

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO  
JEQUITINHONHA E MUCURI

**RICARDO COSTA SOUSA**

ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS, CURVA E ALOMETRIA DO  
CRESCIMENTO EM BOVINOS DA RAÇA GUZERÁ SUBMETIDOS À  
PROVA DE GANHO EM PESO A PASTO

**DIAMANTINA - MG  
2011**

RICARDO COSTA SOUSA

**ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS, CURVA E ALOMETRIA DO  
CRESCIMENTO EM BOVINOS DA RAÇA GUZERÁ SUBMETIDOS À PROVA DE  
GANHO EM PESO A PASTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Prof. Idalmo Garcia Pereira

DIAMANTINA - MG  
2011

Ficha Catalográfica - Serviço de Bibliotecas/UFVJM  
Bibliotecária Viviane Pedrosa CRB6 2641

S725a  
2011      Sousa, Ricardo Costa  
Análise de componentes principais, curva e alometria do crescimento em bovinos da raça guzerá submetidos à prova de ganho em peso a pasto/ Ricardo Costa Sousa – Diamantina: UFVJM, 2011.  
71p.

Dissertação (Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Orientador: Prof. Dr. Idalmo Garcia Pereira

1. Análise multivariada 2. Modelos não-lineares 3. PGP 4. Escores visuais 5. Raça zebuína I. Título

**CDD 636.2142**

RICARDO COSTA SOUSA

**ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS, CURVA E ALOMETRIA DO  
CRESCIMENTO EM BOVINOS DA RAÇA GUZERÁ SUBMETIDOS À PROVA DE  
GANHO EM PESO A PASTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA em 28/02/ 2011

---

Prof. Idalmo Garcia Pereira – UFVJM  
Orientador

---

Prof. Severino Delmar Junqueira Villela – UFVJM  
Co-orientador

---

Prof. Aldrin Vieira Pires – UFVJM

---

Prof. Pedro Veiga Rodrigues Paulino - UFV

DIAMANTINA - MG  
2011

## **DEDICO**

*Aos meus pais, Geraldo Serafim (in memorian) e Ana,  
pelo amor incondicional, carinho, força....*

*Às minhas tias, Raquel, Maria, Didi, Rosângela e ao Tio  
Toninho  
pelo apoio, carinho, conforto*

*Aos meus primos, Pablo, Luísa, Valeska, Vladimír,  
Cláudia, Andressa  
Por serem mais que primos, serem amigos, irmãos.*

*Aos meus amigos da República TTM,  
pelo apoio, torcida, respeito, festas  
Vocês fizeram e sempre farão parte da minha vida*

*À Lorena, grande companheira  
Por acreditar, torcer, incentivar  
Pelo carinho e amor*

## *Ofereço*

*À minha mãe Ana,  
Por ter me dado a vida e condições para viver em um  
ambiente de muito carinho, amor e conforto.  
Por exercer vários papéis em minha vida não só de mãe,  
mas como de pai e amiga.  
Por ser exemplo de força e perseverança.*

*Ao meu pai Geraldo (in memoriam),  
Exemplo de homem, de honra e lealdade.*

*Eu amo muito vocês,  
Vocês me deram a condição para vencer na vida,  
E vou vencer, com Deus sempre em minha vida.*

*“A vida é como um labirinto, com muitas opções para seguir, no caminho diário podemos nos chocar contra as paredes, quando as circunstâncias, são difíceis, mas é preciso tomar uma atitude positiva e de desapego; nada conseguimos ficando angustiados, preocupados e nos torturando com os problemas; seja valente, te esforça, dá o melhor de tí. Para qualquer dificuldade na vida existe uma razão, que escapa de nosso entendimento. Naquele momento. Não podemos entender o porque de tantas paredes no labirinto, a menos que nos elevamos e vejamos a situação completa.”*

*Autor desconhecido*

## **AGRADECIMENTO**

A Deus pela vida e energia boa que traz paz e conforto, mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao Prof. Idalmo Garcia Pereira, pela oportunidade de realização desse trabalho, orientação profissional, ensinamentos e amizade.

Ao Prof. Aldrin Vieira Pires, pela grande contribuição na realização deste projeto e a amizade.

Ao Professor Pedro Veiga Rodrigues Paulino, pelo comprometimento, dedicação e grande amizade a você um muito obrigado.

Ao Prof. Severino Delmar Junqueira Villela, pelos conselhos, ajuda em momentos difíceis.

Aos Professores Venício, Vicente do Vale da UFMG e ao pesquisador da EPAMIG Nilson, pelo apoio.

A todos os docentes do curso de pós-graduação de Produção Animal, pelos ensinamentos.

Aos funcionários da UFVJM/pós-graduação, Adriana e ao amigo Leandro pelo atendimento e colaboração ao projeto.

A toda a turma da Document, Edna, Poly, Álvaro, pelo atendimento, amizade. Vocês vão deixar muita saudade.

Aos grandes amigos da república TTM, Arthur, Felipe (Godrak), Lucas, Jorge, Murilo, Eduardo (Dudu), Gabriel (Jersin), pelos momentos de grande descontração, companheirismo e de farras. À dona Fátima, por ser a mãezona de todos na república.

Aos meus grandes amigos de Curvelo, Geraldo (Capitão), Eduardo, Gustavo (Pudim), Marcus, que me ajudaram em muitos momentos do meu experimento assim como os meus primos Vladimir e Pablo.

Ao Grupo de Estudo G-corte, pelo apoio nas avaliações durante o experimento.

Aos amigos Diogo, Valdecy, Camila, Rafael (Toru), Ana Paula, Guilherme, Vinícius, Cinara, Flaviane, pela amizade e troca de experiências durante o mestrado.

Ao amigo Willian Koury Filho, pelo apoio e divulgação do projeto através da empresa Brasilcomz.

Ao pecuarista e amigo Roberto Lubenal por ter disponibilizado a fazenda e acreditado no projeto.

À Associação Brasileira dos Criadores de Zebu, em especial aos meus amigos João Eudes e Vanessa, pelo apoio, conselhos e dedicação.

Às empresas que viabilizaram a execução deste projeto, Tortuga, Merial, Sementes Gerplant, Currais e Cochos Itabira.

Ao Sindicato dos Produtores Rurais de Curvelo (SPRC), pelo apoio.

À Associação dos Criadores de Guzerá de Curvelo, pelo apoio incondicional para a realização deste trabalho, contando com a participação de vários criadores da Raça que acreditaram e estão dando continuidade a este trabalho.

À Associação Mineira dos Criadores de Zebu, em especial o nosso presidente Alberto Maia, pelo empenho e comprometimento.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da Bolsa de Estudos.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho, minha sincera gratidão.

## **BIOGRAFIA**

**RICARDO COSTA SOUSA**, filho de Geraldo Serafim de *Sousa (in memorian)* e Ana Raimunda Costa Sousa, nasceu no município de Curvelo/MG aos 22 de novembro de 1983. Graduou-se aos 23 anos Zootecnista, pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM. Foi admitido em janeiro de 2009 no programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em Nível de Mestrado, na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Submeteu-se a defesa de dissertação do dia 28 de fevereiro de 2011, para a obtenção do título de Mestre.

## RESUMO

SOUSA, Ricardo Costa. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, fevereiro de 2011. 71p. **Análise de componentes principais de características morfofuncionais, curva e alometria de crescimento de bovinos da raça Guzerá em prova de ganho em peso a pasto.** Orientador: Idalmo Garcia Pereira. Co-orientador: Severino Delmar Junqueira Villela. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

Foi desenvolvida uma Prova de Ganho em Peso (PGP) a pasto com animais da raça Guzerá na fazenda Meleiro no município Curvelo – MG, oficializada pela Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ). Foram avaliados 45 machos da raça Guzerá recém-desmamados, com peso e idade iniciais médios e desvio padrão de  $219,9 \pm 38,05$  kg e  $325,8 \pm 28,0$  dias, respectivamente. Na prova os animais consumiram pastagens de *Brachiaria brizantha* e suplementação múltipla, receberam tratamento sanitário e foram mantidos em condições uniformes de manejo por um período de 294 dias. As avaliações aconteceram a cada 56 dias. A partir desta PGP buscou-se avaliar uma função não-linear que melhor descrevesse a curva de crescimento dos animais, estimar o desenvolvimento relativo da área de olho de lombo, medida por ultrassonografia, da circunferência escrotal e de medidas morfométricas em relação ao peso vivo de bovinos da raça Guzerá através do estudo do crescimento alométrico; avaliou-se também um conjunto de características, por meio de análise de componentes principais, visando identificar as características que representam a maior parte da variação fenotípica. As características avaliadas por componentes principais foram: peso aos 205 dias (P205), peso aos 365 dias (P365), peso aos 550 dias (P55), ganho médio diário (GMD), circunferência escrotal (CE), altura na garupa (HG), comprimento corporal (CC), circunferência torácica (CT), área de olho de lombo (AOL), estrutura (E), precocidade (P) e musculabilidade (M). No presente estudo, a função de Von Bertalanffy foi a que melhor se ajustou para descrever o crescimento dos machos da raça Guzerá na PGP a pasto, já o crescimento alométrico apresentou-se heterogônico negativo para todas as características avaliadas em relação ao peso vivo. Quanto a análise de componentes principais os três primeiros componentes principais explicaram 74,51% da variação total dos dados, sendo estes associados aos maiores autovalores e retendo assim, maior variância dos dados. As características que tiveram maior participação nestes componentes foram P205, P e M.

**Palavras-chave:** análise multivariada, modelos não-lineares, PGP, escores visuais, raça zebuína

## ABSTRACT

SOUSA, Ricardo Costa. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, fevereiro de 2011. 71p. **Principal components analysis of morphological and functional traits, curve and allometric growth in cattle Guzera evidence of weight gain on pasture.** Adviser: Idalmo Garcia Pereira. Committee members: Severino Delmar Junqueira Villela. Dissertation (Master's degree in Animal Science).

It was developed in a performance test (PGP) to grazing animals on the farm Guzera Meleiro Curvelo the municipality - MG, officiated by the Brazilian Association of Zebu Breeders (ABCZ). We evaluated 45 male weanling Guzera, with initial average weight and age and standard deviation of  $219.9 \pm 38.05$  kg and  $325.8 \pm 28.0$  days, respectively. At trial, the animals were grazing *Brachiaria brizantha* and supplementation multiple received sanitary treatment and were maintained under uniform management for a period of 294 days. The evaluations took place every 56 days. From this PGP sought to evaluate a nonlinear function that best describe the growth curve of animals, estimate the relative development of the loin eye area measured by ultrasound, scrotal circumference and morphometric measurements in relation to body weight bovine Guzera through the study of allometric growth, was also evaluated a set of features through principal component analysis, to identify the characteristics that represent most of the phenotypic variation. The characteristics evaluated by principal components were: weight at 205 days (P205), weight at 365 days (P365), weight at 550 days (P550), average weight gain (ADG), scrotal circumference (SC), hip height (HG), body length (CC), thoracic circumference (TC), loin eye area (LEA), structure (E), precocity (P) and muscle (M). In this study, the Von Bertalanffy function was the best fit to describe the growth of males Guzera grazing on PGP, as the allometric growth presented heterogonic negative for all traits in relation to body weight. In this study, the Von Bertalanffy function was the best fit to describe the growth of males Guzera grazing on PGP, as the allometric growth presented heterogonic negative for all traits in relation to body weight. As for principal components analysis the first three principal components explained 74.51% of the total variation of data, which are associated with larger eigenvalues and thus retaining, greater data variance. The characters with the highest participation in these components were P205, P and M.

Keywords: multivariate analysis, nonlinear models, PGP, visual scores, zebu breed

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1. A raça Guzerá.....	14
2.2. Provas de Ganho em Peso.....	15
2.3. Medidas Morfométricas.....	16
2.3.1. Altura na Garupa e Altura na Cernelha.....	17
2.3.2. Distância entre íleos e comprimento de garupa.....	18
2.3.3. Perímetro Torácico e comprimento do corpo.....	19
2.4. Crescimento animal.....	19
2.5. Modelos não-lineares.....	22
2.5.1. Modelo de Brody.....	22
2.5.2. Modelo de Von Bertalanffy.....	23
2.5.4. Modelo Logístico.....	23
2.5.4. Modelo de Gompertz.....	23
2.5.5. Modelo de Richards.....	23
2.6. Comparação entre modelos.....	24
2.7. Avaliações atribuídas a Escores Visuais.....	25
2.8. Avaliações de características por ultrassonografia.....	29
2.9. Crescimento Alométrico dos Tecidos.....	32
2.10. Análises de Componentes Principais.....	33
2.11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
3. TRABALHOS.....	44
3.1. CURVA DE CRESCIMENTO E ESTUDO ALOMÉTRICO DE BOVINOS DA RAÇA GUZERÁ EM PROVA DE GANHO EM PESO A PASTO.....	44
Resumo.....	44
Abstract.....	45
Introdução.....	46
Material e Métodos.....	47
Resultados e Discussão .....	49
Conclusão.....	56
Referências Bibliográficas.....	56
3.2. AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS MENSURADAS EM PROVA DE GANHO EM PESO A PASTO DE BOVINOS DA RAÇA GUZERÁ POR MEIO DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS .....	58
Resumo.....	58
Abstract.....	59
Introdução.....	60
Material e Métodos.....	61
Resultados e Discussão .....	64
Conclusão.....	69
Referências Bibliográficas.....	69
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71

## 1. Introdução geral

Segundo dados da FAO (2011), o mundo caminha para uma crise alimentar que ameaça causar instabilidade política. Estima-se que nos próximos 40 anos será necessário um aumento de 70% na produção agrícola mundial e de 100% nas nações em desenvolvimento para atender à demanda derivada do aumento populacional. Nessa atual conjuntura pode-se observar que o agronegócio brasileiro tem um grande desafio pela frente.

O Brasil é o maior exportador de carne bovina do mundo e o segundo maior produtor, classificação que o coloca em posição de destaque perante os demais países em desenvolvimento. Com essa grande demanda por alimentos, o Brasil tem um grande potencial para figurar como uma grande potência mundial, pois é exportador de um produto de alto valor biológico do ponto de vista nutricional, a proteína animal, altamente valorizada economicamente.

A globalização dos mercados impôs às nações a palavra de ordem geral: aumento da produtividade. Especificamente falando de Brasil, os movimentos econômicos de integração de mercados vieram simultaneamente com os planos de estabilização econômica, o que se fez o impacto ser sentido com maior intensidade. Na bovinocultura de corte não foi diferente. Apesar de o país ser possuidor da segunda maior população de bovinos do mundo, os índices de produtividade ainda são baixos.

Tratando-se de bovinos de corte, não se pode deixar de enfatizar as raças zebuínas, pois constituem cerca de 80% do rebanho nacional. As raças Zebuínas vêm se apresentando ao mundo como importante opção de produção de carne, principalmente para países tropicais e subtropicais. Com isso, o setor é submetido a inevitáveis competições e comparações advindas de outros mercados, e cabe ao país comprovar em termos técnicos e científicos que o Zebu brasileiro é realmente uma genética que merece ainda mais a atenção do mercado mundial.

Em busca de trabalhar mais essa genética visando ao aumento da produtividade, os criadores estão cada vez mais conscientes da importância da avaliação das curvas de crescimento dos animais para melhor analisar e gerenciar a rentabilidade dessa atividade. O crescimento é uma função primordial, pois apresenta relação direta com a quantidade e a qualidade da carne, produto final da exploração. Uma das formas de se avaliar o crescimento animal é por meio de curvas de crescimento (Elias, 1998).

Modelos matemáticos não-lineares, desenvolvidos empiricamente para relacionar peso e idade, têm-se mostrado adequados para descrever as curvas de crescimento. Esses modelos permitem que conjuntos de informações em séries de peso por idade sejam

condensados num pequeno número de parâmetros, para facilitar a interpretação e o entendimento do fenômeno.

Por intermédio desses modelos, podem-se selecionar animais que apresentam altas ou baixas taxas de crescimento relativo ao peso adulto, conhecidas como taxas de maturidade. Animais com maiores taxas de maturidade são mais precoces que animais que apresentam menores taxas de maturidade. Segundo alguns autores, esse parâmetro é de fundamental importância do ponto de vista do melhoramento, pois animais de maior crescimento relativo podem ser selecionados para serem progenitores da geração seguinte.

Os parâmetros das curvas de crescimento são utilizados para predizerem taxas de crescimento, necessidades alimentares, peso à maturidade e grau de maturidade, também servindo como critérios de seleção para programas de melhoramento animal. Nesse sentido, as curvas de crescimento refletem a relação entre a idade do animal e seu impulso de crescimento e maturidade, sendo importantes para pesquisas e recomendações sobre eficiência de produção em programas de melhoramento, o que contribui para aumentar o lucro do produtor (Mendes, 2007).

Outro ponto de extrema importância dentro desse contexto é o estudo do crescimento alométrico, que permite conhecer a proporcionalidade em que se dá o desenvolvimento dos tecidos do animal. A equação alométrica de Huxley (1932) permite a mensuração adequada do desenvolvimento dos tecidos da carcaça e a determinação do padrão do desenvolvimento das características de importância econômica (Furusho-Garcia *et al.*, 2009). O coeficiente alométrico é utilizado com o intuito de saber a relação da velocidade de crescimento de uma determinada parte frente ao todo (Osório *et al.*, 1996).

Tendo em vista que as provas de ganho em peso a pasto representam o sistema predominante de produção de bovinos de corte no país, torna-se importante o estudo alométrico dos animais avaliados nesse tipo de teste de desempenho, para que se possa auxiliar na identificação de animais precoces.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho selecionar uma função não-linear que melhor descreva o crescimento; estimar o desenvolvimento relativo da área de olho de lombo medida por ultrassonografia, da circunferência escrotal e de medidas morfométricas em relação ao peso corporal de bovinos da raça Guzerá em prova de ganho em peso a pasto e também avaliar o conjunto das características mensuradas por meio das análises de componentes principais, visando identificar as que representam a maior parte da variância fenotípica.

## 2. Referencial teórico

### 2.1. A raça Guzerá

Foi a primeira raça zebuína a chegar ao Brasil, entre as que persistem, sendo trazida da Índia, na década de 1870, pelo Barão de Duas Barras, logo dominando a pecuária nos cafezais fluminenses. Surgia como solução para arrastar os pesados carroções e até vagões para transporte de café, nas íngremes montanhas, e também para produzir leite e carne. Com a abolição da escravidão, em 1888, os cafezais fluminenses entraram em decadência, levando os fazendeiros a buscar maior proveito do gado, por meio da seleção das características leiteiras e cárneas.

A raça Guzerá chegou a ter participação expressiva nos negócios de bovinos nacionais até meados de 1925; porém, na década de 40, foi prejudicada pela política de cruzamentos para formação da raça Indubrasil, produto da infusão de sangue Gir sobre o mestiço "Guzonel" (Guzerá x Nelore), causando uma drástica diminuição do plantel de animais puros (Silva, 2004). Desse período até a década de 90, poucos criadores mantiveram seus rebanhos e continuaram com a seleção.

Entretanto, em razão das suas aptidões para produção de carne, capacidade leiteira de algumas linhagens e o grande interesse de muitos criadores, a partir de 1995 houve nova retomada da raça, que passou de 6.405 registros genealógicos de nascimento (RGN), feitos pela Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ), para 10.022 RGN em 2002, o que representa crescimento de 56,47% (Lima Neto, 2007). Esse aumento considerável no número de animais registrados fez do Guzerá o quarto colocado entre as raças zebuínas em número de registros na ABCZ.

Dentro desse contexto, torna-se cada vez mais importante a participação do gado Guzerá na pecuária brasileira, o qual, em termos de animais puros, representa mais de 10% do rebanho *Bos indicus* no País, além de expressiva participação no efetivo de animais cruzados, estimado em mais de 30 milhões de animais, com alguma participação gênica (grau sanguíneo) da raça Guzerá (Lima Neto, 2007).

Os criadores têm buscado, através da seleção, animais com maior ganho em peso em menor intervalo de tempo para, assim, poder obter maior lucro na atividade. Além do ganho de peso, várias outras características relacionadas ao peso dos animais são objetivas de estudo, como: peso ao nascimento, peso à desmama, peso ao ano e ao sobre-ano, avaliações visuais,

etc. Porém, é de grande importância estudá-las conjuntamente e isso se torna possível com o uso dos modelos de crescimento.

## **2.2. Provas de ganho em peso**

A Prova de Ganho de Peso (PGP) é um teste de desempenho para bovinos de corte que objetiva identificar indivíduos geneticamente superiores para características de interesse econômico relacionadas, principalmente, ao potencial de crescimento e qualidade da carcaça. As PGP constituem importante instrumento auxiliar em sistemas de avaliação genética entre rebanhos, sobretudo em populações que não possuem boa conectabilidade genética em seus bancos de dados (Lima Neto, 2007).

Dessa forma, a fim de que se possa comparar o desempenho de animais criados em vários rebanhos, torna-se necessária a formação de grupos de manejo, o que é possível em Provas de Ganho em Peso, quando animais mantidos em um mesmo ambiente, por um período suficientemente longo de tempo, têm a possibilidade de ser comparados para determinação de seus valores genéticos. Segundo Trovo (1994), essa é uma das principais finalidades das PGP, que vêm constituindo-se em um instrumento valioso através das avaliações entre rebanhos, podendo ser conduzidas com o objetivo de identificar melhores animais para características relacionadas ao potencial de crescimento e qualidade de carcaça.

Nas PGP a pasto, há a possibilidade de se avaliar um maior número de animais que são submetidos a um mesmo sistema de manejo e ambiente. Segundo Henderson (1984), os genes que atuam em um determinado ambiente “A” necessariamente não são os mesmos que atuam em um ambiente “B”. Dentro dessa premissa e pensando no sistema de criação da pecuária brasileira que segue o modelo extensivo, tendo seus animais condicionados a pasto, a seleção nesse ambiente se torna de extrema importância.

A frase “a curva de crescimento ideal, moderado peso ao nascimento, crescimento explosivo até um ano e um moderado tamanho adulto” dita por Fries (1996) explica bem o modelo de animais a ser buscado, dentro de programas de melhoramento genético de bovinos de corte.

Para que fique clara a importância de tal conceito, ao final de uma prova de desempenho pode-se ter campeões de “peso” empatados sendo dois animais com biótipo completamente diferentes, um animal mais alto fino e comprido, com todas as características de um indivíduo de ciclo longo e um animal mais profundo, com costelas mais arqueadas e

proporções mais condizentes a um animal precoce. Assim Fries (1996) colocou a seguinte pergunta: Que outra maneira de alterar a colocação dos animais, beneficiando aqueles com características morfológicas que indicam precocidade se não com o uso das avaliações visuais e morfométricas?

Outros fatores que corroboram essas avaliações são o acompanhamento das curvas de crescimento e o crescimento alométrico, ou seja, a proporcionalidade com que se desenvolve o animal. Essas são avaliações que auxiliarão na seleção do biótipo animal de melhor desempenho para aquele ambiente de seleção, interferindo diretamente na qualidade da sua carcaça.

Com isso, pode-se estabelecer que a seleção em bovinos de corte não deve ser pensada exclusivamente na balança, mas sim na composição do peso, que é a resultante dos músculos, vísceras, ossos e tecido adiposo e, nesse sentido, as avaliações visuais atuam como grande ferramenta de trabalho para se chegar a melhores proporções dos diferentes tecidos (Josahkian *et al.* 2003).

### **2.3. Medidas morfométricas**

Pesquisas desenvolvidas por Scarpati *et al.* (1996) demonstraram que medidas morfométricas (medidas objetivas), junto com o peso corporal do animal, descrevem melhor o indivíduo ou população que os métodos convencionais de ponderações e classificação por escore. Sabe-se que maiores dimensões de garupa, por exemplo, estão relacionadas à facilidade de parto e a maiores rendimentos de cortes, tanto no posterior quanto no restante do corpo. Cyrillo *et al.* (2000), em estudos envolvendo machos jovens da raça Nelore do Instituto de Zootecnia de Sertãozinho de SP (IZ), nascidos entre 1989 a 1996, comprovaram que todas as medidas morfométricas - altura posterior, distância entre íleos, comprimento de garupa, perímetro torácico, comprimento do corpo, do dorso, além do perímetro escrotal, apresentaram respostas correlacionadas positivas à seleção para peso pós-desmame.

De acordo com Pani *et al.* (1981), as medidas morfométricas lineares (comprimento e altura) são mais precisas na determinação do tamanho à maturidade do que o peso, uma vez que este e a gordura subcutânea podem apresentar flutuações periódicas em função do estado nutricional. Essa informação sustenta a importância de as mensurações serem feitas precisamente nas epífises ósseas, não privilegiando, assim, animais que estejam com maior cobertura muscular.

De acordo com Euclides Filho (1997), se os recursos alimentares são inadequados, os indivíduos menores têm vantagens sobre os maiores. Portanto, o tipo biológico de melhor desempenho precisa ser identificado de forma a se ajustar ao nível tecnológico e ao sistema de produção.

Características morfológicas permitem a leitura crítica dos tipos biológicos que variam de ultraprecoces a extremamente tardios, lembrando que extremos não são desejados. O que se busca são animais equilibrados com o ambiente em que estão sendo criados. Portanto, o tipo biológico de melhor desempenho precisa ser identificado de forma a ajustar-se ao nível tecnológico e ao sistema de criação de cada região (Magnabosco *et al.*, 2002).

### **2.3.1. Altura na garupa e altura na cernelha**

A existência da relação direta entre tamanho corporal e eficiência de produção em bovinos de corte tem levado à inclusão de características associadas ao tamanho e dimensões dos animais em programas de seleção, dentre as quais, medidas de altura na garupa (Horimoto *et al.*, 2004).

Essa medida é de extrema importância para o monitoramento do tamanho, a qual, por meio de equação matemática, resulta no chamado “frame size”, que está diretamente ligado às exigências nutricionais. O “frame size” pode se tornar elemento importante na identificação do tamanho mais apropriado para o sistema de produção em que os animais serão criados. (Josahkian *et al.*, 2003).

Animais de *frame* grande tendem a ser mais pesados em qualquer idade, terem maior quantidade de carne magra na carcaça e serem mais tardios. Animais de *frame* pequeno tendem a ser mais leves, ter maior deposição de gordura e ser mais precoces (Beef Improvement Federation, 2002).

O efeito do tamanho adulto da vaca sobre a eficiência reprodutiva tem-se convertido em fato preocupante durante os últimos anos em decorrência da preferência que existe por animais de grande porte dentro dos rebanhos de seleção. Se o aumento da altura tem seus benefícios sobre as taxas de crescimento, esse aumento tem impacto negativo sobre a idade à puberdade, a taxa de prenhez pós-parto e a taxa de sobrevivência do bezerro até a desmama (Pineda & Koury Filho, 2003).

Sabe-se que animais mais altos são os mais tardios e exigentes em termos nutricionais, levando maior tempo para entrar em reprodução e para atingir um bom acabamento de carcaça, provavelmente por terem um maior crescimento em relação aos demais (Scarpati *et al.*, 1996)

Resultados de correlações fenotípicas envolvendo altura de posterior em animais jovens da raça Nelore foram encontrados por Scarpati *et al.* (1996), com peso corporal ao desmame de 0,60, com peso ao sobreano de 0,42. Rocha *et al.* (2003) também encontraram resultados de 0,67 com altura na cernelha, 0,45 com comprimento do corpo e 0,48 com perímetro torácico. Lôbo *et al.* (2002), trabalhando com animais Nelore, estimaram correlações fenotípicas entre a altura na cernelha com peso aos 365 dias de 0,38, com peso ao sobreano de 0,49 e com a altura na garupa (mensurada aos 24 meses) de 0,92. Essas correlações evidenciam uma associação positiva de média a alta entre essas medidas morfométricas com características tradicionais de pesagem e com outras morfométricas.

### **2.3.2. Distância entre íleos e comprimento de garupa**

Fernandes *et al.* (1996) encontraram estimativa de herdabilidade ( $h^2$ ) de 0,57 para distância entre íleos em animais da raça Nelore. Essa medida possui relação importante com a distribuição de cortes nobres no posterior e a facilidade de parto nas fêmeas.

Lima *et al.* (1989) observaram valores de correlação fenotípica de 0,56 entre distância entre íleos e comprimento de garupa, de 0,69 com o comprimento do dorso, de 0,42 com o peso. As correlações genéticas encontradas foram de 0,16 com a altura na garupa, 0,98 com o peso e 0,86 com o comprimento do dorso. Segundo esses autores, aparentemente genes que controlam a característica de peso também determinam o desenvolvimento das características do corpo. A baixa correlação genética, 0,16, entre altura na garupa e comprimento de garupa, de acordo com os autores, indica que os genes que controlam o crescimento talvez não sejam os mesmos que controlam a profundidade torácica e a largura na garupa.

Resultados encontrados por Razook *et al.* (1990) e Cyrillo *et al.* (2000), com machos da raça Nelore, permitem concluir que a seleção com base no peso pós-desmama aumenta as medidas na garupa.

### 2.3.3. Perímetro torácico e comprimento do corpo

Das diferentes dimensões corporais estudadas pelo melhoramento genético animal, o perímetro torácico tem se mostrado como o melhor preditor individual do peso corporal em qualquer estágio do crescimento em bovinos (Reyes *et al.*, 2002). Esses autores trabalharam com dados de 1.497 bezerros da raça Nelore mocho e observaram através do coeficiente de regressão que, em média, o peso ao nascer aumenta aproximadamente 700g por cada centímetro de acréscimo do perímetro torácico.

Trabalhando com dados de medidas morfométricas realizadas em machos da raça Nelore mocho, Josahkian *et al.* (1993) e Magnabosco *et al.* (1993) encontraram médias variando de 147 a 158 cm para o comprimento do corpo aos 18 meses, respectivamente. Valor inferior a esse intervalo foi relatado por Lôbo *et al.* (2002), avaliando animais da raça Nelore padrão (133,2 cm).

Na determinação do crescimento muscular, de acordo com estudos desenvolvidos por Rocha *et al.* (2003), o comprimento do corpo tem a menor precisão, e o comprimento e a altura variam em função do crescimento do esqueleto, atingindo o limiar à maturidade, sendo o perímetro torácico função do crescimento muscular. Nesse trabalho esses autores avaliaram o tamanho de vacas Nelore adultas e seus efeitos no sistema de produção de gado de corte, encontrando média e erro padrão de  $138 \pm 0,13$  cm para o comprimento do corpo e correlação fenotípica de 0,32 com o perímetro torácico, de 0,45 com o comprimento da garupa, de 0,61 com altura na cernelha e de 0,54 com o peso, indicando que o aumento no tamanho da vaca corresponde ao aumento no peso e no consumo de alimento.

## 2.4. Crescimento animal

O crescimento é um processo fisiológico que tem início ainda na fase pré-natal e termina quando o organismo atinge o peso adulto e a conformação característica da espécie. O grau de desenvolvimento das dimensões atingido é próprio de cada espécie animal e, dentro de cada espécie, elas dependem da raça. Em atividades de pecuária, o termo crescimento é utilizado frequentemente como um período em que o animal aumenta de tamanho e ganha peso.

A avaliação do ganho em peso na fase pós-desmame auxilia no processo seletivo dos animais, pois demonstra o potencial de velocidade de ganho em peso, e também possibilita a escolha de animais precoces (Marcondes, 1999).

De acordo com Sarmiento *et al.* (2000), as características de crescimento pós-desmame apresentam melhores respostas à seleção em razão da maior contribuição do efeito genético aditivo direto no desempenho animal, seguido do decréscimo da influência maternal à medida que se afasta a idade à desmama. Porém, os autores recomendam que o efeito genético aditivo maternal deve ser incluído no modelo animal para a avaliação genética de características de crescimento.

Os processos de crescimento e desenvolvimento, apesar de serem intimamente ligados, são individualizados, não devendo ser confundidos e utilizados de forma equivocada. Durante a fase de crescimento do animal verificam-se dois fenômenos:

1) o aumento do próprio peso até chegar às dimensões da idade adulta, o que é chamado de crescimento;

2) a modificação da própria conformação corpórea e as várias funções, o que indica o desenvolvimento (Hammond, 1955).

O crescimento pode ser expresso através de termos quantitativos (peso, ganho de peso, comprimento do tronco e do corpo, etc.), enquanto o desenvolvimento é avaliado levando em conta também, as modificações qualitativas, seja na conformação ou na fisiologia dos diferentes tecidos (Biffani, 1997).

A idade fisiológica refere-se ao estágio de desenvolvimento do animal, como puberdade e obtenção de peso corporal máximo ou peso adulto. Animais de raças diferentes apresentam esses estágios em idades cronológicas diferentes, quer dizer, existem raças que apresentam uma maturidade precoce e outras, tardia. Por isso faz-se necessário comparar animais dentro de um mesmo rebanho de mesma raça e na mesma idade fisiológica (Pereira, 2001).

Animais mais precoces quanto ao crescimento podem ser determinados estudando as suas curvas de crescimento e avaliando aqueles que apresentarem maiores pesos na mesma idade fisiológica (Queiroz, 2005).

Segundo Fitzhugh (1976), uma curva sigmóide descrevendo uma sequência de medidas de tamanho, frequentemente peso corporal, sugere o termo “curva de crescimento” ou “curvas de peso-idade”. O mesmo autor destaca que os principais objetivos no ajuste de curvas de crescimento são descritivo, de modo que a informação contida numa sequência de pontos peso-idade é reduzida em relativamente poucos parâmetros que tenham interpretação biológica.

Biffani (1997) estabeleceu quatro fases para a curva de crescimento:

1) fase progressiva: nessa fase a taxa de crescimento é muito elevada e positiva, chegando ao máximo no ponto de inflexão da curva, o qual corresponde à puberdade do animal;

2) fase regressiva: a partir do ponto de inflexão a taxa do crescimento começa a diminuir por causa de uma série de fatores que inibem progressivamente o crescimento, embora o animal não deixe de crescer. Graficamente o ponto de inflexão marca essa inversão na taxa do crescimento;

3) fase estacionária: quando o animal deixa de crescer e o crescimento pode ser considerado apenas uma renovação dos tecidos;

4) morte: Os tecidos não são renovados e o animal morre.

As curvas de crescimento permitem avaliar parâmetros biologicamente importantes, como o tamanho do animal e peso à maturidade sexual; outra característica importante é a relação entre a taxa de crescimento e a taxa de maturidade sexual. Uma estimação precisa dos fatores pode servir para propor programas de seleção e melhoramento genético, pois estão associadas a outras características de importância econômica (Gómez, 1997).

O estudo de curvas de crescimento, em bovinos de uma forma particular, torna-se mais atraente do que em outras espécies, pois os modelos não-lineares são bastante flexíveis para se utilizar com dados como peso-idade, pelo fato de considerar características inerentes aos dados de pesagens, como:

a) normalmente as pesagens são irregulares no tempo, isto é, o intervalo de duas medidas consecutivas quaisquer não ocorre de forma constante;

b) possuem estrutura incompleta;

c) as avaliações adjacentes são mais estreitamente correlacionadas que as demais;

d) a resposta dos indivíduos em função do tempo tem variância crescente (Freitas 2005).

O interesse pelas curvas de crescimento aumentou muito nos últimos anos, principalmente pelo desenvolvimento de novas técnicas computacionais que permitem maior rapidez e precisão das análises e também em decorrência da maior necessidade de prever informações sobre um rebanho (Silva *et al.*, 2001).

Uma das formas de descrever as curvas de crescimento é por meio de modelos de regressão não linear. Os principais de acordo com Oliveira *et al.* (2000) estão listados na Tabela 1.

Tabela 1. Principais modelos não-lineares usados para o crescimento em bovinos

Função	Equação	Nº de parâmetros
Brody	$Y=a(1-b\exp(-kt))$	3
Von Bertalanffy	$Y=a(1-b\exp(-kt)^3)$	3
Logística	$Y=a(1+b\exp(-kt)^{-1})$	3
Gompertz	$Y=a\exp(-b\exp(-kt))$	3
Richards	$Y=a(1-b\exp(-kt)^m)$	4

Fonte: Oliveira *et al.* (2000).

As funções apresentadas anteriormente possuem diversos parâmetros em comum e embora existam algumas variações em relação à interpretação e conteúdo, é possível associar significado biológico a todos eles (Mendes, 2007):

**y** é o peso corporal na idade **t**;

**a** é peso assintótico quando **t** tende a mais infinito, ou seja, esse parâmetro é interpretado como peso à idade adulta;

**b** é uma constante de integração, relacionada aos pesos iniciais do animal e sem interpretação biológica bem definida. O valor de **B** é estabelecido pelos valores iniciais de **y** e **t**;

**k** é interpretado como taxa de maturação, que deve ser entendida como a mudança de peso em relação ao peso à maturidade, ou seja, como indicador da velocidade com que o animal se aproxima do seu tamanho adulto;

**m** é o parâmetro que dá forma à curva. Sua fixação determina a forma da curva e, conseqüentemente, o ponto de inflexão.

## 2.5. Modelos não-lineares

### 2.5.1. Modelo de Brody

O modelo de Brody (1945) considera a velocidade do crescimento proporcional ao crescimento que fica por efetuar; assim, as taxas de crescimento diminuem à medida que aumentam o peso e idade. Esse modelo foi proposto para descrever o crescimento após o ponto de inflexão. Nesse modelo o parâmetro *m* assume o valor 1 (Tabela 1). A maioria dos trabalhos que utilizam esse modelo considera o nascimento como o ponto de inflexão, podendo assim ser utilizado para descrever o crescimento pós-natal (PAZ, 2002).

### 2.5.2. Modelo de Von Bertalanffy

O modelo de Von Bertalanffy (1949, 1957) foi derivado por seu autor a partir de taxas de anabolismo e catabolismo do animal, baseando-se na suposição de que o crescimento é a diferença entre essas taxas. Nesse modelo o ponto de inflexão  $m$  é fixo em aproximadamente 0,30 do valor de  $A$  (Tabela 1).

### 2.5.3. Modelo Logístico

Proposto por Verhulst em 1838 para expressar a lei do crescimento de populações humanas (Laird, 1966), apresenta uma curva simétrica em relação ao ponto de inflexão e nesse modelo pode-se alcançar 50% do valor assintótico. Aproxima-se em seu segundo trecho à função de Brody; porém, em seu primeiro trecho, aproxima-se a uma função exponencial de taxa relativa de crescimento constante. Em outras palavras, esse modelo considera a velocidade de crescimento proporcional ao crescimento efetuado e ao crescimento que fica por efetuar. Na função logística o parâmetro  $B$  é fixo e igual a 1 (Tabela 1).

### 2.5.4. Modelo de Gompertz

O modelo de Gompertz foi desenvolvido em 1825 por Benjamin Gompertz para estudar as leis de natalidade e mortalidade humanas (Laird, 1966). Baseia-se em que a taxa de crescimento relativo descreve de forma exponencial; a curva é assimétrica em relação a seu ponto de inflexão, sendo o ritmo de desenvolvimento mais lento depois de alcançado esse ponto, ou seja, a função de Gompertz foi desenvolvida sob a suposição de que a taxa de crescimento específico caiu exponencialmente com o tempo. O ponto de inflexão nesse modelo é fixo em 0,37 do valor de  $A$  (Paz, 2002).

### 2.5.5. Modelo de Richards

Considerado por muitos pesquisadores como o modelo de crescimento mais completo, a função de Richards possui quatro parâmetros, porém com ponto de inflexão variável. A importância desse modelo reside no ponto de inflexão, dependente do parâmetro  $m$  (Tabela 1), que deve ser estimado para cada análise, para que se consiga uma melhor interpretação biológica; no entanto, existe dificuldade em se ajustar esse modelo, em função da não-convergência do processo iterativo, causado principalmente pela alta correlação negativa entre  $B$  e  $m$  (Paz, 2002).

## 2.6. Comparação entre modelos

A comparação dos modelos que descrevem o crescimento de animais foi feita em diversos estudos. Questiona-se, no entanto, sobre qual desses modelos é o mais apropriado para descrever o crescimento corporal de bovinos. Dentre os modelos não-lineares apresentados para descrever a curva de crescimento dos animais, o modelo de Richards é teoricamente o melhor, pois não fixa o ponto de inflexão da curva, se ele existir em determinada proporção do valor assintótico da variável dependente. No entanto, a existência de circunstâncias como escassez ou irregularidade de dados pode fazer com que equações que fixam o ponto de inflexão, em relação ao valor assintótico do peso, comparem-se com o modelo de Richards quanto à habilidade para representar dada série de pontos que relacionam peso com idade (Oliveira *et al.*, 1994; Castanho, 1994; citados por Perroto *et al.*, 1997). Todavia, muitos estudos apresentam a equação de Richards como a que melhor descreve a curva de crescimento de bovinos e outros animais (Brown *et al.*, 1976; Perroto *et al.*, 1992).

Brown *et al.* (1976), analisando cinco modelos não-lineares (Von Bertalanffy, Brody, Gompertz, Logístico e Richards) em dados de peso em função da idade, para vacas de diversas raças criadas sob condições diferentes de manejo, observaram que os modelos de Brody e Richards são os mais comuns para a descrição do crescimento de bovinos, em razão do fácil ajuste computacional a dados de raças taurinas. Os modelos foram comparados com base na qualidade do ajuste, interpretação biológica dos parâmetros e facilidade computacional no ajuste dos dados.

Segundo Martins *et al.* (2008), outros modelos empregados no estudo superestimaram o peso nas idades iniciais; além disso, o peso adulto foi superestimado pelo modelo Logístico. Apesar da dificuldade computacional, o modelo de Richards foi o que melhor descreveu o crescimento desses animais. De acordo com os autores, o modelo de Richards tem ponto de inflexão variável, que é mais apropriado para ajustar dados antes dos dez meses de idade, quando há dificuldade no ajuste. Para dados de idades superiores a seis meses, o modelo de Brody ajustou-se de forma semelhante ao modelo de Richards, sendo melhor seu ajuste computacional. Os autores concluíram que, apesar dos parâmetros terem a mesma interpretação biológica nos diferentes modelos, as suas estimativas não são perfeitamente correlacionadas.

Oliveira (1995) utilizou e ajustou cinco funções não-lineares para fêmeas da raça Guzerá e observou que o modelo de Richards, apesar de apresentar um bom ajuste aos dados de pesos e idade, apresentou dificuldades computacionais, não sendo indicado seu uso para

representar a curva de crescimento. Os outros modelos utilizados nesse estudo foram os de Brody, Gompertz, Von Bertalanffy e Logístico, que apresentaram boa qualidade no ajuste dos dados. O modelo de Von Bertalanffy foi o escolhido por representar ajuste médio superior aos demais modelos.

Através desses estudos para descrição de curvas de crescimento, podemos observar que existe uma grande divergência em relação à escolha de um ou mais modelos que sejam mais adequados para descrever o crescimento de bovinos; entretanto, existe tendência de melhor adequação dos modelos Brody e Richards para as raças taurinas, e dos modelos de Von Bertalanffy e Logístico para raças zebuínas (Paz, 2002). Nadarajah *et al.* (1984), citados por Paz (2002), afirmaram que o ponto de inflexão não é detectado em raças muito precoces, quando as pesagens na fase inicial do processo de crescimento não são realizadas com grande frequência. Dessa forma, se o ponto de inflexão ocorre mais tardiamente, como é esperado em raças menos precoces, é possível que os modelos com ponto de inflexão variável, como o caso dos modelos de Richards e Logístico, sejam mais adequados (Brown *et al.*, 1976).

## **2.7. Avaliações atribuídas a escores visuais**

Estudos de crescimento com base nos pesos são comuns na literatura; porém, escassos são os trabalhos que relacionam dimensões corporais com características de desenvolvimento ponderal, bem como com desempenho reprodutivo em zebuínos. Dentre esses poucos trabalhos, Lima *et al.* (1989) estimaram correlação genética entre altura de posterior e peso aos 378 dias de 0,42 e Cyrillo *et al.* (2001) estimaram correlação genética entre as mesmas características de 0,61. Teixeira *et al.* (2002) verificaram que animais com o mesmo peso podem apresentar grandes diferenças de altura de posterior e vice-versa, o que é indicativo de que apenas a pesagem ou a medida da altura não seria suficiente para distingui-los, sugerindo, também, o emprego de escores visuais para melhor descrição do tipo morfológico.

A avaliação por escores visuais é considerada uma boa forma para se identificar animais de melhor conformação produtiva. Nesse contexto, Nicholson & Butterworth (1986) relataram que um grande número de animais pode ser avaliado visualmente sem que precisem ser submetidos a mensurações, o que agiliza o processo e minimiza o estresse dos animais, além de apresentar baixo custo de implantação.

Os escores visuais de conformação (C), precocidade (P) e musculatura (M) apresentam herdabilidade de média a alta magnitude, semelhante às estimativas encontradas para os pesos nas diferentes idades, indicativo de que são características passíveis de seleção direta (Pons *et al.*, 1989; Lima *et al.*, 1989; Pons *et al.*, 1990; Robinson *et al.*, 1993; Roso &

Fries, 1995; Eler *et al.*, 1996; Cardoso *et al.*, 2001; Koury Filho, 2001; Jorge Júnior, 2002; Van Melis *et al.*, 2003; Cardoso *et al.*, 2004). As correlações genéticas entre C, P e M e características de desenvolvimento ponderal são positivas e variam de 0,31 a 0,98 (Pons *et al.*, 1990; Cardoso *et al.*, 2001; Koury Filho, 2001; Jorge Júnior, 2002; Cardoso *et al.*, 2004).

De acordo com Cardoso *et al.* (2004), as estimativas de parâmetros genéticos encontrados na literatura para os escores visuais apresentam grande variação e dificuldade de comparações. Essa variação pode ser decorrente não somente de diferenças reais em variâncias genéticas para efeito direto, mas também pela subjetividade das metodologias utilizadas na coleta dos dados, que faz com que haja maiores variações entre avaliadores. Vale dizer que diferentes modelos também podem afetar o resultado das estimativas dos parâmetros genéticos.

Em estudo realizado pela Associação Brasileira de Criadores de Zebu, reprodutores das raças zebuínas de diferentes tipos morfológicos foram pesados, mensurados, avaliados visualmente, abatidos e tiveram suas carcaças medidas em uma série de características (Filho, 1996). Verificou-se que diferenças morfológicas, avaliadas *in vivo*, resultaram em carcaças com diferenças significativas no percentual de rendimento e na espessura de gordura subcutânea, e chegou-se à conclusão de que: “A seleção não deve ser pensada somente em termos de peso, mas sim na composição do peso”.

Segundo Koury Filho *et al.* (2000), existe uma crescente demanda por parte dos produtores e associações de raças, de estimativas dos parâmetros fenotípicos e genéticos das características relacionadas ao exterior dos animais, principalmente herdabilidades e correlações genéticas entre características morfológicas e características produtivas. Igualmente, programas de melhoramento genético visam incorporar metodologias exequíveis de coleta de dados de características indicadoras de composição de peso e que possam, por meio de índices de seleção, identificar animais economicamente mais eficientes nos sistemas de produção em que estão sendo criados.

Lush (1964) concluiu que há pelo menos dois bons motivos para a adoção da seleção pela avaliação morfológica: atender à demanda mercadológica de valorização de um tipo ou produto e, obter resposta indireta à seleção para produtividade.

Outra importante característica morfológica avaliada por escores, porém não relacionada às características de carcaça, é o umbigo. Entenda-se pela característica umbigo a prega umbilical nas fêmeas e o conjunto prega umbilical e bainha nos machos. Evidenciando

a importância da seleção para a característica umbigo, Koury Filho *et al.* (2003) alertam que nos rebanhos criados em grandes áreas de pastagem, touros com umbigos de maior tamanho e/ou pendulosos são mais susceptíveis a patologias muitas vezes irreversíveis ou inviáveis de serem curadas. Essa característica apresenta herdabilidade variando de 0,29 a 0,70 (Lagos & Fitzhugh Jr., 1970; Lima *et al.*, 1989; Cardoso *et al.*, 1998; Koury Filho *et al.*, 2003). As correlações genéticas entre umbigo e características de desempenho ponderal variam desde um valor negativo próximo de zero (-0,05), até valores positivos entre 0,14 e 0,64 (Cardoso *et al.*, 1998; Koury Filho *et al.*, 2003).

Koury Filho & Albuquerque (2002) propuseram um novo sistema de avaliação visual denominado EPMURAS. As quatro primeiras características são avaliadas em programas de melhoramento genético: Estrutura corporal (E), precocidade (P), musculosidade (M) e umbigo (U) e as três últimas vão compor índices finais em provas de desempenho: Caracterização racial (R), aprumos (A) e sexualidade (S). E, P e M variam em escala relativa de 1 a 6, sendo 6 a melhor expressão da característica ; U varia em escala absoluta de 1 a 6, sendo 6 a pior expressão da característica, e R, A e S em escala absoluta de 1 a 4, sendo 4 a melhor expressão da característica.

Ao avaliar-se estrutura (E), procura-se predizer visualmente a área que o animal abrange, olhando-se basicamente para o comprimento corporal e profundidade de costelas. Essa área está intimamente ligada aos seus limites em deposição de tecido muscular. Na avaliação de precocidade (P), as maiores notas recaem sobre os animais de maior profundidade de costelas em relação à altura de seus membros. Há relatos na literatura indicando que animais mais precoces em acabamento também são sexualmente mais precoces.

O escore de musculatura (M) é avaliado através da evidência de massas musculares. Animais mais musculosos, além de pesarem mais, apresentam melhor rendimento de carcaça, o que reflete diretamente no bolso do pecuarista. O escore de umbigo (U) é avaliado a partir da referência do tamanho e do posicionamento do umbigo. No Brasil, a maioria dos rebanhos é criada em grandes áreas de pastagem e, nos machos, umbigo, bainha e prepúcio pendulosos são mais susceptíveis à ocorrência de prolapso e patologias ocasionadas por traumatismos, as quais são muitas vezes irreversíveis ou extremamente complexas em termos de manejo curativo.

A caracterização racial (R) busca avaliar todos os itens previstos nos padrões das respectivas raças envolvidas. Essa caracterização é um distintivo comercial forte e tem valor

de mercado, o que, por si só, justifica sua inclusão. Os aprumos (A) devem ser avaliados através das proporções, direções, angulações e articulações dos membros anteriores e posteriores, pois uma melhor postura proporciona uma longevidade maior na vida desses animais e principalmente dos touros, que são mais exigidos em época da estação de monta. Na avaliação da sexualidade (S), busca-se masculinidade nos machos e feminilidade nas fêmeas, sendo que essas características deverão ser tão mais acentuadas quanto maior a idade dos animais (Koury Filho & Albuquerque, 2002).

Os escores são individuais para cada animal e característica. Essa metodologia de avaliação visual tem como aplicação prática no processo de seleção o fato de possibilitar a identificação de todos os pontos negativos e positivos que coexistem em um animal. A Figura 1 ilustra as regiões do corpo do animal que devem ser analisadas na atribuição de escores visuais pela metodologia EPMURAS.

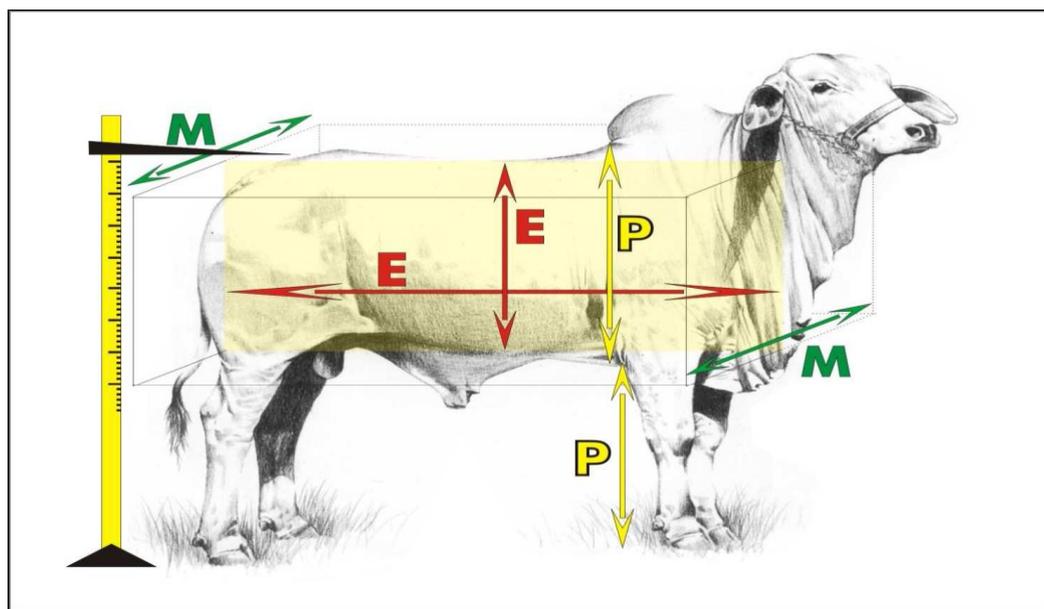


Figura 1. Representação esquemática das diferentes proporções que devem ser avaliadas pelas características E, P e M. Fonte: Koury Filho (2005).

A característica umbigo representa a prega umbilical na fêmea e o conjunto formado pela prega umbilical e bainha no macho, e é avaliada a partir de uma comparação do tamanho e do posicionamento do umbigo, com a referência absoluta de possibilidades existentes na raça ou população em questão, conforme Figura 2. A avaliação de U é absoluta e linear; portanto, a interpretação do escore é descritiva, e a utilização das Diferenças Esperadas da Progênie (DEP), uma ferramenta para direcionar a seleção de umbigo para o tamanho e forma desejados.

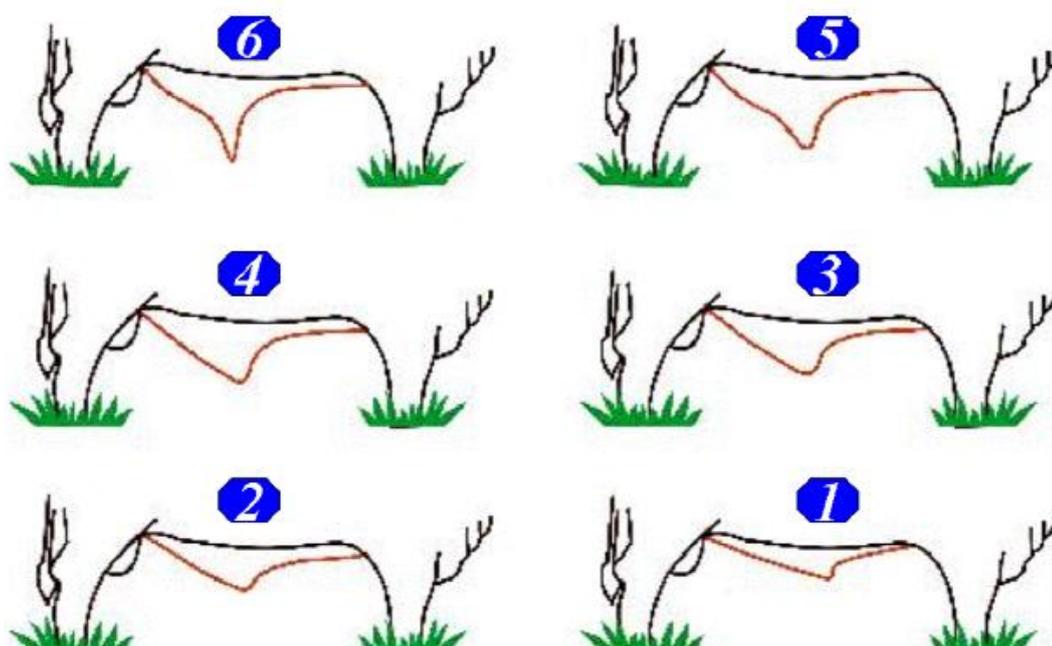


Figura 2. Referência de escala de escores para a característica umbigo na raça Nelore. Fonte: Koury Filho (2005)

## 2.8. Avaliações de características por ultrassonografia

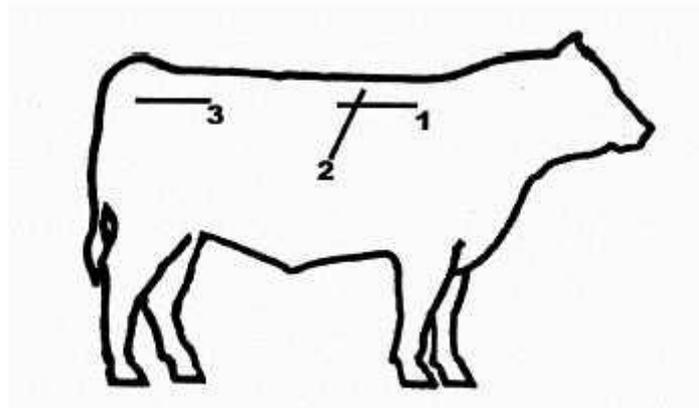
Uma outra forma de avaliar a composição de peso dos animais vem sendo usada mais recentemente: o ultrassom. Considerado um método não invasivo, o uso da ultrassonografia *in vivo* estima a quantidade de gordura e massa muscular depositadas ao longo da vida do animal. Rapidez e confiabilidade são pontos que atribuem a essa tecnologia alto grau de repetibilidade em suas mensurações na carcaça. Medidas de carcaças com o uso da ultrassonografia apresentam considerável acurácia em rendimento de carne e aceitável predição em termos de qualidade (Perkins *et al.*, 1997).

Essa técnica consiste em uma alta frequência de ondas sonoras acima da capacidade auditiva humana (16.000 ciclos/segundo). Geralmente, para animais vivos são utilizadas as frequências entre 1 e 5 megahertz (MHz), sendo mais utilizadas as frequências entre 3 e 3,5 MHz para avaliação de carcaça, possibilitando a identificação quantitativa dos tecidos muscular e adiposo através da diferença de impedância acústica.

Segundo Williams (2002), o processo padrão de seleção utilizado para se provar um reprodutor especializado em produção de carne (teste de progênie) leva de três a cinco anos, com custo de, aproximadamente, US\$ 5.000,00. Utilizando-se a coleta de informações através da ultrassonografia, esse processo pode ser completado em menos de dois anos com custo de, aproximadamente, US\$ 450,00. A incorporação de medidas ultrassonográficas realizadas em

touros jovens pode afetar a taxa de mudança genética nos programas de melhoramento, influenciando o intervalo de gerações, a exatidão e também a intensidade de seleção (Devitt & Wilton, 2001).

Atualmente, existem três principais indicadores de medidas em carcaças de animais vivos que permitem a coleta de informações por ultrassom: espessura de gordura subcutânea (EGS), área de olho de lombo (AOL) e gordura influenciando o intervalo de gerações, a exatidão e também a intensidade de marmoreio (MARM). A EGS representa a gordura localizada entre a 12ª e 13ª costela, logo acima do músculo *Longissimus dorsi* (contra-filé). A AOL é uma medida também realizada na superfície do músculo *Longissimus dorsi* entre a 12ª e 13ª costela e prediz a quantidade total de carne, sendo utilizada para calcular o rendimento de cortes nobres da carcaça. O MARM é uma medida, em porcentagem, tomada diretamente sobre o músculo *Longissimus dorsi* entre a 11ª, 12ª e 13ª costelas e serve para prever a quantidade de gordura intramuscular ali depositada. A Figura 3 apresenta o local no qual devem ser coletadas a AOL, EGS e MARM. As Figuras 4 e 5 são exemplos de imagens obtidas por essa técnica em bovinos de corte.



**Image Scanning Locations on the Live Animal**

Figura 3. Local de coleta de imagens por ultrassom em bovinos de corte. 1. obtenção da imagem do marmoreio, 2. obtenção da imagem da área de olho de lombo e da espessura de gordura subcutânea e 3. obtenção da imagem da espessura de gordura na garupa. Fonte: BIF Guidelines (2002).

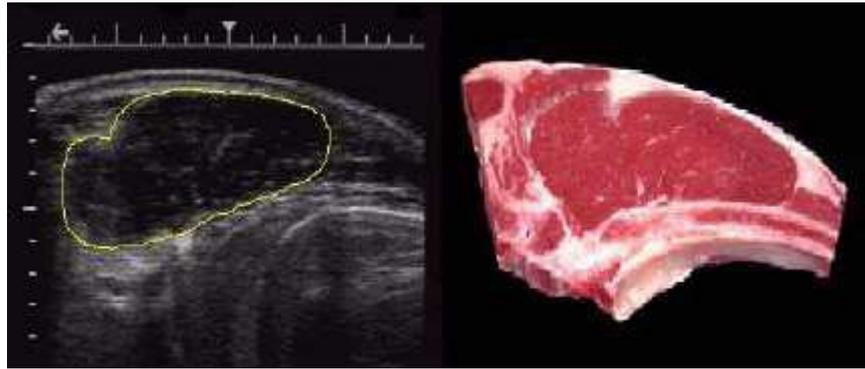


Figura 4. Exemplo de coleta da área de olho de lombo (AOL) e da espessura de gordura subcutânea (EGS) pela técnica da ultrassonografia. À esquerda: imagem típica da AOL – contornada em amarelo – e da EGS medida a 2/3 do músculo. À direita: músculo *Longissimus dorsi*. Fonte: BIF Guidelines (2002).



Figura 5. Exemplo de imagem obtida para a coleta do grau de marmorização por ultrassom. O tecido muscular é hiperecônico, aparecendo na cor escura, ao passo que o tecido adiposo é hipoeecônico, aparecendo na cor clara. Fonte: BIF Guidelines (2002).

Em alguns países, as avaliações pela ultrassonografia têm grande impacto econômico, podendo proporcionar aos produtores uma gratificação ou uma penalidade dependendo da qualidade da carcaça de seus animais (Sainz *et al.*, 2003).

Provas de touros em estações centrais de teste tornaram-se um componente importante de programas de melhoramento de gado de corte (Scholtz *et al.*, 1998; Archer *et al.*, 1999).

Esses testes são muito usados no mundo todo para comparar animais de rebanhos diferentes sob as mesmas condições ambientais; desse modo há contribuição para a seleção de reprodutores (Erikson *et al.*, 2001). No Brasil, a mais tradicional e importante prova é realizada pela Estação Experimental de Zootecnia de Sertãozinho (IZ).

## **2.9. Crescimento alométrico dos tecidos**

O crescimento compreende transformações no tamanho e na estrutura do corpo, que acontecem no decorrer da vida produtiva (Hammond, 1966). Esse processo envolve a construção de tecidos nos órgãos, ossos, músculos e na gordura, e apresenta distintos ímpetus de crescimento entre as diferentes partes da carcaça e dos tecidos que a constituem, de acordo com a fase de crescimento e a maturidade fisiológica dos animais envolvidos (Berg & Butterfield, 1976). Isso caracteriza que o crescimento desses tecidos não ocorre de forma isométrica, ou seja, cada um terá um impulso de crescimento em distintas fases da vida do animal (Ensminger *et al.*, 1990).

Como existem fases do crescimento em que determinadas partes da carcaça se desenvolvem mais intensamente e considerando a existência de cortes de “primeira” e de “segunda”, é interessante identificar quando podem ser obtidas melhores proporções, sobretudo dos cortes nobres. Segundo Hammond (1966), a velocidade de crescimento de cada região corporal avança até alcançar o máximo e começa a decrescer à medida que o animal se aproxima do tamanho adulto.

A curva típica de crescimento durante a vida apresenta forma sigmóide, ou seja, o crescimento durante a primeira etapa da vida é lento, seguido de um período de autoaceleração, até atingir o ponto máximo da taxa de crescimento, por volta da puberdade, seguida de uma fase de autodesaceleração (Berg & Butterfield, 1976).

De acordo com Almeida *et al.* (2001), as curvas de crescimento dos componentes mais importantes da carcaça, ou seja, músculo, osso e gordura de animais em fase de engorda evidenciam que os tecidos muscular e ósseo crescem em velocidade proporcionalmente menor que a carcaça, enquanto o tecido adiposo apresenta comportamento inverso. Conseqüentemente, o teor de gordura da carcaça aumenta com a maturidade do animal. Essas curvas de crescimento variam entre indivíduos; em animais de grande porte, ou seja, de maior peso à maturidade, a fase de acúmulo rápido de gordura ocorre a um peso mais elevado. Comparando animais de portes diferentes a um mesmo peso, o de maior porte não será tão maduro como o de menor tamanho e terá menor acúmulo de gordura.

Segundo Furusho-Garcia *et al.* (2009), o estudo alométrico do crescimento permite estimar o padrão de desenvolvimento dos cortes de importância econômica nos animais. De acordo com Ávila & Osório (1996), o estudo da alometria está baseado, principalmente, no fato de o desenvolvimento corporal ser uma função do peso e não do tempo necessário para alcançá-lo. Por isso, o abate de animais com determinada amplitude de variação de peso corporal, realizado sequencialmente, tem sido um dos métodos mais utilizados para descrever o crescimento relativo dos componentes da carcaça (Berg & Butterfield, 1966).

Os estudos de crescimento alométrico examinam o crescimento relativo de um componente corporal em relação a um conjunto de componentes ou ao corpo, identificando sua taxa de desenvolvimento (Seebeck, 1968).

O desenvolvimento corporal pode ser mensurado por algumas fórmulas ou modelos não-lineares como os de Huxley (1932) e Callow (1948). No entanto, a equação alométrica de Huxley (1932), definida como  $Y = aX^b$ , permite realizar uma descrição quantitativa adequada do crescimento de regiões e tecidos em relação aos outros e ao organismo como um todo, descrevendo uma relação curvilínea entre o crescimento da maioria dos tecidos. Fazendo a transformação logarítmica por meio de logaritmos neperianos, a equação exponencial se converte em uma regressão linear simples dada por  $\ln Y = \ln a + b \ln X$ , onde "Y" é o peso do órgão ou tecido; "X" é o peso de outra porção ou de todo o organismo; "a" é a intercepto do logaritmo da regressão linear sobre Y e "b", o coeficiente de crescimento relativo, ou o coeficiente alométrico, que é a velocidade relativa de crescimento de "Y" em relação a "X".

De acordo com Black (1983), tecidos que aumentam de peso em velocidade menor que o peso corporal, no período pós-natal, são classificados como tardios. Tecidos que apresentam característica contrária são classificados como precoces.

A equação alométrica proporciona uma aproximação matemática válida e simples para descrever o crescimento diferenciado. No entanto, existem leis biológicas intrínsecas que limitam uma aplicação exata (Fowler, 1967). De acordo com Berg & Butterfield (1966), a equação alométrica proporciona uma interessante descrição quantitativa da relação parte/todo e, mesmo não registrando detalhes, ela é relevante, porque reduz toda a informação a um só valor. Entretanto, afirmam que nenhum método matemático descreve por si só a forma completa de desenvolvimento.

## **2.10. Análises de componentes principais**

A análise de componentes principais (ACP) é um dos métodos estatísticos mais usados quando pretende-se analisar dados multivariados. Ela permite transformar um conjunto de variáveis originais, intercorrelacionadas, num novo conjunto de variáveis não correlacionadas, os componentes principais. O objetivo mais imediato da ACP é verificar se existe um pequeno número dos primeiros componentes principais que seja responsável por explicar uma proporção elevada da variação total associada ao conjunto original.

A estatística multivariada consiste em um conjunto de métodos estatísticos utilizados em situações nas quais as várias variáveis são medidas, simultaneamente, em cada elemento amostral. Em geral, as variáveis são correlacionadas entre si e quanto maior o número de variáveis, mais complexa torna-se a análise por métodos comuns de estatística univariada. Ela se divide em dois grupos: um primeiro, consistindo em técnicas exploratórias de sintetização (ou simplificação) da estrutura de variabilidade dos dados, e um segundo, consistindo em técnicas de inferência estatística. Fazem parte do primeiro grupo métodos como análise de componentes principais, análise fatorial, análise de correlações canônicas, análise de agrupamentos, análise discriminante e análise de correspondência. Esses métodos têm um apelo prático muito interessante, pois, na sua grande maioria, independem do conhecimento da forma matemática da distribuição de probabilidades geradora dos dados amostrais. No segundo grupo, encontram-se os métodos de estimação de parâmetros, testes de hipóteses, análise de variância, de covariância e de regressão multivariadas. A expansão na aplicação das técnicas multivariadas somente foi possível graças ao grande avanço da tecnologia computacional e ao grande número de *softwares* estatísticos com módulos de análise multivariada implementados (Mingoti, 2005).

Uma das finalidades da estatística multivariada é simplificar ou facilitar a interpretação do fenômeno que está sendo estudado através da construção de índices ou variáveis alternativas que sintetizem a informação original dos dados, sendo a análise de componentes principais uma técnica útil para tal finalidade (Mingoti, 2005).

A ACP é uma das técnicas multivariadas mais utilizadas de análise exploratória de dados, sendo também um dos mais antigos métodos multivariados, tendo sido introduzido por Pearson (1901) e, posteriormente, desenvolvido por Hotelling (1933), Rao (1964), e outros citados por Khattree & Naik (2000).

Tabachnick & Fidell (2007) descrevem a ACP como uma técnica estatística aplicada a um único conjunto de variáveis, quando o pesquisador está interessado em descobrir quais variáveis, no conjunto, formam subconjuntos coerentes que são, relativamente, independentes

uns dos outros, podendo, também, segundo Baker *et al.* (1988), revelar relações não previamente identificadas e, assim, ajudar na melhor interpretação dos dados.

Na ACP procura-se explicar a estrutura de variância e covariância de um vetor aleatório, composto de  $p$ -variáveis aleatórias, através da construção de combinações lineares das variáveis originais. Essas combinações lineares são chamadas de componentes principais e são não-correlacionadas entre si, ou seja, tornam-se  $p$  variáveis aleatórias  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_p\}$  e encontram uma combinação linear delas para produzir novas variáveis  $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_p\}$ , não-correlacionadas, denominadas de componentes principais. Portanto, tem-se que, a partir de  $p$  variáveis originais é possível obter-se  $p$  componentes principais (Mingoti, 2005).

As combinações lineares obtidas através dos componentes principais, segundo Jackson (1980), possuem a característica de que nenhuma combinação linear das variáveis originais irá explicar mais que o primeiro componente e, sempre que se trabalhar com a matriz de correlação, as variáveis não sofrerão influência da magnitude de suas unidades medidas.

Segundo Anderson (2003), os componentes principais apresentam propriedades especiais em termos de variância. O primeiro componente principal é uma combinação linear normalizada (a soma dos quadrados dos coeficientes deve ser um), com máxima variância; o segundo componente principal possui a segunda maior variância e, assim, sucessivamente, de forma que o máximo de informação, em termos de variação total, esteja contido nos primeiros componentes. Além disso, os componentes principais representam vetores linearmente independentes, ou seja, são independentes entre si.

A idéia central da análise, de acordo com Regazzi (2002), baseia-se na redução do conjunto de dados a ser analisado, principalmente quando os dados são constituídos de um grande número de variáveis interrelacionadas. Procura-se redistribuir a variação nas variáveis (eixos originais) de forma a obter o conjunto ortogonal de eixos não correlacionados. Essa redução é feita transformando-se o conjunto de variáveis originais em um novo conjunto de variáveis que mantém, ao máximo, a variabilidade do conjunto, isto é, com a menor perda possível de informação, sendo a estrutura de interdependência dessas variáveis representada pela sua matriz de variâncias e covariâncias ou pela sua matriz de correlação. Além disso, essa técnica nos permite o agrupamento de indivíduos similares mediante exames visuais, em dispersões gráficas no espaço bi ou tridimensional, de fácil interpretação geométrica.

Para Khattree & Naik (2000), uma questão que tem sido amplamente debatida, sem consenso definitivo na análise de componentes principais, é com relação ao número adequado

de componentes a serem selecionados para estudo. Há três métodos utilizados. O primeiro é baseado na acumulação proporcional do total de variância e pode ser adotado se a matriz de correlação ou covariância for usada na ACP. O segundo método é baseado na magnitude das variâncias dos componentes principais, obtidos somente da matriz de correlação. Esse método, que foi proposto por Kaiser em 1960, considera que qualquer componente principal, cuja variação (autovalor) é menor que 1,00 (um), não deve ser selecionado, uma vez que presume-se que contém substancialmente menos informações do que as variáveis originais. Já o terceiro método é gráfico e usa o que é normalmente chamado de diagrama de screen, em que se deve “plotar” os autovalores e determinar onde cessam os grandes e iniciam os pequenos. Segundo esses autores, o critério mais comumente usado é o primeiro, que considera um percentual de cerca de 90% como percentagem mínima adequada da variação total. Porém, segundo Regazzi (2002), para interpretar os dados com sucesso, basta escolher os primeiros componentes que acumulam uma percentagem de variância explicada igual ou superior a 70%.

Segundo Manly (2008), a análise de componentes principais não se aplica se as variáveis originais são não-correlacionadas. Ela apresenta melhores resultados quando as variáveis originais são altamente correlacionadas, positivamente ou negativamente. Ainda, segundo o autor, é aconselhável padronizar as variáveis para se ter médias zeros e variâncias unitárias, a fim de se evitar que as variáveis tenham indevida influência nos componentes principais.

Componentes que possuem pouca informação devem ser retirados da análise sem que isso implique em uma perda significativa de informação. Com isso, pode-se reduzir os dados e tornar os resultados mais fáceis de ser interpretados, reduzindo, dessa forma, mão-de-obra, custos e tempo. Muitos pesquisadores têm proposto métodos de descarte de variáveis, como Beale *et al.* (1967), Jolliffe (1972, 1973) e Khattree & Naik (2000).

Segundo Jolliffe (1972, 1973), quando um grande número de variáveis - dez ou mais, é avaliado na análise multivariada, os resultados são muitas vezes pouco alterados se um subconjunto de variáveis é usado. O autor, trabalhando com dados simulados e reais, avaliou oito métodos de descarte de variáveis divididos em três grupos. O primeiro consistiu de dois métodos relacionados com regressão múltipla; o segundo consistiu de quatro métodos com componentes principais e o terceiro, com dois métodos de técnicas de conglomeração. Concluiu que essas técnicas são sensíveis em discriminar as variáveis menos importantes, que se caracterizam pela redundância.

O descarte de variáveis pode ser feito por meio de componentes principais, que têm como principal função resumir a informação contida no complexo de variáveis originais, possibilitando eliminar as informações redundantes, em decorrência da correlação com outras variáveis presentes na análise (Khattree & Naik, 2000).

Na análise de componentes principais, quando se utiliza a matriz de correlação, tem-se adotado o critério de avaliação da importância dos caracteres a partir dos coeficientes de ponderação das variáveis associadas aos últimos componentes que, por estimação, retêm proporção mínima da variação total (Mardia *et al.*, 1997).

Tendo esses componentes apresentados autovalores menores que 0,7, rejeitam-se aquelas variáveis de maiores coeficientes de ponderação naquele componente. Esse é o critério de Jolliffe (1973), que também considera que o número de variáveis descartadas é igual ao número de autovalores associados aos componentes, que são menores que 0,7.

Barbosa *et al.* (2005), estudando características de desempenho de suínos por meio da análise de componentes principais, utilizaram as recomendações de Jolliffe (1973) para o descarte de variáveis. Dos doze componentes principais, seis apresentaram variância (autovalor) menor que 0,7. Com isso, foi possível descartar seis variáveis que apresentaram redundância com as demais.

Porém, Johnson & Wichern (2007) recomendam cautela na interpretação dos resultados de qualquer método de seleção de variáveis. Para eles, independentemente do critério de seleção adotado, não há garantia de que um subconjunto selecionado seja realmente o melhor, atentando para o fato de que um subconjunto selecionado em uma amostra, com base em algum dos critérios existentes, pode ser insuficiente para análise em amostras futuras.

## 2. 11. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, M.I. Avaliação do crescimento de tecidos e órgãos de novilhos mestiços Holandês-Gir durante o ganho compensatório. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.526-534, 2001.

ANDERSON, T.W. **An introduction to multivariate statistical analysis**. New York: John Wiley, 2003.

ARCHER, J. A.; RICHARDSON, E. C.; HERD, R. M.; et al. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a reiview. **Aust. J. Agric. Res.** 1999. v 50, p.147-161.

Associação brasileira dos criadores de zebu (ABCZ). Disponível em: <http://www.abcz.org.br/site/artigos/artigos.ph> p. Acesso em :12/01/2011. 2011.

ÁVILA, V.S.; OSÓRIO, J.C.S. Efeito do sistema de criação, época de nascimento e ano na velocidade de crescimento de cordeiros. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.5, p.1007-1016, 1996.

BAKER, J.F.; STEWART, T.S.; LONG, C.R.; *et al.* Multiple regression and principal component analysis of puberty and growth in cattle. **Journal of Animal Science**, v.66, p.2147-2158, 1988.

BARBOSA, L.; LOPES, P.S.; REGAZZI, A.J. *et al.* Seleção de variáveis de desempenho de suínos por meio da análise de componentes principais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.6, p.805-810, 2005.

BEALE, E.M.L.; KENDALL, M.G.; MANN, D.W. The discarding of variables in multivariate analysis. **Biometrika**, v.54, n.3-4, p.357-365, 1967.

BEEF IMPROVEMENT FEDERATION. Guidelines for Uniform Beef Improvement Programs, 8th Edition, 2002.

BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. Muscle: bone ratio and fat percentage as measures of beef carcass composition. **Animal Production**, v.8, n.1, p.1-11, 1966.

BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. **New concepts of cattle growth**. Sidney: Sidney University, 1976. 240p.

BERTALANFFY, L. von. Quantitative laws in metabolism and growth. **Quarterly Review of Biology**, Chicago, v.32, p.217-230, 1957.

BIF. Beef Improvement Federation. **Guidelines for uniform beef improvement programs**. Hohenboken, W.D. (Ed.). Athens, GA. 2002.

BIFFANI, S. **Influência dos fatores ambientais sobre o crescimento de bovinos da raça nelore e estimativa de parâmetros genéticos pelos métodos de Henderson 3 e REML**. 1997. 121p. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. Dissertação (Mestrado).

BLACK, J.L. **Sheep production**. Londres: Butterworths, 1983. Capi: Orowth and development of lambs: p.21-58.

BRODY, S. **Bioenergetics and growth**. New York : Reinhold, 1945. 1023p.

BROWN, J.E.; FITZHUGH JUNIOR, H.A.; CARTWRIGHT, T.C.A. A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. **Journal of Animal science**, v.42, n.4, p.810-818, 1976.

CALLOW, E.A. Comparative studies of meat. II. Changes in carcass during growth and fattening and their relation to chemical composition of fatty muscular tissues. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.38, n.12, p.174-199, 1948.

CARDOSO, F.F.; CARDELINO, R.A.; CAMPOS, L.T. Utilização de um escore de avaliação visual para seleção do tamanho do umbigo em bovinos da raça SantaGertrudis. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2, 1998, Uberaba. **Anais...** Uberaba: SBMA, 1998. p.385-386.

CARDOSO, F.F.; CARDELLINO, R.A.; CAMPOS, L.T. Componentes de (co)variância e parâmetros genéticos para caracteres produtivos à desmama de bezerros Angus criados no estado do Rio Grande do Sul. **Rev. Soc. Bras. Zootec.**, v. 30, n. 01, p. 41- 48, 2001.

CARDOSO, F.F.; CARDELLINO, R.A.; CAMPOS, L.T. Componentes de (co)variância e parâmetros genéticos de caracteres pós-desmama em bovinos da raça Angus. **Rev. Soc. Bras. Zootec.**, v. 33, n. 02, p. 313-319, 2004.

CertBeef: FAO já vê crise alimentar e mais instabilidade 2011. Disponível em: <http://blog.certbeef.com.br/2011/01/26/fao-ja-ve-crise-alimentar-e-mais-instabilidade/>. Acesso em: 12/02/2011.

CYRILLO, J.N.S.; RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A; et al 2000. Efeitos da seleção para peso pós-desmame sobre medidas corporais e perímetro escrotal de machos nelore de Sertãozinho, SP. **Rev. Soc. Bras. Zootec.**, 29(2):444-453.

CYRILLO, J.N.S.G.; RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A; et al. Estimativas de tendências e parâmetros genéticos do peso padronizado aos 378 dias de idade, medidas corporais e perímetro escrotal de machos nelore de Sertãozinho, SP. **Rev. Soc. Bras. Zootec.**, v. 30, n. 01, p. 56-65, 2001. DEVITT & WILTON (2001)

ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S.; SILVA, P.R. Parâmetros genéticos para peso, avaliação visual e circunferência escrotal na raça Nelore, estimados por modelo animal. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 48, n.2, p. 203-213, 1996. Elias, 1998.

ENSMINGER, M.E. et al. **Feeds and nutrition**. 2.ed. Clovis: Califórnia, 1990. 1544p.

ERIKSON, S.; NÄSHOLM, A.; JOHANSSON, K. et al. Genetic analysis of postweaning gain of Swedish beef cattle recorded under field at a station performance testing. **Livestock Production Science**. 76(2001)91-101.

ERKINS, T. L., PASCHAL, J. C., TIPTON, N. C., et al. Ultrasonic prediction of quality grade and percent retail cuts in beef cattle. **J. Ani. Sci.** v.75, n.1, p.178-182, 1997.

**Euclides Filho, K.** 1997. A pecuária de corte no Brasil: novos horizontes, novos desafios. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 69), pp. 28.

FERNANDES, A.; MAGNOBOSCO, C.U.; OJALA, M.; CAETANA, A.R.; FAMULA, T.R. Estimativas de parâmetros genéticos e ambientais de medidas corporais e peso em bovinos da raça Brahman nos trópicos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. p.136-138. LÔBO, R.N.B.

FILHO, A.L. Classificação e tipificação de carcaças. In: **Formação de Multiplicadores de Tecnologia da Seleção de Raças Zebuínas. 34º Curso Intensivo de Julgamento de Zebuínos**, ABCZ, Uberaba, 1996.

FITZHUGH Jr., H. (1976) A. analysis of growth curves and strategies for altering their shapes. **Journal of Animal Science**, *Champaign*, v.42, n.4.

FOWLER, V.R. Body development and some problems of its evaluation . In: LOGDE, G.A .; LANMING, G.E. (eds). **Growth and development of mammals**. London: Butterworth, 1967. p.105-131

FREITAS, A.R., Curvas de crescimento na produção animal., **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.786-795, 2005.

FRIES, L.A. Uso de escores visuais em programas de seleção para a produtividade em gado de corte. In: SEMINÁRIO NACIONAL- REVISÃO DE CRITÉRIOS DE JULGAMENTO E SELEÇÃO EM GADO DE CORTE. **Anais...** Uberaba, 1996. p.1-6. GÓMEZ, 1997

FURUSHO-GARCIA, I.F.; PEREZ, J.R.O.; PEREIRA, I.G.; COSTA, T.I.R.; MARTINS, M.O. Estudo alométrico dos tecidos da carcaça de cordeiros Santa Inês puros ou mestiços

- com Texel, Ile de France e Bergamácia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.539-546, 2009.
- HAMMOND, **Farm Animals**. 2nd ed. London, Edward Arnold, 1955.
- HAMMOND, J. **Principios de la explotación animal**. Zaragoza: Acríbia, 1966. 363p.
- HENDERSON, C.R. Estimation of variance and covariance components. *Biometrics*, v.9, p.226, 1984.
- HORIMOTO, A.R.V.R. et. al. Proposta de modelo para estimação de escores de *frame* em um rebanho da raça Nelore. In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5., 2004, Pirassununga. Anais eletrônicos. SBMA 2004.
- HUXLEY, J.S. Problems of relative growth. London: Methuen. 577p., 1932.
- JACKSON, J.E. Principal componets and factor analysis: part I: principal componets. **Journal of Quality Technology**. v.12, n.4, p.201-213, Oct. 1980.
- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. 6. ed. Pearson, Prentice Hall, 2007. 773p.
- JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis. I: Artificial data. **Applied Statistics**, v.21, n.2, p.160-173, 1972.
- JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis. II: Real data. **Applied Statistics**, v.22, n.1, p.21-31, 1973.
- JORGE JÚNIOR, J. **Análise genética de escores de avaliações visuais e suas respectivas relações com desempenho ponderal na raça Nelore**. 2002, 67p. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da UNESP - Jaboticabal.
- JOSAHKIAN, L.A.; MACHADO, C.H.C.; KOURY FILHO, W. Programa de melhoramento genético das raças zebuínas – **Manual de Operação**. Uberaba, MG: ABCZ, 2003. 98 p.
- KATTREE, R.; NAIK, D.N. **Multivariate data reduction and discrimination with SAS® Software**. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2000. 558p.
- KOURY FILHO, W. **Análise genética de escores de avaliações visuais e suas respectivas relações com desempenho ponderal na raça Nelore**. Pirassununga, 2001. 82 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, USP.
- KOURY FILHO, W.; ALBUQUERQUE, L.G.; Proposta de metodologia para coleta de dados de escores visuais para programas de melhoramento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUÍNAS, 5., Uberaba, 2002. **Anais...** Uberaba, 2002, p. 264-266.
- KOURY FILHO, W.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P.; et al. Importância do uso de avaliações visuais e medidas morfométricas em programas de seleção em bovinos de corte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUÍNAS, 4., Uberaba, 2000. **Anais...** Uberaba, 2000, p. 342-346.
- KOURY FILHO, W.; JUBILEU J.S.; ELER J.P.; et al. Parâmetros genéticos para escores de umbigo e características de produção em bovinos da raça Nelore. **Arq. Bras. Med. Vet. Zoot.**, v. 55 n. 5, p. 594-598, 2003.
- KOURY FILHO, WILLIAN. Escores visuais e suas relações com características de crescimento em bovinos de corte. Jaboticabal, 2005. Tese (Doutorado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, 2005.

- LAGOS, F.; FITZHUGH Jr, H.A. Factors influencing preputial prolapse in yearling bulls. **J. Anim. Sci.** v.30, n.6, p.949-52, 1970.
- LAIRD A. K. **Postnatal growth of birth and mammals.** Growth 30, p.349-363.1966.
- LIMA NETO, H. R. Estimativa de parâmetros genéticos para características de carcaça avaliadas por ultra-sonografia em bovinos da raça Guzerá.** Belo Horizonte, 2007. 72p. Dissertação (mestrado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais.
- LIMA, F.P.; BONILHA NETO, L.M.; RAZOOK, A.G. et al. Parâmetros genéticos em características morfológicas de bovinos Nelore. **Bol. Indúst. Anim.**, Nova Odessa, v. 46, n. 2, p. 249-257, 1989.
- LUSH, J.L. **Melhoramento genético dos animais domésticos.** Rio de Janeiro: USAID, 1964, p. 279-290.
- MAGNABOSCO, C.D.U.; OJALA, M.; REYES, A. de los.; R.D. SAINZ.; FERNANDES, A.; FAMULA, T. Estimates of environmental effects and genetic parameters for body measurements and weight in Brahman cattle raised in Mexico. Berlin. In: *J. Anim. Breed. Genet.* 119.2002.p.221-228.
- MANLY, B.F.J. **Métodos estatísticos multivariados: uma introdução.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 229p.
- MARCONDES, C.R. **Análise de alguns critérios de seleção para características de crescimento na raça Nelore.** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1999. 93p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, 1999.
- MARDIA, K.V.; KENT, J.T.; BIBBY, J.M. **Multivariate analysis.** 6. ed. London, Academic press, 1997. 518p.
- MARTINS, B.N.O. **Ajuste de modelos não-lineares para descrição da curva de crescimento de diferentes grupos genéticos de novilhas Holandês x Gir.** Ceará, 2008. 75p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará, UFC.
- MENDES, P. N. **Curvas de crescimento difásicas de fêmea hereford com erros auto regressivos e heterogeneidade de variâncias.** 2007. 98p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada.** Belo Horizonte: UFMG, 2005. 297p.
- NICHOLSON, M.J.; BUTTERWORTH, M.H. **A guide to condition scoring of Zebu Cattle.** Addis Ababa, Ethiopia, 1986. 29p.
- OLIVEIRA, A.L.; FELÍCIO, P.E.; ALENCAR, M.M. Efeito do peso de abate nos pesos da carcaça e dos componentes corpóreos de novilhos Nelore e mestiços Canchin-Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.47, n.6, p. 809-817, 1995.
- OSORIO, J.C. da S., JARDIM, P.O. da C., SIEWERDT, F., et al. Desenvolvimento relativo dos cortes do serrote em bovinos holandês. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.25, n.3, p.449-457, 1996.
- PANI, S.N. Estimation of body surface area of Indian cattle. *Indian J. Dairy Sci.*, v.34, p.239-245, 1981
- PAZ, C. C. P. **Associação entre polimorfismos genéticos e parâmetros da curva de crescimento em bovinos de corte.** ESALQ, Piracicaba. 2002. 107p. Tese (Doutorado).

PEARSON, K. On lines and planes of closest fit to system of point in space. *Philosophical Magazine*, 1901. Disponível em <<http://pbil.univ-lyon1.fr/R/pearson190.pdf>>. Acessado em: 20 fevereiro de 2011.

PEREIRA, E. **Análise genética de algumas características reprodutivas e de suas relações com desempenho ponderal na raça Nelore**. Pirassununga, 2001. 56 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, USP.

PEROTTO, D.; CASTANHO, M.J.P.; CUBAS, A.C. et al. Efeitos genéticos sobre as estimativas dos parâmetros das curvas de crescimento de fêmeas bovinas Gir, Holandês x Gir e Holandês x Guzerá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 4, p.719-725, 1997.

PEROTTO, D.; CUE, R.I.; LEE, A.J. Comparison of nonlinear functions for describing the growth curve of three genotypes of dairy cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.72, p.773- 782, 1992.

PINEDA, NELSON; KOURY FILHO, WILLIAN. O uso de medidas de tamanho e de escores visuais na seleção de gado Zebu, 2003. On-Line. Disponível em: [http://www.brasilcomz.com/enviados/Monografia\\_106.pdf](http://www.brasilcomz.com/enviados/Monografia_106.pdf). Melhoramento Genético. Acesso em 12/01/2011.

PONS, S. B., MILAGRES, J. C., FRIES, L. A. Efeitos de fatores genéticos e de ambiente sobre o crescimento e escore de conformação em bovinos Hereford no RS: III – Peso e escore de conformação ao sobreano. **Rev. Bras. de Zootec.** v.19, n.2, p.77- 82, 1990.

PONS, S. B.; MILAGRES, J. C.; TEIXEIRA, N. M. Efeitos de fatores genéticos e de ambiente sobre o crescimento e escore de conformação em bovinos da raça Hereford no RS. **Rev. Bras. de Zootec.** v.18, n.5, p.391-401, 1989.

QUEIROZ, S.A.; MATTAR, M.; OLIVEIRA, J.A. Estimativas de correlações genéticas e fenotípicas da produção de leite e de características de crescimento de bovinos da raça Caracu. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2005, Goiânia. *Anais...* Goiânia, 2005.

REGAZZI, A.J. **Análise multivariada**: notas de aula. Viçosa: UFV, 2002.

ROBINSON, D.L., HAMMOND, K. AND McDONALD C.A. Live animal Measurement of carcass traits: estimation of genetic parameters for beef cattle. **J. Anim. Sci.** v.71 p. 1128-1135, 1993.

ROSO, V. M.; FRIES, L. A. Componentes principais em bovinos da raça Polled Hereford à desmama e sobreano. **Rev. Bras. de Zootec.** v. 24, n.5, p.728-735, 1995.

SARMENTO, J.L.R., PIMENTA FILHO, E.C., RIBEIRO, M.N., MARTINS, G.A., MARTINS FILHO, R. Estudo genético quantitativo do peso pós-desmame de bovinos nelore e guzerá no estado da Paraíba. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., Viçosa 2000. *Anais*. Viçosa, SBZ, Cd rom.

SCARPATI, M.T.V., MAGNABOSCO, C.U., JOSAHKIAN, L.A. et al. Estudo de medidas corporais e peso vivo em animais jovens da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza, 1996, p.110.

SCHOLTZ, M. M.; JÜRGENS, Y.; BERGH, L. et al. The importance of feed efficiency in selection of beef cattle in South Africa. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 6, **Proceedings ...** v. 25, p. 89-92. Armidale, Australia, 1998.

SEEBECK, S.M. Developmental studies of body composition. **Anim. Breed. Abstr.**, v.36, p.167-181, 1968.

SILVA, F.F.; AQUINO, L.H.; OLIVEIRA, J.A. Influências de fatores genéticos e ambientais sobre as estimativas dos parâmetros das funções de crescimento em gado Nelore. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.5, p.1195-1205, 2001.

SILVA, S.L.; LEME, P.R.; PUTRINO, S.M.; MARTELLO, L.S.; LIMA, C.G.; LANNA, D.P.D. Estimativa da gordura de cobertura ao abate, por ultra-som, em tourinho Brangus e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.511-521, 2004.

TABACHNICK, B.G.; FIDELL, L.S. **Using multivariate statistics**. 5.ed. Pearson Education, 980p. 2007.

TEIXEIRA, R.A.; KOURY FILHO, W.; ALBUQUERQUE, L.G. A busca por precocidade In: CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUÍNAS – OS MITOS E A REALIDADE DA CARNE BOVINA, 5., Uberaba, 2002. **Anais...** p.261-263.

TROVO, J.B.F. Caracu, Raça de dupla aptidão: Seleção para corte. In: ENCONTRO DE CRIADORES DA RAÇACARACU, 3., Poços de Caldas, Associação dos Criadores de Caracu, 1994. 20 p.

VAN MELIS, M.H.; ELER, J.P. SILVA, J.A.V.; et al. Estimação de parâmetros genéticos em bovinos de corte utilizando os métodos de máxima verossimilhança restrita e R. **Rev. Soc. Bras. Zootec.**, v. 32, n. 06, p. 1624-1632, 2003.

WILLIAMS, R. A. Ultrasound applications in beef cattle carcass research and management. **J. Anim. Sci.** 80: (E. Suppl.2): p.183-188. 2002.

### 3. TRABALHOS

#### 3.1. CURVA DE CRESCIMENTO E ESTUDO ALOMÉTRICO DE BOVINOS DA RAÇA GUZERÁ EM PROVA DE GANHO EM PESO A PASTO

**Resumo:** Foi desenvolvida uma Prova de Ganho em Peso (PGP) a pasto com animais da raça Guzerá na Fazenda Meleiro no município Curvelo – MG, oficializada pela Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ). Foram avaliados 45 machos da raça Guzerá recém-desmamados, com peso e idade iniciais médios e desvio padrão de  $219,9 \pm 38,05$  kg e  $325,8 \pm 28,0$  dias, respectivamente. Na prova, os animais consumiram pastagens de *Brachiaria brizantha* e suplementação múltipla, receberam tratamento sanitário e foram mantidos em condições uniformes de manejo por um período de 294 dias. As avaliações aconteceram a cada 56 dias. A partir dessa PGP buscou-se avaliar uma função não-linear que melhor descrevesse a curva de crescimento dos animais e estimar o desenvolvimento relativo da área de olho de lombo, medida por ultrassonografia, da circunferência escrotal e de medidas morfométricas em relação ao peso vivo de bovinos da raça Guzerá através do estudo do crescimento alométrico. No presente estudo, a função de Von Bertalanffy foi a que melhor se ajustou para descrever o crescimento dos machos da raça Guzerá na PGP a pasto. Já o crescimento alométrico apresentou-se heterogônico negativo para todas as características avaliadas em relação ao peso vivo.

**Palavras-chave:** escores visuais, equação de Huxley, modelos não-lineares, teste de *performance*, zebu

## **GROWTH CURVE AND ALLOMETRIC STUDY OF GUZERA BOVINE IN WEIGHT GAIN PROOF UNDER PASTURE**

**Abstract:** There was developed a Weight Gain Proof (PGP) in pasture with Guzera animals on the Meleiro farm in Curvelo - MG, officiated by the Brazilian Association of Zebu Breeders (ABCZ). There were evaluated 45 male recently weaned Guzera, with initial average weight and age and standard deviation of  $219.9 \pm 38.05$  kg and  $325.8 \pm 28.0$  days, respectively. At trial, the animals were fed with *Brachiaria brizantha* grazing and multiple supplementation, they received sanitary treatment and were maintained under uniform handling conditions for a period of 294 days. The evaluations took place every 56 days. From this PGP, there was sought the evaluation of a nonlinear function that could best describe the growth curve of animals and the relative development estimative of the loin eye, measured by ultrasonography, scrotal circumference and morphometric measurements in relation to live weight of bovine Guzera through the study of allometric growth. In this study, the Von Bertalanffy function was the one that best fit to describe the growth of males Guzera grazing on PGP under pasture. However, the allometric growth were presented heterogonic negative for all traits evaluated in relation to live weight.

**Keywords:** visual scores, Huxley equation, nonlinear models, performance testing, Zebu

## Introdução

O Guzerá é uma das raças Zebuínas que têm muito a contribuir para a pecuária brasileira, apresentando ótima habilidade materna aliada a um grande vigor adaptativo, o que fazem dela uma boa opção, tanto como raça pura, como para cruzamentos.

O mercado de reprodutores exige cada vez mais animais avaliados geneticamente para características produtivas e reprodutivas. Os testes de desempenho, conhecidos como Provas de Ganho de Peso (PGP) são formas de avaliar o desempenho produtivo e reprodutivo do animal, possibilitando acompanhar o seu desenvolvimento em diferentes idades.

Com a tendência de diminuição do ciclo de produção e a maior demanda por carne de melhor qualidade, há necessidade de alterar a forma da curva de crescimento do animal, para que se obtenha um animal com peso e acabamento adequados para o abate em uma idade cada vez mais jovem.

Segundo Oliveira *et al.* (2000), modelos matemáticos não-lineares, desenvolvidos empiricamente para relacionar peso e idade, têm-se mostrado adequados para descrever a curva de crescimento. Esses modelos permitem que conjuntos de informações em séries de peso por idade sejam condensados num pequeno número de parâmetros, para facilitar a interpretação e o entendimento do fenômeno (Oliveira *et al.*, 2000).

O estudo de curvas de crescimento, particularmente em bovinos, é ainda mais atraente, pois os modelos não-lineares são bastante flexíveis para ser utilizados com dados peso-idade, pelo fato de considerar características inerentes aos dados de pesagens, como: a) as pesagens são irregulares no tempo, isto é, o intervalo de duas medidas consecutivas quaisquer não é constante; b) possuem estrutura incompleta; c) as avaliações adjacentes são mais estreitamente correlacionadas que as demais; d) a resposta dos indivíduos em função do tempo tem variância crescente (Freitas, 2005).

Além dos modelos matemáticos não-lineares, desenvolvidos empiricamente para relacionar peso e idade, mostrarem-se adequados para descrever a curva de crescimento, o estudo do crescimento alométrico vem complementando essas avaliações. Nesse sentido, o estudo da alometria do crescimento permite conhecer a proporcionalidade em que se dá o desenvolvimento dos tecidos do animal.

A equação alométrica de Huxley (1932) permite a mensuração adequada de desenvolvimento de tecidos da carcaça e a determinação do padrão de desenvolvimento de características de importância econômica (Furusho-Garcia *et al.*, 2009).

Tendo em vista que as PGP a pasto, as quais representam o sistema predominante de produção de bovinos de corte no país, buscam identificar os melhores biótipos como reprodutores, o estudo do crescimento das partes em relação ao todo desses animais e das suas curvas de crescimento torna-se de suma importância para tal seleção.

O objetivo neste estudo foi selecionar a função não-linear que melhor descrevesse o crescimento de animais Guzerá em uma prova de ganho de peso conduzida a pasto (PGP) e avaliar o desenvolvimento relativo da área de olho de lombo (medida por ultrassonografia), da circunferência escrotal e de medidas morfométricas em relação ao peso corporal.

### **Material e Métodos**

O trabalho foi desenvolvido com dados de animais da raça Guzerá em uma PGP a pasto e ocorreu na fazenda Meleiro no município de Curvelo - MG. As avaliações dos animais foram realizadas obedecendo à metodologia das PGP a pasto adotada pela Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ). Foram avaliados 45 animais da raça Guzerá recém-desmamados, os quais permaneceram em condições uniformes de manejo e alimentação por um período de 294 dias. Conforme consta no regulamento da ABCZ, os animais participantes da PGP são pesados, tendo antes passado por um jejum de 12 horas. Nos 294 dias de prova, são efetuadas seis pesagens, começando com a da fase de adaptação, que compreende 70 dias, e mais cinco pesagens, que ocorrem em um intervalo de 56 dias.

A primeira pesagem ocorreu no dia 27 de junho de 2009, às 7h, sendo que, no dia anterior, os animais foram presos no curral às 19h e receberam um jejum de 12 horas. Esse procedimento foi mantido em todas as pesagens. Simultaneamente às pesagens, ocorreram também mensurações de altura de garupa (AG), comprimento corporal (CC), circunferência torácica (CT), circunferência escrotal (CE) e área de olho de lombo (AOL) por ultrassonografia, mensurada sobre o músculo *Longissimus dorsi* entre a 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costela. Essas avaliações ocorreram em todas as pesagens, exceto no período de adaptação. Os valores médios para as variáveis avaliadas ao longo da prova são apresentados na Tabela 1.

A prova foi basicamente desenvolvida com os animais consumindo pastos de *Brachiaria brizantha* e sal proteinado, além de receberem três vermifugações, que ocorreram em um intervalo de 98 dias durante a prova. Durante a estação da seca e das águas, os animais receberam sal proteinado, cujo consumo médio ficou em torno de um quilo por cabeça/dia, sendo que essa fase corresponde à fase pós-adaptação. Já nos 70 dias de adaptação o consumo médio foi de 400g por cabeça dia.

Tabela 1. Médias e desvios padrão para as variáveis avaliadas ao longo da prova de ganho de peso

Característica <sup>1</sup>	Data da avaliação				
	5/09/09	31/10/09	22/12/09	20/02/10	17/04/10
Idade (dias)	325 ± 28	382 ± 28	434 ± 28	494 ± 28	550 ± 28
Peso corporal (kg)	248 ± 32	269 ± 34	320 ± 39	360 ± 41	406 ± 44
AG (cm)	133 ± 4	139 ± 6	138 ± 5	142 ± 5	145 ± 5
GMD (kg)	-	0,38 ± 0,14	0,91 ± 0,17	0,72 ± 0,18	0,81 ± 0,19
CC (cm)	123 ± 5	125 ± 6	129 ± 5	139 ± 6	135 ± 7
CT (cm)	151 ± 6	153 ± 6	160 ± 7	168 ± 7	171 ± 12
CE (cm)	21 ± 2	23 ± 2	26 ± 3	27 ± 3	31 ± 3
AOL (cm <sup>2</sup> )	-	30 ± 3	34 ± 3	35 ± 3	37 ± 3

<sup>1</sup>AG = altura de garupa (cm), CC = comprimento corporal (cm), CT = circunferência torácica (cm), CE = circunferência escrotal (cm), AOL = área de olho de lombo (cm<sup>2</sup>)

Os principais modelos não-lineares utilizados para descrever as curvas de crescimento em função da idade dos animais são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Principais modelos não-lineares usados para descrever o crescimento dos animais da prova de ganho de peso

Modelo	Equação
Brody	$y = a(1 - b \exp(-kt))$
Von Bertalanffy	$y = a(1 - b \exp(-kt)^3)$
Logística	$y = a(1 + b \exp(-kt))^{-1}$
Gompertz	$y = a \exp(-b \exp(-kt))$

As funções apresentadas na Tabela 2 possuem diversos parâmetros em comum e embora existam algumas variações em relação à interpretação e conteúdo, é possível associar significado biológico a quase todos eles: (y) é o peso corporal na idade t; (a) peso assintótico quando t tende a mais infinito, ou seja, esse parâmetro é interpretado como peso à idade adulta; (b) uma constante de integração, relacionada aos pesos iniciais do animal e sem interpretação biológica bem definida. O valor de b é estabelecido pelos valores iniciais de y e t; (k) é interpretado como taxa de maturação, que deve ser entendida como a mudança de peso em relação ao peso à maturidade, ou seja, como indicador da velocidade com que o animal se aproxima do seu tamanho adulto.

A comparação entre os modelos quanto à qualidade de ajustamento aos dados foi avaliada pela média dos quadrados médios do erro do ajustamento da curva para cada animal e dos respectivos coeficientes de determinação.

Empregou-se o PROC MODEL (SAS, 2002) nas análises dos modelos não-lineares, de modo que as estimativas iniciais empregadas foram obtidas na literatura ou a partir da média dos dados da amostra para todos os parâmetros, quando não disponíveis. Escolheu-se o método de estimação de Gauss Newton para calcular as estimativas dos parâmetros.

O estudo do crescimento relativo da AOL, medidas morfométricas (HG, CC e CT e CE) foi realizado em relação ao peso corporal dos animais. Para o estudo do crescimento alométrico, foi utilizado o modelo de equação exponencial,  $Y_i = a X_i^b \epsilon_i$ , transformado de forma logarítmica em um modelo linear (Huxley, 1932):  $\ln Y = \ln a + b \ln X + \ln \epsilon_i$ , em que: Y = variáveis dependentes (AOL, HG, CC, CT e CE); X = peso corporal (em kg) ou idade do animal (em dias); a = intercepção do logaritmo da regressão linear sobre "Y" e "b"; b = coeficiente de crescimento relativo ou de alometria;  $\epsilon_i$  = erro multiplicativo; ln = logaritmo neperiano.

Os dados foram analisados pelo PROC REG (SAS, 2002) aplicando-se o teste *t* para verificação da hipótese de  $H_0: b = 1$ . O crescimento foi considerado isogônico quando  $b = 1$ , o que indica taxas de desenvolvimento de "X" e "Y" semelhantes no intervalo de crescimento avaliado. No caso de  $b \neq 1$ , o crescimento foi considerado heterogônico, quando  $b > 1$ , positivo, reflete que "Y" desenvolve-se proporcionalmente mais que "X"; quando  $b < 1$ , negativo, a intensidade de desenvolvimento de "Y" é inferior a de "X".

### **Resultados e Discussão**

Neste estudo, o critério de convergência foi atingido para todos os modelos, porém observou-se que os modelos de Bertalanffy e Brody foram os que apresentaram uma maior adequação para descrever a curva de crescimento de touros jovens Guzerá, por apresentarem um menor quadrado médio do erro (Tabela 3).

Quando se comparou as estimativas dos pesos assintóticos obtidas pelos vários modelos, pôde-se verificar que para o modelo Von Bertalanffy o valor foi numericamente um pouco abaixo do valor estimado pelo do modelo Brody (Tabela 3). O peso assintótico estimado pelo modelo Gompertz mostrou-se um pouco mais abaixo, enquanto no modelo Logístico o valor da estimativa foi bem inferior ao valor do peso assintótico estimado pelo modelo de Brody (Tabela 3). Esses resultados estão de acordo com os observados por Oliveira *et al.* (2000). Freitas *et al.* (1998 a e b), utilizando dados de animais da raça Canchim, concluíram que os modelos Logístico e de Von Bertalanffy proporcionam melhor qualidade do ajuste aos pesos observados, para ambos os sexos, com certa superioridade do modelo Logístico em relação aos demais. Na maior parte dos estudos na literatura, o modelo Brody apresentou as maiores estimativas para o peso assintótico, enquanto que para o modelo

Logístico, as estimativas apresentadas estavam abaixo dos valores dos demais modelos para o peso assintótico (Brown *et al.*, 1976; Perotto *et al.*, 1992; Oliveira *et al.*, 2000).

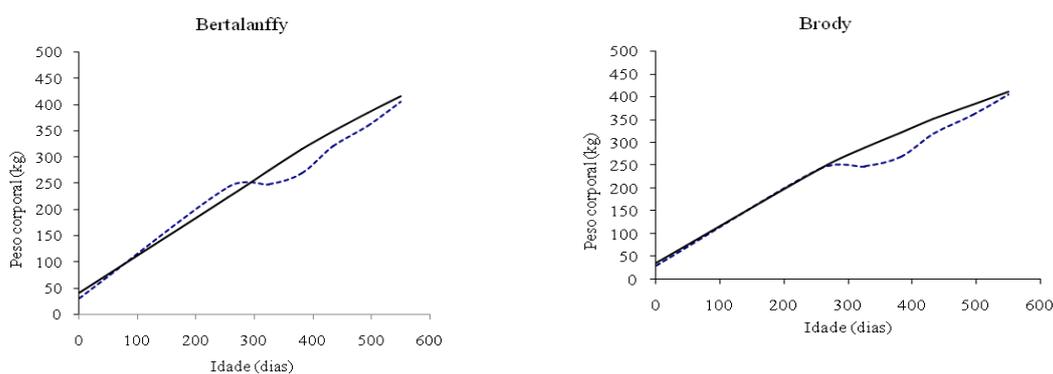
Tabela 3. Estimativas dos parâmetros da curva de crescimento, média do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e média dos quadrados médios do resíduo (QME) para machos da raça Guzerá avaliados durante a prova de ganho em peso a pasto

Modelos	a	B	K	$r^2$	QME
Bertalanffy	627,9691	0,5946	0,0028	0,9710	641,9829
Brody	787,7063	0,9537	0,0013	0,9710	681,1556
Gompertz	568,2621	2,5343	0,0038	0,9684	703,7267
Logístico	466,3904	7,5142	0,0068	0,9579	939,3867

a = peso assintótico quando t tende a mais infinito; b = constante de integração, relacionada aos pesos iniciais do animal; k = taxa de maturação, um indicador da velocidade com que o animal se aproxima do seu tamanho adulto;  $r^2$  = coeficiente de determinação; QME = quadrado médio do erro.

Na Figura 1 estão representadas as curvas de crescimento formadas pelas médias dos pesos observados nas diferentes idades, e pelos pesos preditos em relação a essas mesmas idades a partir dos parâmetros estimados pelas diferentes curvas de crescimento. Tendo em vista que o peso médio ao nascer da raça Guzerá é em torno de 30 kg, nota-se que os modelos de Von Bertalanffy e Brody foram os que menos superestimaram essa característica.

Verifica-se também que embora para o modelo de Brody o peso assintótico seja o mais alto entre os modelos, os pesos preditos na parte final da curva parecem superestimar os pesos observados. Isso se deve ao período de prova, de apenas 294 dias, tendo assim a avaliação somente um período. Oliveira *et al.* (2000), em estudo com a raça Guzerá, consideraram as funções de Von Bertalanffy e Gompertz, respectivamente, como as de melhor ajuste aos dados, no caso de modelos não-lineares.



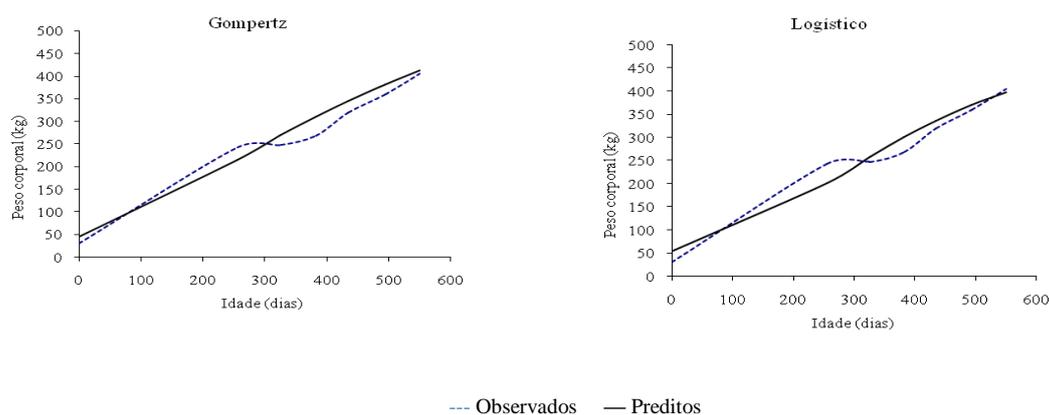


Figura 1. Médias dos pesos corporais observados e preditos pelos modelos de Von Bertalanffy, Brody, Logístico e Gompertz em função da idade de tourinhos Guzerá em prova de ganho de peso a pasto.

Pode-se observar que as funções de Von Bertalanffy e Brody apresentaram um menor valor para o quadrado médio do erro (QME) e um maior coeficiente de determinação (Tabela 3). No entanto, o primeiro modelo citado demonstra um melhor ajuste por apresentar uma menor média do QME em relação ao segundo, tendo esses resultados sido próximos aos encontrado por Oliveira *et al.* (2000).

Mazzini *et al.* (2003), em trabalho semelhante, observaram que a função de Von Bertalanffy apresentou um menor quadrado médio do erro, sendo também a função que atingiu o maior percentual de convergência.

Em relação aos coeficientes de alometria, o erro padrão, o coeficiente de determinação e o teste *t* para as medidas morfométricas (HG, CC, CT e CE) e AOL em relação ao peso corporal estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Coeficientes de alometria em relação ao peso corporal das medidas morfométricas, circunferência escrotal e área de olho de lombo de bovinos da raça Guzerá

Características	A	b	s(b)	R <sup>2</sup>	p value
AG	54,0938	0,1644	0,0084	0,6308	**
CC	32,4266	0,2418	0,0119	0,6512	**
CT	31,6393	0,2822	0,0108	0,7526	**
CE	0,4252	0,7079	0,0241	0,7952	**
AOL	1,7789	0,5060	0,0226	0,7376	**

\*\* Significativo a 1% de probabilidade

a = intercepto da regressão linear; b = coeficiente de alometria; s(b) = erro padrão dos coeficientes de alometria; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; b≠1 = teste *t*; AG = altura de garupa; CC = comprimento corporal; CT = circunferência torácica; CE = circunferência escrotal e AOL = área de olho de lombo.

Quanto ao peso corporal, todas as variáveis apresentaram crescimento heterogônico ( $p < 0,01$ ), além de apresentarem um coeficiente de alometria menor que 1, indicando que as características avaliadas nos animais nessa PGP apresentaram crescimento inferior ao peso corporal no período estudado, o que é indicativo de precocidade dessas características (Tabela 4). Essa precocidade evidenciada nas características avaliadas mostra que os bezerros Guzerá apresentaram um desenvolvimento de estrutura que propicia uma carcaça com capacidade promissora para deposição de carne (músculo).

Entre as características avaliadas tomando como base o coeficiente de alometria, a altura na garupa apresentou um menor valor em relação às demais características, o que significa que os animais atingem o tamanho em termos de altura mais cedo, mas continuam o crescimento em comprimento corporal, torácico e AOL, indicando uma carcaça mais profunda e musculosa. De forma semelhante, o desenvolvimento da circunferência torácica foi proporcionalmente menor ( $p < 0,01$ ) do que do peso corporal do animal (Tabela 4). Isso mostra que a raça tem um bom arqueamento de costela, possibilitando uma grande capacidade de ingestão de alimentos. Esse maior arqueamento é altamente desejado, desde que não comprometa a harmonia corporal do animal.

Maiores testículos conferem aumento quantitativo e possivelmente qualitativo na produção espermática, o que proporciona maior capacidade de serviço ao touro, e também melhor libido (Dal-Farra, 1998). O crescimento da circunferência escrotal dos animais da prova apresentou um desenvolvimento precoce (Tabela 4), em relação ao peso corporal, o que indica que eles estarão aptos à reprodução mais cedo, o que é desejável reprodutivamente. Outro aspecto importante é o fato de a circunferência escrotal ter correlação genética favorável com idade ao primeiro parto, conforme relatado por Moser *et al.* (1996). Assim, o coeficiente de alometria, como estimado para esses animais, evidencia que a raça Guzerá mostra-se precoce sexualmente. Sabendo-se pela literatura que a CE apresenta estimativas de herdabilidade de moderada a alta, destaca-se que a seleção para essa característica pode melhorar geneticamente a precocidade do rebanho, proporcionando um retorno financeiro mais rápido ao produtor (Barichello *et al.*, 2010).

Observou-se um desenvolvimento precoce da AOL (Tabela 4), o que é um ponto bastante favorável para um rebanho bovino. Essa característica é correlacionada à musculabilidade do animal, mas sua importância não se limita a isso, pois é um indicador do rendimento de cortes de alto valor comercial (Luchiari Filho, 2000). Portanto, um bovino tipo carne deve apresentar um desenvolvimento mais rápido para essa característica.

Fernandes et al. (2010) obtiveram em seus estudos correlações significativas ( $P < 0,01$ ) entre as medidas biométricas, volume corporal, ganho de peso, peso vivo e espessura de gordura na carcaça. A função de alometria foi utilizada para descrever o crescimento alométrico através das curvas de crescimento das partes do corpo como uma proporção do crescimento do corpo como um todo (representada pelo ganho de peso) prevendo uma correlação alta entre as características (Lawrence e Fowler, 2002). Dentre as medidas biométricas o comprimento torácico é usado para estimar o peso vivo e esta associação é explicada devido à alta correlação com as características do desenvolvimento corporal tendo o ganho médio diário (GMD) como o principal preditor do crescimento corporal (Lawrence e Fowler, 2002).

Os valores dos coeficientes de determinação para o estudo do crescimento alométrico foram moderados, embora os animais tenham sido contemporâneos, em razão da variação que houve nos seus pesos ao ingressarem na prova, mesmo após o período de adaptação. Essa variação no peso pode ser considerada normal, haja vista que esses bezerros, em sua grande maioria, vieram de criadores diferentes e, por isso, poderiam estar sob condições de manejos distintas, principalmente quanto à alimentação. Todavia, apesar dessa variação de efeito de fazenda, foi possível constatar de forma significativa a heterogonia negativa dos coeficientes da equação de Huxley.

Nas Figuras de 2 a 6 são apresentadas as equações de alometria e as respectivas linhas de regressão para as variáveis avaliadas quanto ao seu desenvolvimento em relação ao peso corporal. Conforme já relatado anteriormente, nota-se uma razoável dispersão dos valores observados. Também, pode-se perceber a ascensão das curvas de forma mais pronunciada para todas as variáveis, caracterizando bem a precocidade das características avaliadas nos bezerros Guzerá na PGP a Pasto.

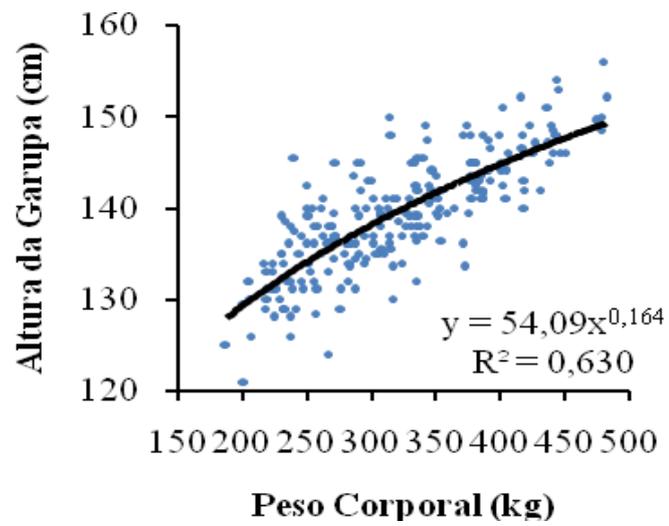


Figura 2. Crescimento alométrico da altura da garupa em relação ao peso corporal de bovinos da raça Guzerá.

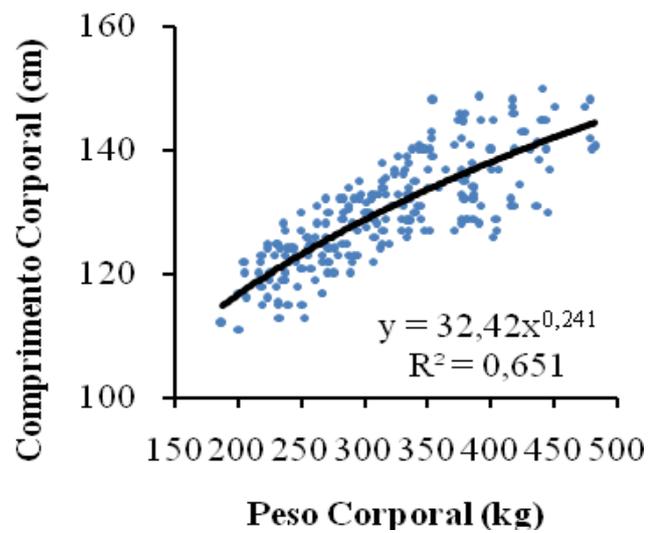


Figura 3. Crescimento alométrico do comprimento corporal em relação ao peso corporal de bovinos da raça Guzerá.

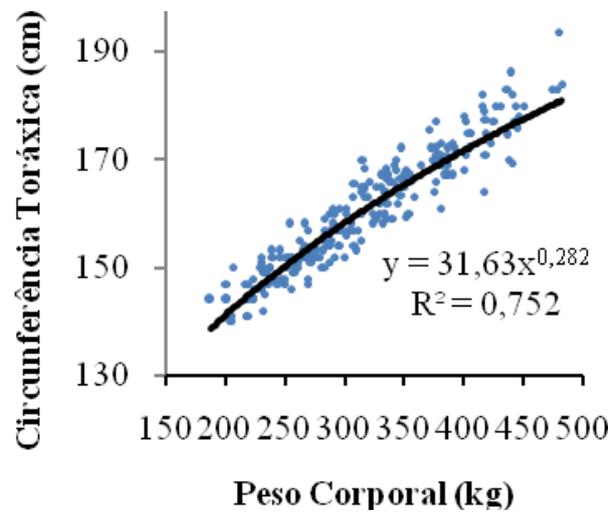


Figura 4. Crescimento alométrico da circunferência torácica em relação ao peso corporal de bovinos da raça Guzerá.

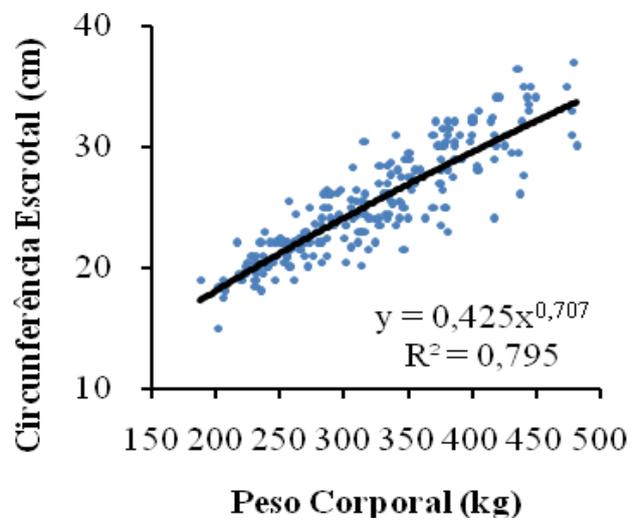


Figura 5. Crescimento alométrico da circunferência escrotal em relação ao peso corporal de bovinos da raça Guzerá.

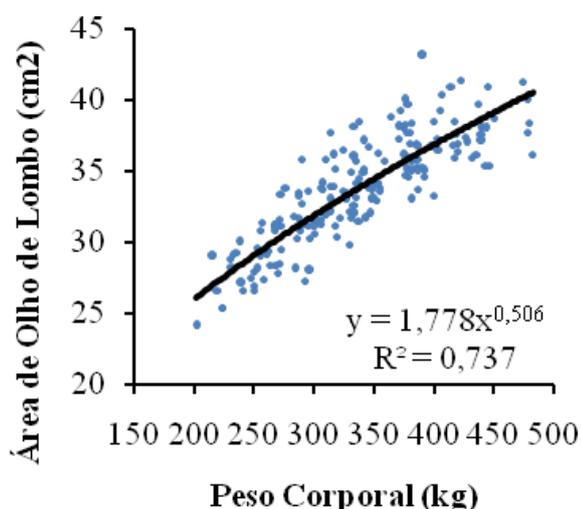


Figura 6. Crescimento alométrico da área de olho de lombo em relação ao peso corporal de bovinos da raça Guzerá.

### Conclusão

A função de Von Bertalanffy é a mais indicada para descrever a curva de crescimento de bovinos da raça Guzerá em prova de ganho em peso a pasto. O crescimento alométrico é heterogônico negativo para todas as características avaliadas em relação ao peso corporal, indicando a precocidade para as características avaliadas em machos Guzerá na PGP a Pasto.

### Referências Bibliográficas

BARICHELLO, F.; ALENCAR, M.M; TORRES JUNIOR, R. A. A.; SILVA, L. O. C. Herdabilidade e correlações quanto a peso, perímetro escrotal e escores visuais à desmama, em bovinos Canchim. **Revista Agropecuária Brasileira**, v.45, n.6, p.563-570, junho de 2010.

BROWN, J.E.; FITZHUGH JUNIOR, H.A.; CARTWRIGHT, T.C.A. A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. **Journal of Animal Science**, v.42, n.4, p.810-818, 1976.

DAL-FARRA, R.A.; FRIES, L.A.; LOBATO, J.F.P. Fatores de correção do perímetro escrotal para efeitos de idade e peso ao sobreano de tourinhos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.6, p.1092-1096, 1998.

FERNANDES, H. J.; TEDESCHI, L. O.; PAULINO M. F. et al. Determination of carcass and body fat compositions of grazing crossbred bulls using body measurements. **Journal of Animal Science**, v.88, n.4, p. 1442-1453, 2010.

FREITAS, A.R.; ALENCAR, M.M.; SILVA, A.S. Ajuste de modelos não lineares em bovinos de corte. I. Padrão da população. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE

BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais**. Botucatu: SBZ, 1998a. p.341-343.

FREITAS, A.R.; ALENCAR, M.M.; SILVA, A.S. Ajuste de modelos não lineares em bovinos de corte. II. Influência do mês de nascimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35.,1998, Botucatu. **Anais**. Botucatu: SBZ, 1998b. p.344-346.

FREITAS, R.A. Curvas de Crescimento na Produção Animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.786-795, 2005.

FURUSHO-GARCIA, I.F.; PEREZ, J.R.O.; PEREIRA, I.G.; COSTA, T.I.R.; MARTINS, M.O. Estudo alométrico dos tecidos da carcaça de cordeiros Santa Inês puros ou mestiços com Texel, Ile de France e Bergamácia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.539-546, 2009.

LAWRENCE, T. L. J.; V. R. FOWLER. 2002. Growth of Farm Animals. 2nd ed. CAB Publ., New York, NY

HUXLEY, J.S. **Problems of relative growth**. London: Methuen. 577p., 1932.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. São Paulo, 2000. 134p.

MAZZINI-ASSUNÇÃO, A.R.; MUNIZ, J.A.; AQUINO, L.H.; SILVA, F.F.; Análise da curva de crescimento de machos hereford. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.5, p.1105-1112, 2003.

MENDES, P. N. **Curvas de crescimento difásicas de fêmea hereford com erros auto regressivos e heterogeneidade de variâncias**. 2007. 98p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MOSER, D.W., BERTRAND, J.K., BENYSHEK, L.L. et al. Effects of selection for scrotal circumference in Limousin bulls on reproductive and growth traits of progeny. **Journal of Animal Science**, v.74,n.7, p.2052-2057, 1996.

OLIVEIRA, H.N.; LOBÔ, R.B.; PEREIRA, C.S. Comparação de modelos não-lineares para descrever o crescimento de fêmeas da raça guzerá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.9, p.1843-1851, 2000.

PEROTTO, D.; CUE, R.L.; LEE, A.J. Comparison of nonlinear functions for describing the growth curve of three genotypes of dairy cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v.72, n.4, p.773-782, 1992.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS User's Guide. Cary: 2002.

### 3.2. AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS MENSURADAS EM PROVA DE GANHO DE PESO A PASTO DE BOVINOS DA RAÇA GUZERÁ POR MEIO DE ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

**Resumo:** Objetivou-se com este estudo avaliar um conjunto de características mensuradas em uma prova de ganho em peso (PGP) a pasto de bovinos da raça Guzerá por meio da análise de componentes principais, visando identificar as características que representem a maior parte da variação fenotípica. Este trabalho foi desenvolvido na Fazenda Meleiro, no município Curvelo – MG, oficializada pela Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ). Foram avaliados 45 machos recém-desmamados, com peso e idade iniciais médios e desvio padrão de  $219,9 \pm 38,05$  kg e  $325,8 \pm 28,0$  dias, respectivamente. Na prova, os animais consumiram pastagens de *Brachiaria brizantha* e suplementação múltipla, receberam tratamento sanitário e foram mantidos em condições uniformes de manejo por um período de 294 dias. As avaliações aconteceram a cada 56 dias. As características avaliadas foram: peso aos 205 dias (P205), peso aos 365 dias (P365), peso aos 550 dias (P550), ganho médio diário (GMD), circunferência escrotal (CE), altura na garupa (HG), comprimento corporal (CC), circunferência torácica (CT), área de olho de lombo (AOL), estrutura (E), precocidade (P), espessura de gordura subcutânea (EGS) e musculosidade (M). Os quatro primeiros componentes principais explicaram 75,74% da variação total dos dados, sendo os primeiros componentes associados aos maiores autovalores e retendo, assim, maior variância dos dados. As características que tiveram maior participação nesses componentes foram P365, P, CC e AG. As correlações fenotípicas entre as características de pesagens foram elevadas e positivas e as demais variaram de medianas a moderadas, excetuando as que envolveram o ganho médio diário com os pesos padrões.

**Palavras-chave:** análise multivariada, PGP, escores visuais, raça zebuína

## EVALUATION OF TRAITS MEASURED WITH GUZERA BOVINE IN WEIGHT GAIN PROOF UNDER PASTURE BY THE ANALYSIS OF THE MAIN COMPONENTS

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate a set of traits measured in a Weight Gain Proof (PGP) in pasture with Guzera animals through the main component analysis, in order to identify the traits that represent most of the phenotypic variation. This work was developed on the Meleiro farm in Curvelo - MG, officiated by the Brazilian Association of Zebu Breeders (ABCZ). There were evaluated 45 male recently weaned Guzera, with initial average weight and age and standard deviation of  $219.9 \pm 38.05$  kg and  $325.8 \pm 28.0$  days, respectively. At trial, the animals were fed with *Brachiaria brizantha* grazing and multiple supplementation, they received sanitary treatment and were maintained under uniform handling conditions for a period of 294 days. The evaluations took place every 56 days. The traits evaluated were: weight at 205 days (P205), weight at 365 days (P365), weight at 550 days (P550), average weight gain (ADG), scrotal circumference (SC), hip height (HG), body length (CC), thoracic circumference (TC), loin eye area (LEA), structure (E), precocity (P) and muscle (M). The first four principal components explained 74.51% of the total data variation, being the first components associated to the largest eigenvalue and thus retaining greater data variance. The traits that had greater participation in these components were P365, P, CC and AG. The phenotypic correlations among weighing traits were high and positive and the others ranged from median to moderate, except those involving the daily average weight gain with the standard weights.

**Keywords:** multivariate analysis, PGP, visual scores, Zebu breed

## Introdução

A busca por uma maior produtividade na pecuária de corte se tornou uma questão chave, quando são almejados sempre melhores índices de produção no intuito de se ter um menor ciclo de produção na cadeia produtiva e, conseqüentemente, tornar a atividade mais sustentável. Entre os inúmeros fatores que influenciam de forma direta essa produção está a constituição genética dos animais, que contribui com um percentual alto para desse ciclo.

A eficiência de produção em bovinos de corte depende de várias características e o melhoramento daquelas de importância econômica, por meio da seleção, depende do uso efetivo da variação genética existente. O conhecimento dos parâmetros genéticos das características e o entendimento das interrelações entre elas é fundamental para o delineamento dos programas de seleção (Mascioli *et al.*, 2000).

De acordo com Roso & Fries (1995), o melhorista muitas vezes toma decisões de forma intuitiva, selecionando animais em função de determinada característica, negligenciando seus componentes e as ligações existentes entre eles. Nesse contexto, a análise de componentes principais deve contribuir para a interpretação das relações existentes entre as variáveis e, conseqüentemente, para a tomada de decisões, principalmente em situações onde não seja possível realizar uma avaliação genética (Baker *et al.*, 1988; Barbosa & Smith, 1988; Roso & Fries, 1995). Exemplo dessa situação pode ser notado em provas de ganho de peso (PGP), nas quais o número de observações normalmente é reduzido, comprometendo a precisão das estimativas dos componentes de variância necessários para predizer os valores genéticos dos animais nesse tipo de teste de desempenho.

As PGP constituem importante instrumento auxiliar em sistemas de avaliação genética entre rebanhos, sobretudo em populações que não possuem boa conectabilidade genética em seus bancos de dados (Lima Neto, 2007). Normalmente, nas PGP são avaliadas várias características que apresentam herdabilidades de medianas a altas. Porém, essas provas não se mostram apropriadas ao emprego de metodologias de avaliação genética mais eficientes, tais como a utilização da máxima verossimilhança restrita (REML) para obtenção dos valores genéticos, pois a baixa conectabilidade genética entre rebanhos, na maioria das vezes, e o número reduzido de observações comprometem a precisão das estimativas.

A escolha dos melhores touros não tem sido uma tarefa fácil, mesmo para os melhoristas envolvidos em programas de melhoramento genético de bovinos, dado o elenco de características disponíveis (Val *et al.*, 2008). Assim, os procedimentos multivariados, pelas suas qualidades em resumir as informações, podem contribuir para seleção dos animais, identificando aquelas características em que se concentra a maior parte da variação para o

grupo de animais em prova de ganho em peso, tendo em vista que muitas dessas características podem estar fortemente correlacionadas.

Para tanto, a análise de componentes principais (ACP) tem sido útil na elucidação das relações estruturais entre as medidas corporais dos animais e no descarte de variáveis, possibilitando eliminar informações redundantes, em decorrência da correlação com outras variáveis presentes na análise (Meira, 2010).

Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar um conjunto de características mensuradas em uma prova de ganho de peso em pasto de bovinos da raça Guzerá por meio de análise de componentes principais, visando identificar as características que representem a maior parte da variação fenotípica.

### **Material e Métodos**

O trabalho foi desenvolvido com dados de animais da raça Guzerá em uma PGP a pasto e ocorreu na fazenda Meleiro, no município de Curvelo - MG. As avaliações dos animais foram realizadas obedecendo à metodologia das PGP a pasto adotada pela Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ). Foram avaliados 45 animais da raça Guzerá recém-desmamados, os quais permaneceram em condições uniformes de manejo e alimentação por um período de 294 dias. Conforme consta no regulamento da ABCZ, os animais participantes da PGP são pesados, tendo antes passado por um jejum de 12 horas. Nos 294 dias de prova, são efetuadas seis pesagens, começando com a da fase de adaptação, que compreende 70 dias, e mais cinco pesagens, que ocorrem em um intervalo de 56 dias.

A primeira pesagem ocorreu no dia 27 de junho de 2009, às 7h, sendo que, no dia anterior, os animais foram presos no curral às 19h e receberam um jejum de 12 horas. Esse procedimento foi mantido em todas as pesagens. Simultaneamente às pesagens, ocorreram também mensurações de altura de garupa (AG), comprimento corporal (CC), circunferência torácica (CT), circunferência escrotal (CE), espessura de gordura subcutânea (EGS) e área de olho de lombo (AOL), sendo as duas últimas por ultrassonografia, mensuradas sobre o músculo *Longissimus dorsi*, entre a 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costelas. Essas avaliações ocorreram em todas as pesagens, exceto no período de adaptação. Os valores médios para as variáveis avaliadas ao longo da prova são apresentados na Tabela 1.

A prova foi basicamente desenvolvida com os animais consumindo pastos de *Brachiaria brizantha* e sal proteinado, além de receberem três vermifugações, que ocorreram em um intervalo de 98 dias durante a prova. Durante a estação da seca e das águas, os animais

receberam sal proteinado, cujo consumo médio ficou em torno de um quilo por cabeça/dia, sendo que essa fase corresponde à fase pós-adaptação. Já nos 70 dias de adaptação o consumo médio foi de 400 g por cabeça dia.

Tabela 1. Médias e desvios padrão para as características avaliadas de bovinos da raça Guzará em prova de ganho em peso a pasto

Característica <sup>1</sup>	Data da avaliação				
	5/09/09	31/10/09	22/12/09	20/02/10	17/04/10
Idade (dias)	325 ± 28	382 ± 28	434 ± 28	494 ± 28	550 ± 28
Peso corporal (kg)	248 ± 32	269 ± 34	320 ± 39	360 ± 41	406 ± 44
AG (cm)	133 ± 4	139 ± 6	138 ± 5	142 ± 5	145 ± 5
GMD (kg)	-	0,38 ± 0,14	0,91 ± 0,17	0,72 ± 0,18	0,81 ± 0,19
CC (cm)	123 ± 5	125 ± 6	129 ± 5	139 ± 6	135 ± 7
CT (cm)	151 ± 6	153 ± 6	160 ± 7	168 ± 7	171 ± 12
CE (cm)	21 ± 2	23 ± 2	26 ± 3	27 ± 3	31 ± 3
AOL (cm <sup>2</sup> )	-	30 ± 3	34 ± 3	35 ± 3	37 ± 3

<sup>1</sup>AG = altura de garupa (cm), CC = comprimento corporal (cm), CT = circunferência torácica (cm), CE = circunferência escrotal (cm), AOL = área de olho de lombo (cm<sup>2</sup>).

Paralelamente a essas mensurações foram realizadas avaliações de escores visuais tomando como base as implicações práticas da utilização do EPMURAS (Koury Filho, 2005). Entre as sete características que compõem o EPMURAS - E (estrutura), P (precocidade), M (musculosidade), U (umbigo), R (racial), A (aprumos) e S (sexualidade), no presente estudo foram avaliadas apenas três: E, P e M. As notas de escores foram tomadas de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Escalas de escores usado no sistema de avaliação por EPMURAS

Característica	Desclassificado	Escore					
Estrutura Corporal (E)	0	1	2	3	4	5	6
Precocidade (P)	0	1	2	3	4	5	6
Musculosidade (M)	0	1	2	3	4	5	6

Fonte: Koury Filho (2005).

Para as análises de componentes principais (CP) utilizou-se o procedimento PRINCOMP do programa SAS (2002), em que o ponto de partida foi a matriz de correlação: as variáveis são padronizadas para média zero e variância igual a um. Optou-se pela utilização de uma matriz de correlação ao invés de uma matriz de covariância para amenizar possíveis discrepâncias acentuadas entre as variâncias e permitir as comparações entre os autovetores em um componente. A solução, utilizando-se a matriz de correlação, é recomendada quando as variáveis são medidas em escalas muito diferentes entre si, pois essa matriz é equivalente à matriz das variáveis padronizadas, visto que as características analisadas constam de

pesagens, avaliações métricas lineares e em área, e pontuações subjetivas (Johnson & Wichern, 1992).

A técnica de componentes principais, a partir da matriz de correlação, consiste em transformar um conjunto de  $p$  variáveis  $X_1, X_2, \dots, X_p$  em um novo conjunto  $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$ , em que os  $Y$ 's apresentam as seguintes propriedades:

I. Cada componente principal ( $Y_i$ ) é uma combinação linear das variáveis padronizadas ( $X_j$ ), ou seja:

$$Y_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ip}X_p = \sum_{j=1}^p a_{ij}X_j$$

onde  $a_{ij}$  são os autovetores, com  $i = 1, 2, \dots, p$  e  $\sum_{j=1}^p a_{ij}^2$

II. O primeiro componente principal,  $Y_1$ , é tal que sua variância é máxima entre todas as combinações lineares de  $X$ . O segundo componente principal é não correlacionado com o primeiro e possui a segunda maior variância. Da mesma forma, definem-se os outros  $p$  componentes principais não correlacionados entre si, ou seja:

$$\text{Var}(Y_1) \geq \text{Var}(Y_2) \geq \dots \geq \text{Var}(Y_p)$$

III. A cada componente principal  $Y_i$  existem  $p$  autovalores ( $\lambda$ ) ordenados de forma que  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$ .

IV. As combinações lineares formadas são não-correlacionadas:

$$\text{Cov}(Y_1, Y_2) = \text{Cov}(Y_1, Y_3) = \dots = \text{Cov}(Y_{p-1}, Y_p) = 0$$

A importância relativa de um componente principal foi avaliada pela percentagem de variância total que ele explica, ou seja, a percentagem de seu autovalor em relação ao total dos autovalores de todos os componentes, que é dado por:

$$y_i = \frac{\text{Var}(y_i)}{\sum_{i=1}^p \text{Var}(y_i)} \cdot 100 = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \cdot 100$$

O critério para descarte de variáveis utilizado foi baseado nas recomendações de Jolliffe (1972, 1973), que sugere que o número de variáveis descartadas deve ser igual ao número de componentes principais cuja variância (autovalor) seja inferior a 0,7; e na sugestão de Regazzi (2002), o qual considera que a variável que apresentar o maior coeficiente em valor absoluto no componente principal de menor autovalor (menor variância) deverá ser menos importante para explicar a variância total e, portanto, passível de descarte. Assim, o processo de descarte consistiu em considerar o componente correspondente ao menor

autovalor e rejeitar a variável associada ao maior coeficiente de ponderação (em valor absoluto). Então, o próximo menor componente foi avaliado. Esse processo continuou até que o componente associado ao autovalor inferior a 0,7 fosse considerado. A razão para isso é que variáveis altamente correlacionadas aos componentes principais de menor variância representam variação praticamente insignificante.

### Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para os componentes principais (CP), a partir da matriz de correlação, seus respectivos autovalores e porcentagens da variância total explicada por cada componente (Tabela 3) mostram que os quatro primeiros componentes principais explicaram 75,74% da variação total dos dados, sendo os primeiros componentes associados aos maiores autovalores, retendo, assim, maior variância dos dados.

Tabela 3. Componentes principais (CP), autovalores ( $\lambda_i$ ), percentagem da variância explicada pelos componentes (% VCP) e percentagem acumulada das características avaliadas

Componentes Principais	$\lambda_i$	% VCP	% VCP (acumulada)
CP <sub>1</sub>	5,8650	0,4512	0,4512
CP <sub>2</sub>	1,8600	0,1431	0,5942
CP <sub>3</sub>	1,2092	0,0930	0,6873
CP <sub>4</sub>	0,9120	0,0702	0,7574
CP <sub>5</sub>	0,7696	0,0592	0,8166
CP <sub>6</sub>	0,6811	0,0524	0,8690
CP <sub>7</sub>	0,5868	0,0451	0,9142
CP <sub>8</sub>	0,3538	0,0272	0,9414
CP <sub>9</sub>	0,3190	0,0245	0,9659
CP <sub>10</sub>	0,1789	0,0138	0,9797
CP <sub>11</sub>	0,1481	0,0114	0,9911
CP <sub>12</sub>	0,0853	0,0066	0,9976
CP <sub>13</sub>	0,0306	0,0024	1,0000

Observa-se pela Tabela 3 que, após a aplicação do critério estabelecido por Jolliffe (1972, 1973), pressupõe-se que podem ser descartadas nove das 13 variáveis estudadas. As nove variáveis com maiores coeficientes, em valor absoluto (Tabela 4), nos nove últimos componentes principais (autovalores menores que 0,7) são passíveis de descarte. A razão para isso é que variáveis altamente correlacionadas aos componentes principais de menor variância representam variação praticamente insignificante. Contudo, deve-se atentar para as estimativas de herdabilidade e correlações genéticas, pois as características a serem descartadas podem apresentar herdabilidades superiores àquelas com que se correlacionam

favoravelmente. Esse fato pode fazer com que a seleção baseada apenas nas características selecionadas, ou seja, que estão presentes nos três primeiros componentes principais, possa levar a ganhos genéticos inferiores.

Em análise de componentes principais com a raça Canchim, para características de pesagem e de ganhos de peso entre idades padrão, Mascioli *et al.* (2000) relataram que os dois primeiros CP foram responsáveis por 75% da variação total e concluíram que pode-se utilizar a variância fenotípica para o estudo dos componentes principais. Neste trabalho, os pesos que continham a maior parte da variância total dos dados foram justificados pelo primeiro componente principal, que explicou 74,2% da variação. Esse CP contrasta animais mais pesados com animais mais leves após o nascimento e indica que a influência do peso torna-se mais importante à medida que o animal envelhece, como observaram Barbosa & Smith (1988) na raça Charolês. Todavia, no presente trabalho, das características que melhor explicam a parte da variação fenotípica do componente principal um (CP<sub>1</sub>), destaca-se o peso aos 365 dias (P365), com uma maior participação nos 45,12% da variação explicada para esse componente (Tabela 3).

Em um estudo com componentes principais para analisar dois conjuntos de dados contendo DEPs de nove características pré e pós-desmama de um mesmo rebanho da raça Nelore - um conjunto contendo 4.740 vacas e outro contendo 158 touros, Cardoso *et al.* (2003) verificaram que os três primeiros componentes explicaram 76% e 71% da variabilidade genética contida nos conjuntos de dados originais, respectivamente, para vacas e touros.

Estudos com espécies diferentes da considerada no presente trabalho têm sido conduzidos baseados no critério de Jolliffe (1972, 1973) para descarte de variáveis. Muitos deles têm sido usados para características de produção e desempenho de aves e suínos, com obtenção de bons resultados com a identificação das características que mais interferem na variação genética ou fenotípica (Barbosa *et al.*, 2005a; Barbosa *et al.*, 2005b; Leite *et al.*, 2009; Yamaki *et al.*, 2009).

As nove variáveis que apresentaram maiores coeficientes de ponderação, em valor absoluto, a partir do último componente principal em direção ao primeiro, foram descartadas, conforme apresentado na Tabela 4. As variáveis passíveis de descarte, em ordem de menor importância para explicar a variação fenotípica total, foram: peso aos 205 dias (P205), peso aos 550 dias (P550), musculosidade (M), estrutura (E), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), ganho médio diário (GMD), circunferência escrotal (CE) e circunferência torácica (CT).

Além de essas características estarem associadas a componentes que explicam muito pouco da variabilidade dos dados, apresentaram correlação linear simples significativa com as demais, fornecendo pouca ou nenhuma informação adicional, caracterizando-se, assim, pela redundância (Tabela 5).

As correlações fenotípicas apresentadas na Tabela 5 mostram que os coeficientes entre os escores visuais e AOL foram positivos e de magnitude mediana, e indicam que, a longo prazo, a utilização de qualquer escore visual (E, P ou M) como critério de seleção poderá resultar em animais com maior Área de Olho de Lombo. Animais mais musculosos e com os músculos bem distribuídos pelo corpo apresentam melhor ganho de peso, rendimento e qualidade da carcaça (Koury Filho *et al.*, 2009). Os resultados mostraram que a precocidade apresentou correlação positiva e significativa ( $P < 0,05$ ) com estrutura corporal ( $r = 0,48$ ), ganho médio diário ( $r = 0,52$ ) e espessura de gordura subcutânea ( $r = 0,49$ ). Correlações semelhantes foram encontradas por Andrighetto *et al.* (2009). As correlações entre as características de pesagem foram elevadas, naturalmente, conforme amplamente evidenciado na literatura. A característica indicadora de fertilidade (CE) apresentou-se altamente correlacionada com estrutura, peso aos 365 dias e circunferência torácica, mostrando que, para os animais dessa prova, o desenvolvimento corporal mostrou-se em equilíbrio com a parte reprodutiva, o que é desejado para um touro melhorado.

Adicionalmente, foi possível observar que as características sugeridas para descarte apresentaram correlação linear simples significativa com as não descartadas, ou seja, são redundantes (Tabela 5). Por outro lado, as variáveis selecionadas apresentam menor correlação entre si, exceto entre as duas características de escores visuais, visto que um animal mais precoce, normalmente, caracteriza-se por apresentar um bom desenvolvimento de massa muscular (Tabela 5). Segundo Yamaki *et al.* (2009), tem-se que cada característica selecionada deve ser responsável por um tipo de informação biológica exclusiva, e a ação conjunta delas será complementar para descrição geral dos indivíduos ou da população estudada.

Tabela 4. Coeficientes de ponderação das características avaliadas em prova de ganho de peso de bovinos da raça Guzerá com os componentes principais descartados em ordem de menor importância

Variáveis	Coeficientes												
	CP <sub>1</sub>	CP <sub>2</sub>	CP <sub>3</sub>	CP <sub>4</sub>	CP <sub>5</sub>	CP <sub>6</sub>	CP <sub>7</sub>	CP <sub>8</sub>	CP <sub>9</sub>	CP <sub>10</sub>	CP <sub>11</sub>	CP <sub>12</sub>	CP <sub>13</sub>
GMD	0,220832	0,454454	0,176304	-0,046324	0,213047	0,141701	<b>0,514549</b>	-0,347133	-0,299827	0,127656	0,034351	0,362597	0,147973
AG	0,289597	-0,320755	0,085757	0,207638	-0,227445	-0,000828	0,461595	0,092412	0,382426	0,336324	0,475256	-0,055910	-0,032908
CC	0,140036	-0,007761	0,731388	-0,232396	0,334874	0,097271	-0,124771	0,471631	0,146098	-0,069391	0,009703	0,073942	0,008114
CT	0,236995	-0,216371	-0,388004	-0,061799	<b>0,464492</b>	-0,317859	0,335518	0,405655	-0,309018	-0,201246	0,001221	-0,112861	-0,001917
CE	0,280075	-0,114384	0,077323	0,248394	0,398928	<b>-0,523639</b>	-0,289737	-0,400773	0,270949	0,210771	-0,171178	0,099485	0,076488
AOL	0,244037	-0,101674	0,077553	0,679224	-0,004799	0,310911	-0,296830	0,160747	<b>-0,482818</b>	0,099283	0,052454	0,012953	0,078881
EGS	0,190743	0,368075	-0,390912	0,153858	0,340515	0,445875	-0,110125	<b>0,518575</b>	-0,193287	0,107057	-0,013875	-0,013875	-0,021515
E	0,338151	-0,007805	0,190487	0,239053	-0,333775	-0,054664	0,259192	-0,072067	0,150772	<b>-0,607200</b>	-0,450263	-0,104254	0,019074
P	0,241727	0,450272	-0,153024	-0,024448	-0,320312	-0,237732	-0,052303	0,464719	0,055562	0,447164	-,350737	0,097314	-0,038280
M	0,283560	0,390119	0,065478	-0,114609	-0,191080	-0,342089	-0,265207	-0,064032	-0,148625	-0,265639	<b>0,589021</b>	-0,270975	0,094768
P 205	0,317018	-0,296855	-0,183517	-0,367333	-0,163518	0,187567	-0,177945	-0,015807	0,019717	0,000246	-0,043919	0,212884	<b>0,708021</b>
P 365	0,365150	-0,197126	-0,183517	-0,232732	-0,127037	0,071023	-0,193669	-0,089528	-0,089497	-0,120656	0,083786	0,506439	-0,639119
P 550	0,360821	-0,053208	0,034890	-0,300365	0,080473	0,288099	-0,020589	-0,240022	-0,123545	0,282603	-0,218390	<b>-0,664356</b>	-0,209378

<sup>1</sup> GMD = ganho médio diário; AG = altura na garupa; CC = comprimento corporal; CT = circunferência torácica; CE = circunferência escrotal; AOL = área de olho de lombo; EGS = espessura de gordura subcutânea; E = estrutura; P = precocidade; M = musculosidade; P205 = peso aos 205 dias; P365 = peso aos 365 dias; P550 = peso aos 550 dias.

Tabela 5. Coeficientes de correlação de Pearson entre as características de desempenho, morfométricas e escores visuais de machos da raça Guzerá a avaliados em prova de ganho em peso a pasto

	GMD	AG	CC	CT	CE	AOL	EGS	E	P	M	P 205	P 365	P 550
GMD	1,0000												
AG	0,17577	1,0000											
CC	0,29608	0,21123	1,0000										
CT	0,16239	0,45352	-0,00313	1,0000									
CE	0,23011	0,47101	0,28030	0,49119	1,0000								
AOL	0,18729	0,48796	0,17089	0,24495	0,45990	1,0000							
EGS	0,47015	0,06515	-0,06168	0,26271	0,22088	0,29641	1,0000						
E	0,45527	0,72097	0,28826	0,31144	0,51297	0,55425	0,23249	1,0000					
P	0,51971	0,18723	0,04208	0,19874	0,24217	0,21438	0,49603	0,48023	1,0000				
M	0,58245	0,20223	0,24181	0,18415	0,44059	0,26071	0,39283	0,55481	0,76244	1,0000			
P 205	0,08326	0,60436	0,16325	0,52650	0,40522	0,33412	0,21363	0,52141	0,25937	0,33644	1,0000		
P 365	0,24995	0,63495	0,22530	0,54881	0,54830	0,46077	0,28230	0,65182	0,37879	0,51777	0,93046	1,0000	
P 550	0,50240	0,55360	0,37910	0,45977	0,49811	0,41547	0,37898	0,61423	0,38840	0,51343	0,80736	0,83742	1,0000

<sup>1</sup> GMD = ganho médio diário; AG = altura na garupa; CC = comprimento corporal; CT = circunferência torácica; CE = circunferência escrotal; AOL = área de olho de lombo; EGS = espessura de gordura subcutânea; E = estrutura; P = precocidade; M = musculosidade; P205 = peso aos 205 dias; P365 = peso aos 365 dias; P550 = peso aos 550 dias.

Nota-se que, embora a análise de componentes principais tenha como proposição o descarte de variáveis ou características para situações em que se tem uma forte estrutura de correlação entre as características, no caso específico de bovinos em provas de ganho em peso, nas quais se preconiza a mensuração de várias características em uma combinação de medidas de pesagens, reprodutivas, morfométricas, medidas de carcaça por ultrassonografia e por escores visuais, esse descarte deve ser tratado com cautela. Tal afirmativa fundamenta-se no fato de que a seleção de futuros tourinhos que possam ser superiores geneticamente deve contemplar um biótipo equilibrado. Então, neste estudo, buscou-se evidenciar em quais características se concentra a maior parte da variação fenotípica em bovinos Guzerá em prova de ganho em peso a pasto.

### Conclusão

Constatou-se, por meio dos resultados da análise de componentes principais, que a variação fenotípica, para esse grupo de animais em prova de ganho em peso a pasto, foi bem sumarizada por quatro componentes principais que envolveram, principalmente, o peso aos 365 dias, precocidade comprimento corporal e altura na garupa.

As correlações fenotípicas entre as características de pesagens foram elevadas e positivas e as demais variaram de medianas a moderadas, excetuando as que envolveram o ganho médio diário com os pesos padrões.

### Referências Bibliográficas

- BAKER, J.F.; STEWART, T.S.; LONG, C.R. et al. Multiple regression and principal components analysis of puberty and growth in cattle. **Journal of Animal Science**, v.66, n.9, p.2147-2158, 1988.
- BARBOSA, P.F.; SMITH, W.B. Aplicação de técnicas de análise multivariada em melhoramento animal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 25, 1988, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 1988, p.240.
- CARDOSO V.; ROSO V.M.; SEVERO J.L.P. et al. Formando lotes uniformes de reprodutores múltiplos e usando-os em acasalamentos dirigidos, em populações Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.32, n.6 p.834-842, 2003.
- HOTELLING, H. Review of the triumph of mediocrity in business. **Journal of American Statistical Association**, v.28, n.7, p.463-465, 1933.
- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. 4.ed. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1998. 816p.
- JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis. I: Artificial data. **Applied Statistics**, v.21, n.2, p.160-173, 1972.
- JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis, II: real data. **Applied Statistics**, v.22, p.22-31, 1973.

- KOURY FILHO, W. **Escores visuais e suas relações com características de crescimento em bovinos de corte**. Jaboticabal, 2005. Tese (Doutorado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, 2005.
- LIMA NETO, H. R. **Estimativa de parâmetros genéticos para características de carcaça avaliadas por ultra-sonografia em bovinos da raça Guzerá**. Belo Horizonte, 2007. 72p. Dissertação (mestrado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais.
- MANLY, B.F.J. **Multivariate statistical methods: a primer**. London: Chapman and Hall, 1988. 159p.
- MARDIA, K.V.; KENT, J.T.; BIBBY, J.M. **Multivariate analysis**. 6. ed. London: Academic Press, 1997.
- MASCIOLI, A.S.; EL FARO, L.; ALENCAR, M.M. et al. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos e análise de componentes principais para características de crescimento na raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1654-1660, 2000.
- MEIRA, C.T. **Avaliação de características morfofuncionais de cavalos da raça Mangalarga Marchador**. Diamantina – MG, 2010. 48p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, UFVJM.
- MORRISON, D.F. **Multivariate Statistical Methods**. 4. ed. Australia: Brooks/Cole Thomson Learning. 2005. 469p.
- MORRISON, DF. **Multivariate statistical methods**. 2.ed. Singapore: McGraw Hill, 1976. 415p.
- PEARSON, K. On lines and planes of closest fit to system of point in space. **Philosophical Magazine**, 1901. Disponível em <<http://pbil.univ-lyon1.fr/R/pearson190.pdf/>>. Acessado em: 20 fevereiro de 2011.
- REGAZZI, A. J. **Análise multivariada**: notas de aula. Viçosa: UFV, 2002.
- ROSO, V.M.; FRIES, L.A. Componentes principais em bovinos da raça Polled Hereford à desmama e sobreano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.5, p.728-735. 1995.
- SAS, 2002. **SAS Software: versão 9.0**. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- VAL, J.E.; FERRAUDO, A.S.; BEZERRA, L.A.F.; CORRADO, M.P.; LOBO, R.B.; FREITAS, M.A.R.; PANETOJ.C.C. Alternativas para seleção de touros da raça Nelore considerando características múltiplas de importância econômica. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.3, p.705-712, 2008.
- YAMAKI, M.; MENEZES, G.R.O.; PAIVA, A.L.C.; BARBOSA, L.; SILVA, R.F.; TEIXEIRA, R.B.; TORRES, R.A.; LOPES, P.S. Estudo de características de produção de matrizes de corte por meio da análise de componentes principais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.1, p.227-231, 2009.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo, a função de Von Bertalanffy foi a que melhor se ajustou para descrever o crescimento dos machos da raça Guzerá na PGP a pasto. O crescimento alométrico apresentou comportamento heterogônico negativo para todas as características avaliadas em relação ao peso corporal.

Constatou-se, por meio dos resultados das análises de componentes principais, que a variação fenotípica, para este grupo de animais em prova de ganho em peso a pasto, foi bem resumida por quatro componentes principais que envolveram, principalmente, o peso aos 365 dias, precocidade, comprimento corporal e altura na garupa.

As correlações fenotípicas entre as características de pesagens foram elevadas e positivas e as demais variaram de medianas a moderadas, excetuando as envolvendo o ganho médio diário com os pesos padrões.