEDERS ROUNDTABLE, 41, Saint Louis, 1992. Proceedings... Saint Louis, 1992b. p. 1-35.
50. ——— & NUNES-DOMINGUES, R. Genetic evaluation of Dairy herds bulls and cows with in animal model. In: INTERNATIONAL DAIRY SEMINAR, Chapingo, 1990. Proceedings... Chapingo, Centro de Ganadeira/Colegio de Postgraduados, 1990. p. 1-15.
51. WEIGEL, K. A.; GIANOLA, D.; TEPELMAN, R. J. MATOS, C. A.; CHEN, I. H. C.; WANG, T. BUNGE, R. & LO, LL. Improving estimates of fixed effects in a mixed linear model. Journal of Dairy Science, Champaign, 74:3174-82, 1991.

SCHEENEN, D. A. Effect of selection index versus mixed model methods of prediction breeding value on response to selection in a simulated pig population. Livestock Production Science, Amsterdam, 20:135-47, 1988.

THOMPSON, R. Iterative estimation of variance components for non-orthogonal data. Biometrics, Raleigh, 25:787-793, 1969.

VAN RADEN, P. M. & WIGANS, G. R. Derivation, calculation and use of national animal model information. Journal of Dairy Science, 74:2737-46, 1991.

VAN VLECK, L. D. Animal model for bull and cow evaluation. In: LARGE DAIRY HERD MANAGEMENT SYMPOSIUM. Gainesville, 1992. Proceedings, Gainesville, 1992a.

VAN VLECK, L. D. The revolution in statistical computing: from least squares to DEREMT. In: ANNUAL NATIONAL BREEDERS' MEETING. 41, Saint Louis, 1992. Proceedings... Saint Louis, 1992b. p. 1-35.

& NUNES-DOMINGUES, R. Genetic evaluation of Dairy herds bulls and cows with in animal model. In: INTERNATIONAL DAIRY SEMINAR, Chapingo, 1990. Proceedings... Chapingo, Centro de Ganaderia/Colegio de Postgraduados, 1990. p. 1-15.

FIGIEL, K. A.; GIANOLA, D.; TEPPELMAN, R. J. MATOS, C. A.; CHEN, I. H. C.; WANG, T. BUNGE, R. & FO, L.L. Improving estimates of fixed effects in a mixed linear model. Journal of Dairy Science, Champaign, 74:3174-83, 1991.

