



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL



ESTUDO GENÉTICO DO ESCORE DE CONDIÇÃO CORPORAL DE VACAS NELORE

Anna Flávia de Araujo Fernandes
Zootecnista

2015

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL

ESTUDO GENÉTICO DO ESCORE DE CONDIÇÃO
CORPORAL DE VACAS NELORE

Anna Flávia de Araujo Fernandes

Orientadora: Profa. Dra. Sandra Aidar de Queiroz

Coorientador: Prof. Dr. João Ademir de Oliveira

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte de exigências para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

2015

F363e Fernandes, Anna Flávia de Araujo
Estudo genético do escore de condição corporal de vacas Nelore
/ Anna Flávia de Araujo Fernandes – – Jaboticabal, 2015
vi, 70 p. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015
Orientadora: Sandra Aidar de Queiroz
Coorientador: João Ademir de Oliveira
Banca examinadora: João Ademir de Oliveira, Roberto
Carvalho, Henrique Nunes de Oliveira, Joanir Pereira Eler,
Josineudson Augusto II de Vasconcelos Silva
Bibliografia

1. Altura. 2. Bayesiana. 3. Escores visuais. 4. Parâmetros
genéticos 5. Peso 6. Reprodução I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.082:636.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ESTUDO GENÉTICO DO ESCORE DE CONDIÇÃO CORPORAL DE VACAS NELORE

AUTORA: ANNA FLÁVIA DE ARAUJO FERNANDES

ORIENTADORA: Profa. Dra. SANDRA AIDAR DE QUEIROZ

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. JOAO ADEMIR DE OLIVEIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ZOOTECNIA , pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. JOAO ADEMIR DE OLIVEIRA

Departamento de Ciências Exatas / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. HENRIQUE NUNES DE OLIVEIRA

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. ROBERTO CARVALHEIRO

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. JOANIR PEREIRA ELER

Universidade de São Paulo / Pirassununga/SP



Prof. Dr. JOSINEUDSON AUGUSTO II DE VASCONCELOS SILVA

Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal / Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu

Data da realização: 25 de novembro de 2015.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

Anna Flávia de Araujo Fernandes, filha de Juraci Fernandes e Maria das Neves Araujo, nasceu em 20 de novembro de 1984 em Brasília - DF. Em junho de 2005, ingressou no curso graduação em Zootecnia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, União Pioneira de Integração Social, campus de Planaltina - DF. Realizou estágio na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, onde participou do Projeto Coleções Biológicas para o Agronegócio Componente Recursos Genéticos Animais. Foi bolsista do Programa Biotecnologia e Recursos Genéticos – CNPq/ITI nível 1A, no período de janeiro de 2007 a julho de 2008 e também bolsista da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), no período de agosto de 2008 a julho de 2009. Em março de 2010, iniciou como aluna de Mestrado em Zootecnia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal (FCAV–UNESP/Jaboticabal). Em março de 2012 iniciou como aluna de Doutorado em Zootecnia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal (FCAV–UNESP/Jaboticabal). Em outubro de 2014 iniciou o estágio sanduíche, por seis meses, no Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria – Canelones, Uruguai, orientada pelo pesquisador Dr. Ignacio Aguilar.

Dedico...

A Deus;

Aos meus pais, Maria das Neves Araujo e Juraci Fernandes;

À minha avó, Ana Maria Araujo (in memoriam);

Aos meus irmãos e sobrinhos.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo merecimento do caminho percorrido.

À toda minha querida família, por todo o amor.

À minha orientadora Profa. Dra. Sandra Aidar de Queiroz, por me aceitar mais uma vez como sua aluna e pela ótima orientação.

Ao meu coorientador Prof. Dr. João Ademir de Oliveira e ao Prof. Dr. Nelson José Peruzzi, por toda dedicação, ensinamentos e carinho.

Aos professores do Departamento de Zootecnia e do Departamento de Ciências Exatas da FCAV-UNESP/Jaboticabal, por toda a contribuição em minha formação acadêmica.

Aos membros do Exame Geral de Qualificação e defesa de tese, Prof. Dr. João Ademir de Oliveira, Prof. Dr. Henrique Nunes de Oliveira, Dr. Maurício Melo de Alencar, Dr. Rodrigo Pelicione Savegnago, Prof. Dr. Joanir Pereira Eler, Prof. Dr. Josineudson Augusto II de Vasconcelos Silva e Dr. Roberto Carneiro pelas contribuições.

Ao Dr. Ignacio Aguilar, obrigada por me receber no Uruguai e por transferir-me seu enorme conhecimento.

Aos pesquisadores do INIA, Dr. Gabriel, à Dra. Olga Ravagnolo e as minhas colegas de trabalho Msc. Virgínia Goldberg e Elisa Ríos, por me incentivarem e tornarem minhas tardes de trabalho momentos tão agradáveis.

À CAPES e ao CNPq pela concessão de bolsas.

À Gensys e ao programa de Melhoramento DeltaGen, pela cessão dos dados.

A todos os amigos da pós-graduação, em especial ao Naudin e Haroldo, por não medirem esforços na ajudar com as análises e nas discussões em geral.

As famílias “Cozzi Candido” e “Quirino” pelo acolhimento no fim do curso.

Às minhas eternas amigas, Silvar, Gerlane, Carol, Fabiana, Agda, Vanja.

SUMÁRIO

RESUMO	iii
ABSTRACT	v
 CAPÍTULO 1 – AVALIAÇÃO DO ESCORE DE CONDIÇÃO CORPORAL EM RUMINANTES.....	1
RESUMO.....	1
INTRODUÇÃO	1
FISIOLOGIA DO ESCORE DE CONDIÇÃO CORPORAL	3
MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO ESCORE DE CONDIÇÃO CORPORAL (ECC)	4
ÉPOCA DE MEDIÇÃO DO ECC	6
ECC E SAUDE DAS FÊMEAS	7
ECC E REPRODUÇÃO	9
ECC E CONSUMO ALIMENTAR	11
CONCLUSÃO.....	12
REFERÊNCIAS.....	14
 CAPÍTULO 2 – Desempenho ao sobreano como indicador da condição corporal de vacas Nelore	21
RESUMO.....	21
INTRODUÇÃO	23
MATERIAL E MÉTODOS	25
RESULTADOS	30
DISCUSSÃO	33
CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS.....	36
 CAPÍTULO 3 – Relações genéticas entre tamanho e condição corporal de vacas Nelore	40
RESUMO.....	40
INTRODUÇÃO	41

MATERIAL E MÉTODOS	43
RESULTADOS	46
DISCUSSÃO	47
CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	50

CAPÍTULO 4 – Escore de condição corporal como ferramenta para o sucesso reprodutivo de fêmeas Nelore	54
RESUMO.....	54
INTRODUÇÃO	55
MATERIAL E MÉTODOS	57
RESULTADOS	61
DISCUSSÃO	63
CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS.....	65
CONSIDERAÇÕES FINAIS	69

ESTUDO GENÉTICO DO ESCORE DE CONDIÇÃO CORPORAL DE VACAS NELORE

RESUMO - A condição corporal pode estar relacionada com eficiência de produção de carne e de habilidade materna. Até o presente momento, o conhecimento das relações entre o escore condição corporal (ECC) e características de desempenho produtivo é escasso para animais zebuínos. Assim, os objetivos deste trabalho foram: demonstrar a importância da avaliação da condição corporal, investigar o desempenho ao sobreano como indicador da condição corporal, quantificar as relações entre o ECC e o tamanho adulto e verificar a possibilidade de inclusão do ECC em índice de seleção de vacas Nelore. O ECC foi atribuído no diagnóstico de gestação ou no desmame, variando de 1 a 5 pontos. No modelo de análise para ECC, foram considerados os seguintes efeitos sistemáticos: grupo de contemporâneas (GC), ordem de parto, peso adulto (excluído na análise com peso ao sobreano), idade ao primeiro parto (excluído na análise com idade ao primeiro parto), peso do bezerro ao desmame (PD). Foram incluídos no modelo de peso ao sobreano (PS) os efeitos de GC e idade ao sobreano (efeitos linear e quadrático). Nos modelos dos escores visuais de conformação (C), precocidade (P), musculosidade (M) e ganho de peso do desmame ao sobreano (GS), considerou-se: efeitos de GC, idade ao sobreano (efeitos linear e quadrático) e idade da vaca ao parto (efeitos linear e quadrático). No modelo de altura de garupa ao sobreano (AGS) incluiu os efeitos de GC, idade ao sobreano (efeitos linear e quadrático) e idade da vaca ao parto (efeito linear). O modelo de peso adulto (PA) contemplou os efeitos de GC, idade ao primeiro parto, idade na pesagem (efeitos linear e quadrático) e o peso do bezerro ao pé. Para altura de garupa adulta (AG) foram considerados os efeitos de GC e idade ao primeiro parto (linear). Para a análise de idade ao primeiro parto (IPP) apenas o efeito de GC considerado. Para reconcepção (REC), incluiu-se os efeitos de GC, PA, IPP, intervalo de partos (IP) e PD. No modelo de IP, os efeitos de GC, fase gestacional, IPP, PA e PD foram incluídos. Por meio de inferência bayesiana, ajustaram-se modelos animais limiar-linear e limiar-limiar, considerando *priors* uniformes. As estimativas de herdabilidade para ECC

variaram de 0,20 ($\pm 0,04$) a 0,34 ($\pm 0,11$). Considerando a magnitude das estimativas de herdabilidade obtidas para as características estudadas, somente REC ($0,06 \pm 0,02$) e IP ($0,04 \pm 0,01$) não apresentam suficiente variabilidade genética para responder à seleção direta. Estimativas de correlações genéticas positivas foram verificadas entre ECC e M ($0,81, \pm 0,10$), ECC e P ($0,74, \pm 0,11$), ECC e PA ($0,58, \pm 0,05$), ECC e REC ($0,57, \pm 0,19$), ECC e PS ($0,35, \pm 0,10$), ECC e GS ($0,20, \pm 0,18$), ECC e C ($0,14, \pm 0,17$); e negativas entre ECC e AGS ($-0,41, \pm 0,16$), ECC e IPP ($-0,24, \pm 0,07$), ECC e IP ($-0,20, \pm 0,21$) e ECC e AG ($-0,17, \pm 0,10$). As estimativas de correlação ambiental entre ECC e PA, ECC e M, ECC e P, ECC e C, ECC e AG, ECC e PS foram $0,55 (\pm 0,05)$, $-0,28 (\pm 0,14)$, $-0,19 (\pm 0,14)$, $-0,17 (\pm 0,12)$ e $0,11 (\pm 0,03)$, respectivamente. Em contrapartida, não houve correlação ambiental entre ECC e demais características estudadas. Os resultados sugerem que, com exceção de GS e C, as características mensuradas ao sobreano podem acarretar em mudanças favoráveis no ECC. Posteriormente, recomenda-se a seleção de vacas para maior ECC e altura mediana à maturidade com intuito da correção do tamanho adulto, melhoria reprodutiva e garantia de rendimento de carcaça.

Palavras-chave: altura, bayesiana, escores visuais, parâmetros genéticos, peso, reprodução

GENETIC STUDY OF BODY CONDITION SCORE OF NELLORE COWS

ABSTRACT – The body condition may be related to meat production efficiency and maternal ability. Until now, knowledge of the relationship between body condition score (BCS) and productive performance characteristics is scarce for Zebu animals. The objectives of this study were to demonstrate the importance of assessment of body condition, investigate the performance long yearling as an indicator of body condition, quantify the relationship between the BCS and the adult size and check the possibility of including BCS in selection index of Nellore cows. The BCS is assigned in the diagnosis of pregnancy or weaning, ranging from 1 to 5 points. In the model analysis for BCS, we considered the following systemic effects: contemporary group (CG), birth order, adult weight (excluding the analysis with long yearling weight), age at first calving (excluded in the analysis of age at first calving), calf weaning weight (WW). They were included in the model long yearling weight (YW) the effects of CG and age at yearling (linear and quadratic effects). In models of visual scores of conformation (C), early finishing (EF), muscling (M) and weight gain from weaning to long yearling (WG), it was considered: CG effects, age at yearling (linear and quadratic effects) and cow age at calving (linear and quadratic effects). In the long yearling hip height model (YH) included the effects of CG, age at long yearling (linear and quadratic effects) and cow age at calving (linear effect). The model of mature weight (MW) included the effects of CG, age at first calving, age at weighing (linear and quadratic effects) and WW. For mature hip height (MH) were considered the effects of CG and age at first calving (linear). For age analysis at first calving (AFC) only the effect of CG considered. To reconception (REC), included the effects of CG, MW, AFC, calving interval (CI) and WW. In CI model, the effects of CG, gestational stage, AFC, MW and WW were included. Through Bayesian inference, were fitted threshold-linear models animals and threshold threshold, considering uniform priors. Heritability estimates of BCS ranged from 0,20 ($\pm 0,04$) to 0,34 ($\pm 0,11$). Considering the magnitude of heritability estimates for studied traits, only REC ($0,06 \pm 0,02$) and CI ($0,04 \pm 0,01$) did not presented enough genetic variability to respond to direct selection. Estimates of positive genetic correlations were found between BCS

and M ($0,81, \pm 0,10$), BCS and EF ($0,74, \pm 0,11$), BCS and MW ($0,58, \pm 0,05$), BCS and REC ($0,57, \pm 0,19$), BCS and YW ($0,35, \pm 0,10$), BCS and WG ($0,20, \pm 0,18$), BCS and C ($0,14, \pm 0,17$); and negatives between BCS and YH ($-0,41, \pm 0,16$), BCS and AFC ($-0,24, \pm 0,07$), BCS and CI ($-0,20, \pm 0,21$) and BCS and MH ($-0,17, \pm 0,10$). Estimates of environmental correlation between BCS and MW, BCS and M, BCS and EF, BCS and C, BCS and MH, BCS and YW were $0,55 (\pm 0,05)$, $-0,28 (\pm 0,14)$, $-0,19 (\pm 0,14)$, $-0,17 (\pm 0,12)$ e $0,11 (\pm 0,03)$, respectively. In contrast, there was no environmental correlation between BCS and other traits. The results suggest that, except for WG and C, the characteristics measured at long yearling may result in favorable changes in the BCS. Later, It is recommended the selection of cows for higher BCS and median hip height at maturity with aim to correct the adult size, to improve reproduction and carcass yield guarantee.

Keywords: hip height, bayesian, visual escores, genetic parameters, weight, reproduction

AVALIAÇÃO DO ESCORE DE CONDIÇÃO CORPORAL EM RUMINANTES

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

RESUMO

Estudos recomendam, seja por seleção direta ou indireta, o uso da condição corporal por refletir o estado metabólico do animal, indicando os indivíduos menos susceptíveis a doenças, mais aptos à reprodução e de melhor rendimento de carcaça. Sugere-se que a avaliação rotineira do escore de condição corporal das fêmeas (ECC) contribua para maior rentabilidade do sistema, pois ajuda no controle de potenciais problemas antes que reduzam significativamente a produção. Algumas ideias foram apresentadas para a mensuração do ECC, mas em razão do propósito de criação dos ruminantes e das particularidades fenotípicas dos pequenos ruminantes, as metodologias propostas inicialmente foram aprimoradas.

Palavras-chave: balanço energético, composição corporal, reprodução, saúde

INTRODUÇÃO

A nutrição adequada pode estimular tipos biológicos inferiores ou medianos a alcançar seu potencial genético e até aliviar os efeitos negativos de um ambiente físico severo. Por outro lado, a nutrição desbalanceada não só irá agravar os efeitos nocivos do ambiente, mas também reduzir o desempenho abaixo do potencial genético (AMIN, 2014). Porém, planejar adequadamente o manejo nutricional do rebanho requer o conhecimento das reservas de energia do corpo, que segundo MORRISON et al. (1999), são determinantes no desempenho reprodutivo.

Mensurar as reservas totais de nutrientes no corpo do animal não é uma tarefa fácil (KENYON et al., 2014), como por exemplo, determinar a gordura intra-abdominal. Entretanto, reservas musculares e subcutâneas ao longo da espinha dorsal podem ser avaliadas por meio da condição corporal mensurada por escores ou escore de condição corporal (ECC).

O ECC é característica influenciada por diversos fatores, tais como: raça, sexo, nutrição, idade e estado fisiológico. Há relatos de que o ECC esteja associado ao peso vivo (TENNANT et al., 2002; DRENNAN & BERRY, 2006). TOSHNIWAL et al. (2008) recomendaram a combinação do peso diário com o ECC mensurado em estágios de lactação como medida mais correta do balanço energético, do que somente a mensuração do peso em vacas leiteiras.

Diversas razões classificam o ECC como característica de importância zootécnica. Primeiramente, tem a vantagem de não ser afetado por fatores como tamanho do esqueleto, conteúdo gastrointestinal, peso do feto e maior umidade do velo de lã (ESMAILIZADEH et al., 2009, VAN BURGEL et al., 2011). Em segundo lugar, monitorá-lo até o momento de abate é menos arriscado do que suplementar vacas de descarte pois, segundo ROGERS et al. (2004), a suplementação é dependente de fatores muito variáveis, como a época do ano em que essas fêmeas são vendidas e o custo dos alimentos.

Alguns trabalhos publicados mostraram que é possível obter ganho genético em termos de condição corporal pela seleção para maior peso (SILVEIRA et al., 2015) ou maior composição em peso, bem como seleção para menor altura em idade jovem (JOHNSTON et al 2003). Por outro lado, também têm sido sugerido o uso do ECC como critério de seleção de fêmeas, pois pode ajudar os criadores na busca por animais com potencial genético para resistência a doenças (BUTTCHEREIT et al., 2012; ROCHE et al., 2013), para melhor desempenho reprodutivo (BASTIN & GENGLER, 2013), maior produção de leite, sem que ocorram perdas excessivas de reservas corporais (WOLCOTT et al., 2013) e na melhoria da qualidade da carcaça (LIMA et al., 2004).

Segundo WARD et al. (2013), o ECC tem mais uma vantagem para os pequenos ruminantes: ajudaria a melhorar a eficiência de colheita da lã no sistema chamado de Bioclip. Os animais que apresentaram maior ECC, um mês antes da aplicação de injeção do fator de crescimento epidérmico para a retirada da lã, também tiveram menor peso da lã engordurada e menor enrugamento da pele, o que favoreceu a colheita.

Muitos estudos contemplam a condição corporal de bovinos leiteiros, os quais podem conduzir a diversas interpretações e sugerir diferentes formas de utilização dessa característica. Por exemplo, baixo ECC pode ser

reflexo da desnutrição persistente ou, ao contrário, refletir um animal saudável com mérito genético superior para características ligadas à produção de leite (ROCHE et al., 2006, 2009). Entretanto, em bovinos de corte, inclusive zebuínos, o ECC têm sido pouco utilizado em esquemas de seleção com o intuito de melhoria genética de fêmeas.

O objetivo desta revisão foi acompanhar a evolução dos estudos que investigaram aspectos fisiológicos do ECC e suas relações entre ECC, saúde, sucesso reprodutivo e consumo alimentar dos ruminantes.

Fisiologia do escore de condição corporal (ECC)

Controles nutricionais sobre a reprodução de vacas de corte não são mediados por um único nutriente, metabólito ou hormônio (HESS et al., 2005), mas a condição corporal pode refletir um estado metabólico em equilíbrio para que o animal atinja bom desempenho. FLORES et al. (2008) demonstraram que a reduzida condição corporal de vacas da raça Angus levou a menores concentrações séricas de hormônios tireoidianos e prolactina, fatos que provocaram menores folículos dominantes e maior período em anestro.

O manejo nutricional tem efeito sobre a eficiência produtiva tanto em gado de leite quanto em gado de corte. Vacas em lactação entram em balanço energético negativo (BEN) no período pós-parto, quando as necessidades energéticas para a manutenção e produção de leite ultrapassam o consumo de energia da dieta (PARR et al., 2015). Contudo, o monitoramento do ECC pode evitar o BEN e assim ajudar na determinação de quais vacas precisariam receber maior aporte energético via suplementação.

Do mesmo modo que vacas leiteiras de alta produção, demandas energéticas da lactação em vacas de corte ditam o parcionamento de energia do tecido adiposo para a glândula mamária, o que reflete em perdas de peso e ECC. Essa partição de energia ocorre devido a produção do RNA mensageiro (mRNA) da enzima lipase hormônio sensível, indicador chave do metabolismo. Até o pico de lactação, a produção do mRNA supre as demandas da lactação, mas após esse período a produção cai e sinaliza a repartição de ácidos graxos do úbere em retorno ao tecido adiposo (MURRIETA et al., 2010).

Em estudo recente, ŠAMANC et al. (2015) descreveram que a mobilização de lipídeos corporais é um dos principais determinantes metabólicos em vacas de alta produção e durante o periparto podem atingir faixas patológicas prejudiciais a integridade morfológica e funcional do fígado. Um dos fatores que afetam o nível de mobilização de gorduras é a obesidade ou ECC acima de 4 pontos (escala de 1 a 5 pontos) em vacas no período seco. Maiores perdas de ECC ocorrem entre o período seco e puerpério e podem ser avaliadas pelo nível sérico de ácidos graxos não esterificados (NEFA). Os autores estimaram correlação positiva entre NEFA e o grau de acúmulo de gordura no fígado sendo que a maior correlação ($r = 0,91$) foi observada na segunda semana pós-parto.

Estudo com pequenos ruminantes também apontou relação entre a condição corporal e o metabolismo energético. SAMARDŽIJA et al. (2013) estudaram a condição corporal (escala de 1 a 5 pontos) de cabras em diferentes idades, observando que a concentração sérica total de metabólitos como β -hidróxidobutirato e triglicerídeos não variaram em relação as categorias de ECC durante o periparto, mas os níveis de glicose foram baixos nos animais com ECC médio ($\geq 2,75$ a $< 3,5$) e alto ($\geq 3,5$) ($P < 0,05$). Em relação ao nível de colesterol total, cabras obesas tiveram maior valor observado, sendo que o nível total desse composto teve queda após o parto. O baixo catabolismo do tecido adiposo, indicado pela concentração sérica dos metabólitos, não afetou a fecundidade dos animais. Os resultados dessa pesquisa sugerem que maior ECC pode assegurar bom desempenho reprodutivo em caprinos.

Métodos de avaliação do ECC

Normalmente, retrata-se o escore de condição corporal como uma diretriz numérica, mensurada em diferentes fases do ciclo produtivo, de acordo com a espécie animal e o propósito de criação. Preconiza-se que uma fêmea leiteira seja mais descarnada, comparada a outra para produção de carne. Sugere-se, por esta razão, que uma fêmea leiteira seja avaliada de forma mais criteriosa para que não seja atribuído menor valor para ECC.

SHITTU et al. (2014) confirmaram essa hipótese, demonstrando que o ECC variou significativamente ($P < 0,001$) entre diferentes raças de caprinos e

de ovinos. Cabras tiveram maior porcentagem de animais com pior condição corporal do que ovelhas. Devido à conformação do corpo, segundo esses autores, espera-se que cabras saudáveis situem-se num intervalo de ECC de 2 a 3,5; enquanto que ovelhas podem abranger pontuações mais elevadas de ECC por serem frequentemente manejadas para engorda, seja em sistemas semi-intensivos ou intensivos.

Segundo MACHADO et al. (2008), independente da espécie ruminante ou da escala utilizada para o ECC, as notas são dadas aos animais de acordo com a quantidade de reservas teciduais, especialmente de gordura e de músculos. Essas reservas são frequentemente associadas à pontos anatômicos avaliados (visual ou tátil), tais como: costelas, processos espinhosos e transversos da coluna vertebral, vazio, ponta do osso íleo, base da cauda, osso sacro e vértebras lombares.

JEFFERIES (1961) foi o primeiro pesquisador a descrever um método para mensurar a condição corporal em ovelhas, cuja escala era de 0 a 5 pontos. Posteriormente, RUSSEL et al. (1969) refinaram a metodologia acima, considerando a palpação da região lombar, a fim de avaliar o grau do músculo *longissimus dorsi* e a camada de gordura sobre os processos espinhosos e transversais das vértebras lombares. Essa metodologia atribuiu escala de 1 a 5 pontos e introduziu o conceito de 0,25 e 0,5 unidade. Devido a particularidade fenotípica dos caprinos, SANTUCCI (1984) publicou método que incluiu a palpação da região esternal para a avaliação do ECC nesses animais. Assim, esses métodos foram amplamente adotados em estudos recentes de ovinos e caprinos (ABDEL-MAGEED et al., 2009; FONSECA et al., 2012; COSTELLO et al., 2013; BATTINI et al., 2014; MEMIŠI & STANIŠIĆ, 2014)

Em bovinos de leite, a raça mundialmente predominante é a Holandesa. Grande parte dos trabalhos consideraram metodologias com escala de 0 a 5 pontos (análise visual e tátil) descrita por LOWMAN et al. (1976) na Inglaterra ou escala de 1 a 5 pontos (análise visual) estabelecida por EDMONSON et al. (1989) nos Estados Unidos. Em rebanhos de corte, há uma gama de raças utilizadas, com biotipos distintos e, por isso, encontra-se enorme variação de metodologias descritas na literatura. De forma geral, muitos trabalhos com gado de corte utilizaram as metodologias de LOWMAN et al. (1976) e de

EDMONSON et al. (1989), mas também há relatos com a metodologia de WAGNER et al. (1988) nos EUA, utilizando escala de 1 a 9 pontos.

Alguns estudos vêm demonstrando potenciais aplicações para a condição corporal automatizada, com o objetivo de evitar a subjetividade da pessoa que faz a avaliação do escore de condição corporal. Alguns autores predisseram o ECC com base em imagens digitalizadas de vacas Holandesas, fotografadas na entrada da sala de ordenha, e compararam a análise dessas imagens com medidas de ECC mensuradas por metodologias de LOWMAN et al. (1976) e de EDMONSON et al. (1989).

O método desenvolvido por BEWLEY et al. (2008) extraiu a distância euclidiana e ângulos entre 23 pontos anatômicos classificados como potenciais influências do ECC. Entretanto, ao processar as imagens 2D, os autores observaram que os pontos dos ossos ísquios (próximo a inserção da cauda) eram mais difíceis de identificar. Então, foram utilizados somente 5 pontos significativos ($P < 0,05$) localizados na região dos ossos ílios. Esses autores encontraram forte associação entre o ECC predito e o observado pelos avaliadores.

No trabalho de BERCOVICH et al. (2013) a informação dos mesmos 23 pontos em imagens com duas dimensões foi usada e os resultados foram similares, mesmo utilizando distintas metodologias. Em pesquisa recente, FISCHER et al. (2015) demonstraram que a utilização de superfícies com três dimensões, com a observação de apenas quatro pontos anatômicos, foi promissora para fenotipagem da condição corporal.

Época de medição do ECC

A facilidade e o baixo custo de implementação permitem que o ECC seja monitorado em diferentes fases do ciclo produtivo, mas o período de tempo utilizado deve ser bem avaliado e padronizado de acordo com o objetivo de criação para cada espécie ou raça.

Estudos com gado de leite relacionaram a curva de lactação e a mudança da condição corporal, buscando identificar e tratar as fêmeas em balanço energético negativo, susceptíveis à desordens metabólicas, perdas reprodutivas, com problemas de úbere e casco. Assim, nos trabalhos

envolvendo raças taurinas, o ECC foi coletado principalmente nas épocas do parto, nas pesagens do leite (quinzenalmente ou mensalmente) até o final da lactação (ROCHE et al., 2009; BANOS & COFFEY, 2010; MATTEWS et al., 2012; THORUP et al., 2013; LIM et al., 2015; SHIN et al., 2015).

Em gado de corte, a época de avaliação do ECC visa principalmente criação de estratégias para melhoria reprodutiva. As principais fases de coleta são: no início da estação de monta (LOOPER et al., 2010; BATISTA et al., 2012), à desmama do bezerro ao pé (LAWRENCE et al., 2013) e ao parto (MURIETA et al., 2010; QUINTANS et al., 2010). Alguns trabalhos sugeriram que a medição nesses três períodos é necessária uma vez que a manutenção do ECC adequado antes, durante e depois da estação de monta pode ser crítica para taxa de prenhez, manutenção da gestação e bom desenvolvimento do bezerro (RENQUIST et al., 2006; MORRIS et al., 2006; AYRES et al., 2009; FERNANDES et al., 2015).

SANTOS et al. (2009) acrescentaram que, avaliar o ECC de vacas Nelore no pós parto, em conjunto com o diagnóstico de gestação, é uma prática adequada pois ajuda a identificar vacas muito gordas que serão descartadas por falhas reprodutivas. Além disso, alguns autores (APPLE et al., 1999; LIMA et al., 2004) demonstraram que, quando coletado no momento de abate, o ECC é um bom indicador de rendimento de carcaça e qualidade de carne.

Em pequenos ruminantes, as épocas de coleta do ECC são basicamente as mesmas dos bovinos e o que dita o momento adequado é o propósito de criação. Segundo BATTINI et al. (2014), mensurar o ECC em caprinos é um desafio pois essa espécie têm mais gordura visceral do que subcutânea. Em adição, GALLEGO-CALVO et al. (2014) recomendaram que o ECC em caprinos deve ser avaliado antes da fase adulta, pois a condição corporal é fator determinante da puberdade em caprinos.

ECC e saúde das fêmeas

O ECC também tem sido associado a problemas de saúde em ruminantes. GREEN et al. (2014) e RANDALL et al. (2015) relataram que ECC abaixo de 2 (escala de 0 a 5 pontos) representou maior risco para problemas

de casco. Segundo LIM et al. (2015), o ganho de ECC (grupos de até 3 pontos, escala de 1 a 5) diminuiu a probabilidade (razão de chances de 0,53) de uma vaca ter doença de casco e aumentou a probabilidade (razão de chances de 2,49) de recuperação dessa enfermidade.

Em relação à saúde do trato reprodutivo, vacas da raça Simmental que apresentaram escores extremos (2, 2,5, 4,5 e 5, numa escala de 2 a 5 com intervalos de 0,5) tiveram maiores taxas de endometrite clínica e subclínica, do que vacas com escores intermediários (ZOBEL, 2013). Esse autor sugeriu que o desenvolvimento desta doença é causado por distúrbios metabólicos tanto em vacas muito magras quanto em vacas muito gordas.

KARAGIANNIS et al. (2014) estudaram, por regressão logística, a condição corporal de ovelhas leiteiras da raça Chios em relação à susceptibilidade de desenvolver desordens metabólicas, tais como retenção de membrana fetal e toxemia da gestação. Maior susceptibilidade (razão de chances de 2,16, 1,30, 0,33, respectivamente) foi observada em ovelhas com ECC abaixo de 2,75 pontos e ECC acima de 3,5, em comparação com ovelhas de ECC intermediário.

Durante o período de transição pré e pós-parto, grandes perdas de ECC em vacas gordas estão associadas com o desenvolvimento de cetose. Produtores devem ficar atentos em relação às vacas com ECC de maior pontuação durante o período seco, pois embora essas fêmeas tenham tido maior produção de leite, elas foram mais suscetíveis a cetose. A maior suscetibilidade desses animais pode, posteriormente, aumentar desordens reprodutivas e diminuir o desempenho reprodutivo. Esta informação pode ser útil para o desenvolvimento de estratégias de prevenção e de tratamento dessa doença (SHULZ et al., 2014; SHIN et al., 2015). Em caprinos leiteiros, essa associação também foi encontrada, sendo que cabras gordas apresentaram 14,4% de risco de hipercetonemia, enquanto que as em boas condições corporais apresentaram apenas, 7,8% de risco (DORÉ et al., 2015).

A resistência a doenças e parasitas deve ser tomada como critério de seleção para o melhoramento genético de pequenos ruminantes. Para tal objetivo, é necessário utilizar métodos mais práticos para identificar e selecionar os animais mais resistentes. Segundo YILMAZ et al. (2014), vários métodos podem ser utilizados na determinação da saúde e do estado

nutricional de cabras, incluindo aferição de pesos corporais, do escore de condição corporal, escores da técnica Famacha e exame de metabólitos no sangue. O ECC é um método que parece ser mais promissor para esta finalidade, uma vez que o aumento do ECC refletiu em maior quantidade de metabólitos sanguíneos e diminuiu os escores de Famacha, o que significa que o animal não estava anêmico.

Antes do parto, ovelhas em piores condições corporais tenderam a obter melhor resposta ao tratamento anti-helmíntico do que ovelhas gordas. Assim, o ECC mostrou ser o melhor parâmetro de escolha, sob condições de exploração comercial, para determinar quais animais devem ser deixados sem tratamento, a fim de proporcionar uma fonte de refúgio sem comprometer a produtividade do rebanho (CORNELIUS et al., 2014).

ECC e reprodução

BANOS et al. (2007) investigaram o efeito materno da condição corporal, ou seja, se o ECC mensurado na primeira lactação de vacas holandesas prenhes poderia afetar o desempenho reprodutivo, a produção de leite e o ECC de suas futuras filhas. Segundo esses autores, vacas com ECC elevado (escala de 1 a 9) tiveram filhas com números menores de inseminação por concepção e de não retorno ao cio. Entretanto, maior ECC foi associado com pequeno decréscimo de produção diária de leite das filhas e não afetou o ECC das filhas quando em lactação.

O período entre o nascimento e a puberdade da fêmea é fase improdutiva e, como consequência, os pecuaristas têm interesse em reduzi-lo. Em estudo recente com cabras da raça Blanca Andaluza (GALLEGO-CALVO et al., 2014), o ECC foi fator crucial para promover o início da puberdade, mesmo sem exercer influência sobre taxas ovulatórias. Independentemente do peso adulto, os animais em boa condição corporal foram mais precoces que os demais. Assim, o monitoramento do ECC permite criar plano nutricional rentável, com intuito de acumular precocemente maiores reservas e iniciar o acasalamento mais cedo.

Avaliando cabras alpinas, RIVAS-MUÑOZ et al. (2010) observaram o dobro de animais que entraram em estro e estavam com boa condição

corporal, em relação a fêmeas que entraram em estro e apresentavam baixa condição. Além disso, a boa condição corporal das cabras ($ECC > 2,3$ no acasalamento, escala de 1 a 4 pontos) foi indispensável na resposta ao estímulo do bode, também foi associada com taxa de prenhez três vezes maior ($P < 0,01$) e com elevada taxa de parição ($P < 0,01$). O acasalamento de fêmeas com baixo ECC mostrou taxas de ovulação mais baixas ou perdas embrionárias mais elevadas comparado às fêmeas com boa condição corporal.

Em ovelhas de rabo largo, a fertilidade foi afetada pelo ECC. Ovelhas que apresentaram escore 3 (escala de 0 a 5) foram mais férteis que aquelas com escores acima de 3,5 pontos (ALIYARI et al., 2012; ESMAILIZADEH et al., 2009). Considerando a escala de 1 a 5, o ECC também foi fator crucial para aumentar as taxas de fertilidade em borregas cruzadas (CORNER-THOMAS et al., 2015b). ESMAILIZADEH et al. (2009) relataram que ovelhas mais jovens apresentaram ECC menor e por isso precisariam de planejamento nutricional diferenciado.

Ovelhas da raça Welsh Mountain com ECC abaixo de 3 pontos (escala de 1 a 5) tiveram período de gestação mais longo, possibilitando maior tempo para o desenvolvimento fetal, compensando o efeito da reduzida nutrição fetal (CRIPPS et al., 2008). O ECC acima de 2,5 pontos (escala de 1 a 5) foi associado com número maior de fetos identificados no diagnóstico de gestação (CAVE et al., 2012).

Correlação genética positiva e alta foi relatada entre ECC mensurado na metade da gestação e proporção de cordeiros vivos ao nascer, sugerindo que a seleção de ovelhas com ECC superior, nesse período, produziria proles com genes para maior sobrevivência ao nascimento (EVERETT-HINCKS & CULLEN, 2009). Ovelhas com ECC 3 tiveram maior prolificidade (medida por quilogramas de cordeiros nascidos) do que as das outras classes de ECC. Recomenda-se ECC 3 para melhoria reprodutiva e rentabilidade (ALIYARI et al., 2012). Em caprinos, baixa condição corporal ao acasalamento também diminuiu o número de cabritos ao nascimento (RIVAS-MUÑOZ et al., 2010).

Na revisão de KENYON et al. (2014), o peso ao nascer, o crescimento até a desmama e o peso à desmama do cordeiro foram afetados pela condição corporal da ovelha durante o final da gestação e na lactação. CORNER-THOMAS et al. (2015a) recomendaram manter o ECC acima de 2,5 pontos

desde o final da gestação, para ovelhas Romney Marsh com parto gemelar, visando garantir alto desempenho dos cordeiros na desmama.

ECC e consumo alimentar

ROCHE et al. (2009) descreveram que a fome é considerada um estado fisiológico ligado ao bem-estar, mas que não pode ser medida diretamente no animal. Entretanto, o consumo de alimento é mensurável, então esses autores investigaram a relação entre o ECC e o consumo de matéria seca num rebanho leiteiro e encontraram relação negativa entre essas duas medidas no grupo de vacas que receberam concentrado.

VALLIMONT et al. (2011) mostraram que peso e ECC foram geneticamente correlacionados com a eficiência do consumo de matéria seca (-0,70) e de proteína bruta (-0,64), ou seja, vacas grandes e vacas gordas foram geneticamente mais propensas a menor eficiência do que vacas pequenas e vacas magras. MATTHEWS et al. (2012) também descreveram a mesma relação de consumo de matéria seca e acrescentaram que vacas magras passaram mais tempo pastando e menos tempo em atividades conexas, como tempo deitado, quando comparadas a vacas gordas.

Em estudo com gado de corte, novilhas puras Simental e cruzadas (Simmental e Holandês) foram geneticamente selecionadas com base em diferentes taxas de consumo alimentar residual (CAR) e depois submetidas à avaliação para esta característica. Ao final do período de confinamento, os animais selecionados para alto CAR apresentaram menor ECC ($P < 0,01$) em relação àqueles selecionados para médio e baixo CAR. Entretanto a mudança de condição corporal ao longo do período não diferiu entre os três grupos. Na fase experimental seguinte, quando as novilhas passaram por período de pastejo, novamente, os animais de alto consumo apresentaram menor ECC ($P < 0,05$), porém, no final desse período, os animais de médio CAR apresentaram melhor ECC ($P < 0,05$) em comparação aos dos demais grupos (LAWRENCE et al., 2012).

Pesquisas com pequenos ruminantes também têm revelado a associação da condição corporal com o consumo de alimentos. STOCKMAN et al. (2014) realizaram teste de motivação alimentar em ovinos da raça

Coopworth e relataram que ovelhas com lento declínio de ECC foram mais propensas a consumir o alimento ($P < 0,05$) do que as que mantiveram ECC igual a 3.

MALAFIA et al. (2014) e MEMIŠI & STANIŠIĆ (2014) relataram variação do escore da condição corporal dentro do ciclo lactacional de cabras suplementadas, apresentando gradativamente aumento do escore de condição corporal (ECC) à medida que avançava a lactação. Segundo MALAFIA et al. (2014), nas últimas semanas de lactação, a ingestão de alimentos pelos animais atendeu as necessidades de manutenção, de lactação e, ainda, o balanço positivo resultante da ingestão de matéria seca permitiu aos animais que ganhassem peso.

Em sistemas de pastejo, a determinação da taxa ótima de estocagem é necessária e complexa. Ela inclui fatores como a máxima produção por hectare, estabilidade no crescimento da forragem, cuidado com a saúde dos animais e produtividade. O manejo conjunto, comparado ao manejo em piquetes separados por espécie, melhorou a condição corporal de ovelhas Merino, mas não afetou o ECC de cabras Angorá. Além disso, a lotação de 10 animais/hectare afetou a condição corporal de ambas as espécies, quando o ganho em uma unidade de ECC incrementou 9,4 kg no peso vivo de cabras e 10,5 kg no peso de ovelhas (McGREGOR et al., 2010).

Em estudo conduzido com bovinos da raça Hereford, as vacas foram manejadas em diferentes lotes de desmame, com alta ($504 \pm 2,8$ kg de peso adulto por hectare) ou baixa ($345 \pm 2,2$ kg de peso adulto por hectare) taxa de lotação. O grupo mantido na alta taxa de lotação foi o que perdeu mais peso e ECC (escala de 1 a 8 pontos) ao longo dos 98 dias de experimento, refletindo em maior intervalo de partos ($P = 0,08$) dessas fêmeas (VIÑALES et al., 2013).

CONCLUSÃO

Em ruminantes, a condição corporal indica as reservas de energia do corpo. Independente da metodologia empregada para a mensuração do ECC, escores intermediários refletem o equilíbrio metabólico, garantindo melhor desempenho reprodutivo, maior produção de leite, bom desenvolvimento da prole e boa qualidade de carcaça.

Esse escore é característica fácil de ser mensurada, têm inúmeras vantagens e pode ser considerado em índices de seleção para diferentes objetivos. Ele é considerado de grande importância econômica, por isso sugere-se que seja monitorado em diferentes fases do ciclo produtivo, conforme a necessidade de cada espécie.

REFERÊNCIAS

ABDEL-MAGEED, I. Body Condition Scoring of Local Ossimi Ewes at Mating and its Impact on Fertility and Prolificacy. **Egyptian Journal of Sheep and Goat Science**, v. 4, n. 1, p. 37–44, 2009.

ALIYARY, D. et al. Effect of body condition score, liveweight and age on reproductive performance of Afshari ewes. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 7, n. 9, p. 904-909, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3923/ajava.2012.904.909>>.

AMIN, R U. Nutrition: Its role in reproductive functioning of cattle-a review. **Veterinary Clinical Science**, v. 2, n. 1, p. 01-09, 2014.

APPLE, J. K., et al. Influence of body condition score on carcass characteristics and subprimal yield from cull beef cows. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 2660-2669, 1999.

AYRES, H. et al. Validation of body condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nellore (*Bos indicus*) cows. **Livestock Science**, v. 123, p. 175–179, 2009. Doi:10.1016/j.livsci.2008.11.004

BANOS, G. et al. Prenatal maternal effects on body condition score, female fertility, and milk yield of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 3490–3499, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2006-809>>

BANOS, G.; COFFEY, M. P. Genetic association between body energy measured throughout lactation and fertility in dairy cattle. **Animal**, v. 4, n.2, p. 189–199, 2010. Doi: 10.1017/S1751731109991182

BASTIN, C.; GENGLER, N. Genetics of body condition score as an indicator of dairy cattle fertility. A review. **Biotechnology, Agronomy, Society and Environment.**, v. 17, n. 1, p. 64-75, 2013.

BATISTA, D. S. N et al. Índices reprodutivos do rebanho Nelore da fazenda Nhumirim, Pantanal da Nhecolândia. **Acta Scientiarum**, v. 34, n. 1, p. 71-76, 2012. Doi: 10.4025/actascianimsci.v34i1.12267

BATTINI, M. et al. Invited review: Animal-based indicators for on-farm welfare assessment for dairy goats. **Journal of Dairy Science**. V. 97, n.11, p. 6625–6648, 2014. Disponível em : <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7493>>

BERCOVICH, A. et al. Development of an automatic cow body condition scoring using body shape signature and Fourier descriptors. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 12, p. 8047–8059, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-6568>>

BEWLEY, J. M. et al. Potential for estimation of body condition scores in dairy cattle from digital images. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 9, p. 3439–3453, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2007-0836>>

BUTTCHEREIT, N. et al. Genetic parameters for energy balance, fat/protein ratio, body condition score and disease traits in German Holstein cows. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 129, p. 280-288, 2012. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0388.2011.00976.x>>

CAVE, L. M. et al. Effect of timing of exposure to vasectomised rams and ewe lamb body condition score on the breeding performance of ewe lambs. **Animal Production Science**, v. 52, p. 471–477, 2012.

CORNELIUS, M. P. et al. Body condition score as a selection tool for targeted selective treatment based nematode control strategies in Merino ewes. **Veterinary Parasitology**, v. 206, p. 173–181, 2014. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.10.031>>

CORNER-THOMAS, R. A. et al. Effects of body condition score and nutrition in lactation on twin-bearing ewe and lamb performance to weaning. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.58, n. 2, p. 156-169, 2015a. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1080/00288233.2014.987401>>

CORNER-THOMAS, R. A. et al. Ewe lamb live weight and body condition scores affect reproductive rates in commercial flocks. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 58, n. 1, p. 26-34, 2015b. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1080/00288233.2014.974766>>

COSTELLO, P. M. et al. Lower maternal body condition during pregnancy affects skeletal muscle structure and glut-4 protein levels but not glucose tolerance in mature adult sheep. **Reproductive Sciences**, v. 20, n. 10, p. 1144-1155, 2013. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1177/1933719113477494>>

CRIPPS, R. L. et al. The Effect of maternal body condition score before and during pregnancy on the glucose tolerance of adult sheep offspring. **Reproductive Sciences**, v. 15, n. 5, p. 448-456, 2008. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1177/1933719107312161>>

DORÉ, V. et al. Definition of prepartum hyperketonemia in dairy goats. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n.7, p. 4535–4543, 2015. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-9172>>

DRENNAN, M. J.; BERRY, D. P. Factors affecting body condition score, live weight and reproductive performance in spring-calving suckler cows. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, v. 45, p. 25–38, 2006..

EDMONSON, A. J. et al. Body condition scoring chart of Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 72, p. 68-78, 1989.

ESMAILIZADEH, A. K. et al. Lambing season and fertility of fat-tailed ewes under an extensive production system are associated with liveweight and body condition around mating. **Animal Production Science**, v. 49, p.1086–1092, 2009.

EVERETT-HINCKS, J. M.; CULLEN, N. G. Genetic parameters for ewe rearing performance. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 2753–2758, 2009. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2008-0858> >

FERNANDES, A. F. A. et al. Body condition score of Nellore beef cows: a heritable measure to improve the selection of reproductive and maternal traits. **Animal**, v. 9, n. 8, p. 1278–1284, 2015.

FISCHER, A. et al. Rear shape in 3 dimensions summarized by principal component analysis is a good predictor of body condition score in Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 7, p. 4465–4476, 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8969> >

FLORES R, et al. Endocrine factors and ovarian follicles are influenced by body condition and somatotropin in postpartum beef cows. **Journal of Animal Science**, v. 86, p.1335-1344, 2008.

FONSECA, J. F. et al. Effects of prostaglandin administration 10 days apart on reproductive parameters of cyclic dairy nulliparous goats. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 2, p. 349-358, 2012

GALLEGO-CALVO, L. et al. Body condition score is a critical factor determining the onset of puberty in Blanca Andaluza female goat kids. **Animal Production Science**, v. 59, n.9, p. 1179-1183, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1071/AN14063>>

GREEN, L. E. et al. Temporal associations between low body condition, lameness and milk yield in a UK dairy herd. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 113, p. 63–71, 2014.

HESS, B. W. et al. Moss Nutritional controls of beef cow reproduction. **Journal of Animal Science**, . v. 83 (E. Suppl.): E90–E106, 2005

JEFFERIES, B. C. Body condition scoring and its use in management. **Tasmanian Journal of Agriculture**, v. 32, p. 19–21, 1961.

JOHNSTON D. J. et al. Genetic and phenotypic characterisation of animal, carcass, and meat quality traits from temperate and tropically adapted beef breeds. I. Animal measures. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 54, p.107-118, 2003.

KARAGIANNIS, I. et al. Associations of pre-lambing body condition score and serum β -hydroxybutyric acid and non-esterified fatty acids concentrations with periparturient health of Chios dairy ewes. **Small Ruminant Research** v. 120, p.164–173, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.05.001>>

KENYON, P. R. et al. Review of sheep body condition in relation to production characteristics. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 57, p. 38–64, 2014. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1080/00288233.2013.857698>>

LAWRENCE, P. et al. Grazed grass herbage intake and performance of beef heifers with predetermined phenotypic residual feed intake classification. **Animal**, v.6, n. 10, p. p. 1648–1661. 2012. Doi:10.1017/S1751731112000559

LAWRENCE, P. et al. Intake of conserved and grazed grass and performance traits in beef suckler cows differing in phenotypic residual feed intake. **Livestock Science** v. 152, p. 154–166. 2013. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2012.12.024>>

LIM, P. Y. et al. Unravelling the temporal association between lameness and body condition score in dairy cattle using a multistate modelling approach. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 118, p. 370–377, 2015. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.12.015>>

LIMA, I. A. et al. Condição corporal e características de carcaça de vacas de descarte na região de Lavras - MG. **Ciência Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 637-646, 2004.

Looper, M. L. et al. Effects of body condition on measures of intramuscular and rump fat, endocrine factors, and calving rate of beef cows grazing common bermudagrass or endophyte-infected tall fescue. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 4133–4141, 2010. Doi:10.2527/jas.2010-3192

LOWMAN, B. G. et al. Condition scoring of cattle. East of Scotland College of Agriculture, Bulletin, v. 6, p. 1-31, 1976.

MACHADO, R. et al. Escore da condição corporal e sua aplicação no manejo reprodutivo de ruminantes. Technical circular 57th, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, Brazil, 2008.

MALAFIA, P. et al. Produção e composição do leite e escore corporal de cabras lactantes submetidas à suplementação mineral comercial e seletiva. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 119-122, 2014.

MATTHEWS, L. R. et al. Associations among dairy cow body condition and welfare-associated behavioral traits. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 2595–2601, 2012. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-4889>>

McGREGOR, B. A. Influence of stocking rate and mixed grazing of Angora goats and Merino sheep on animal and pasture production in southern Australia. 2. Liveweight, body condition score, carcass yield and mortality. **Animal Production Science**, v. 50, p. 149-157, 2010.

MEMIŠI, N.; STANIŠIĆ, N. Influence of different growing conditions on production, milk composition and body condition score for Alpina goat breed.

Biotechnology in Animal Husbandry, v. 30, n. 4, p. 635-646, 2014.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2298/BAH1404635M>

MORRIS, S. T. et al. The effect of individual liveweight and condition of beef cows on their reproductive performance and birth and weaning weights of calves. **New Zealand Veterinary Journal**, v. 54, n. 2, p. 96-100, 2006.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/00480169.2006.36619>

MORRISON, D.G. et al. Influence of prepartum body condition score change on reproduction in multiparous beef cows calving in moderate body condition. **Journal of Animal Science**, v.77, p. 1048-1054, 1999.

MURRIETA, C. M. et al. Body condition score and day of lactation regulate fatty acid metabolism in milk somatic cells and adipose tissue of beef cows. **Livestock Science**, v.131 , p.65–72, 2010. Doi:10.1016/j.livsci.2010.02.028

PARR, M.H. et al. The concurrent and carry over effects of long term changes in energy intake before insemination on pregnancy per artificial insemination in heifers. **Animal Reproduction Science** v. 157, p. 87-94, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2015.03.019>

QUINTANS, G. et al. Effect of body condition and suckling restriction with and without presence of the calf on cow and calf performance. **Animal Production Science**, v. 50, p. 931–938, 2010. Doi:10.1071/AN10021

RANDALL, L. V. et al. Low body condition predisposes cattle to lameness: An 8-year study of one dairy herd. **Journal of Dairy Science**, v.98 p. 1–12, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8863>

RENQUIST, B. J. et al. **Livestock Science**, v.104, p. 147–155, 2006. Doi:10.1016/j.livsci.2006.04.004

RIVAS-MUÑOZ, R. et al.. Effect of body condition score of does and use of bucks subjected to added artificial light on estrus response of Alpine goats. **Tropical Animal Health Production**, v. 42, p. 1285–1289, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11250-010-9563-9>

ROCHE, J. R. et al. Holstein-Friesian strain and feed effects on milk production, body weight, and body condition score profiles in grazing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 3532–3543, 2006.

ROCHE, J. R. et al. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health and welfare. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 5769–5801, 2009.

ROCHE, J. R. et al. Calving body condition score affects indicators of health in grazing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 5811–5825, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-6600>

ROGERS, C. A. et al. On-farm management decisions to improve beef quality of market dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 87, p. 1558–1564, 2004.

RUSSEL, A. J. F. et al. Subjective assessment of body fat in live sheep. **The Journal of Agricultural Science**, v. 72, p. 451–454, 1969. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1017/S0021859600024874>>

ŠAMANC, H. et al. Body condition score loss, hepatic lipidosis and selected blood metabolites in Holstein cows during transition period. **Animal Science Papers and Reports**, v. 33 n. 1, p. 35-47, 2015.

SAMARDŽIJA, M. et al. Association of parity, fecundity and body condition score with blood serum concentration of some metabolites during pre and post parturient period in German Improved Fawn goats. **Veterinarski arhiv**, v. 83, n. 5, p. 469-477, 2013.

SANTOS, S. A. et al. Condição corporal, variação de peso e desempenho reprodutivo de vacas de cria em pastagem nativa no Pantanal Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, n.2, p.354-360, 2009

SCHULZ, K. et al. Effects of prepartal body condition score and peripartal energy supply of dairy cows on postpartal lipolysis, energy balance and ketogenesis: an animal model to investigate subclinical ketosis. **Journal of Dairy Research**, v. 81, p. 257–266, 2014. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1017/S0022029914000107>>

SHIN, E-K. et al. Relationships among ketosis, serum metabolites, body condition, and reproductive outcomes in dairy cows. **Theriogenology**, v. 84, n. 2 p. 252-260, 2015. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.03.014>>

SHITTU, A. et al. Classification of slaughtered animals and estimation of body condition scores during rainy season in Sokoto abattoir. **Sokoto Journal of Veterinary Sciences**, v. 12, p. 31-40, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4314/sokjvs.v12i2.6>>

SILVEIRA D. D. et al.. Body condition score of Nelore cows and its relation with mature size and gestation length. **Livestock Science**, v.175, p. 10–17, 2015.

STOCKMAN, C. A. et al. Qualitative behavioral assessment of the motivation for feed in sheep in response to altered body condition score. **Animal Production Science**, v. 54, p. 922–929, 2014. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1071/AN13020>>

TENNANT, C. J. et al. Weight necessary to change body condition scores in Angus cows. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 2031-2035, 2002.

THORUP, V. M. et al. Energy balance of individual cows can be estimated in real-time on farm using frequent liveweight measures even in the absence of body condition score. **Animal**, p. 1-9, 2013. Doi:10.1017/S1751731113001237

TOSHNIWAL, J. K. et al. Herdabilidade of electronically recorded daily body weight and correlations with yield, dry matter intake, and body condition score. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 3201-3210, 2008. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2007-0627>>

YILMAZ, M. et al. Effect of body condition score on some blood parameters for anemia level in goats. **Veterinarija Ir Zootechnika**, v. 67, n. 89, p. 41-46, 2014.

VALLIMONT, J. E. et al. Short communication: **Heritability** of gross feed efficiency and associations with yield, intake, residual intake, body weight, and body condition score in 11 commercial Pennsylvania tie stalls. **Journal of Dairy Science**, v. 94, p. 2108-2113, 2011. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2010-3888>>

VAN BURGEL, A. J. et al. The merit of condition score and fat score as alternatives to liveweight for managing the nutrition of ewes. **Animal Production Science**, v. 51, p. 834–841, 2011.

VIÑOLES, C. et al.. Effect of creep feeding and stocking rate on the productivity of beef cattle grazing grasslands. **New Zeland Journal of Agricultural Research**, v.56, p.279-287, 2013.

WAGNER, J. J. et al. Carcass composition in mature Hereford cows: estimation and effect on daily metabolizable energy requirement during winter. **Journal of Animal Science**, v. 66, p. 603-612, 1988.

WARD, C. et al. Effect of nutrition, body condition and liveweight change on efficacy of biological wool harvesting with epidermal growth factor (Bioclip). **Animal Production Science**, v. 53, p. 487–494, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1071/AN12143>>

WOLCOTT, M. L. et al. The genetics of cow growth and body composition at first calving in two tropical beef genotypes. **Animal Production Science**, v. 54, p. 37–49, 2014. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1071/AN12427>>

ZOBEL, R. Endometritis in Simmental cows: incidence, causes, and therapy options. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 37, p. 134-140, 2013. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.3906/vet-1105-2>>

CAPÍTULO 2 - Desempenho ao sobreano como indicador da condição corporal de vacas Nelore

RESUMO O escore de condição corporal (ECC) está relacionado com aspectos reprodutivos e habilidade materna da fêmea, mas é medido tardiamente e não têm padronização de coleta. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a possibilidade de utilizar o desempenho ao sobreano como indicador da condição corporal de vacas Nelore. Cada vaca teve somente um registro de ECC, avaliado durante o diagnóstico de gestação ou ao desmame de um bezerro. No modelo estatístico de ECC considerou-se os seguintes efeitos sistemáticos: grupo de contemporâneas (GC), ordem de parto, idade ao primeiro parto, peso adulto (excluído na análise com peso ao sobreano) e peso do bezerro à desmama. Foram incluídos no modelo de peso ao sobreano (PS) os efeitos de GC e idade ao sobreano (efeitos linear e quadrático). Nos modelos dos escores visuais de conformação (C), precocidade (P), musculosidade (M) e ganho de peso do desmame ao sobreano (GS), considerou-se: efeitos de GC, idade ao sobreano (efeitos linear e quadrático) e idade da vaca ao parto (efeitos linear e quadrático). No modelo de altura de garupa ao sobreano (AGS) incluiu os efeitos de GC, idade ao sobreano (efeitos linear e quadrático) e idade da vaca ao parto (efeito linear). Por inferência bayesiana, modelos animal limiar-limiar (ECC com escores visuais) e limiar-linear (ECC com peso, ganho de peso e altura) foram ajustados, usando-se *priors* não informativas. As estimativas de herdabilidade para ECC variaram de 0,22 ($\pm 0,07$, ECC e PS) a 0,34 ($\pm 0,10$, ECC e P, ECC e M). As estimativas de herdabilidade para as características ao sobreano variaram de 0,24 ($\pm 0,06$, GS) a 0,50 ($\pm 0,10$, C e M). As estimativas de correlações genéticas foram positivas entre ECC e M (0,81, $\pm 0,10$), ECC e P (0,74, $\pm 0,11$), ECC e PS (0,35, $\pm 0,10$), ECC e GS (0,20, $\pm 0,18$), ECC e C (0,14, $\pm 0,17$). Estimou-se correlação genética negativa entre ECC e AGS (-0,41, $\pm 0,16$). Não foi encontrada correlação ambiental entre ECC e GS (-0,06, $\pm 0,08$), ECC e AGS (-0,09, $\pm 0,07$); enquanto que entre ECC e C (-0,17, $\pm 0,12$), ECC e P (-0,19, $\pm 0,14$), ECC e M (-0,28, $\pm 0,14$) as estimativas foram de pequena magnitude. Diante dos resultados, os escores de precocidade e musculosidade, bem como altura de garupa e peso ao sobreano poderiam ser utilizados como indicadores

da condição corporal na fase adulta, com intuito de evitar futuras perdas reprodutivas.

Palavras-chave: composição corporal, crescimento, gado de corte, inferência bayesiana, parâmetros genéticos

Introdução

Características de composição corporal e tamanho estão diretamente ligadas à condição corporal de fêmeas. Entretanto, Baker et al. (1989) relataram que diferentes raças apresentam distintos padrões ótimos de condição corporal e salientaram que o uso do escore de condição corporal (ECC) pode requerer ajustes para cada raça. Este escore pode ser entendido como característica de importância econômica, pois está relacionado com aspectos reprodutivos (DeRouen et al., 1994) e com habilidade materna (Bohnert et al., 2013; Stehulová et al., 2013).

Além disso, essa medida foi comparada à utilização da ultrassonografia e os resultados obtidos sugeriram o uso do ECC como indicador de reserva de tecido adiposo (Ayres et al., 2009; Costa et al., 2009). Porém, mesmo que a coleta do ECC seja simples, rápida e frequente no manejo das fazendas, não apresenta padronização e nem sempre é registrada. Por ser mensurado no animal adulto, o ECC é individual e não em relação ao grupo de contemporâneos. Além do mais, dependendo do animal observado anteriormente pelo avaliador, a pontuação atribuída para o ECC do próximo animal avaliado poderá ser abaixo ou acima do valor verdadeiro.

Características como os escores visuais também representam a composição do peso corporal, são medidas de fácil observação e rotineiramente registrados nas fases de desmame e sobreano. Segundo Queiroz et al. (2009), o escore de conformação (C) procura predizer o quanto o animal produziria em carne, o de precocidade (P) dita o grau de acabamento mínimo com peso vivo não elevado e o de musculosidade (M) avalia a presença de massas musculares em alguns pontos do animal. Faria et al. (2010) e Regatieri et al. (2011) reportaram estimativas moderadas de herdabilidade para os escores corporais e, por apresentarem resposta à seleção, são amplamente utilizados nos programas de seleção de bovinos Nelore.

As estimativas publicadas na literatura evidenciam que a altura de garupa (AG) tem herdabilidade mais alta (Silva et al., 2003; Yokoo et al., 2007) que os escores visuais (Koury Filho et al., 2009; Shiotsuki et al., 2009) e o ECC (Fernandes et al., 2015) na raça Nelore. AG é uma característica de

crescimento, mensurada em diferentes idades e menos suscetível a variações de meio ambiente do que o peso; sendo economicamente importante, dado a alta correlação com o peso em diferentes idades e com o ganho de peso até a desmama (Bennett e Gregory et al., 2001).

A resposta à seleção para incrementar o crescimento poderia resultar em vacas mais altas e pesadas, com maiores requerimentos nutricionais, e em ambientes com restrição de alimentos, surgiriam indivíduos com pior condição corporal (Arango et al., 2004), o que levaria a comprometimento no desempenho reprodutivo e na habilidade materna. Assim, para estabelecer estratégias de seleção, com intuito de evitar perda de condição corporal em vacas Nelore, o objetivo desse estudo foi verificar a possibilidade de utilizar o desempenho ao sobreano como indicador da condição corporal de vacas Nelore.

Material e Métodos

Animais

Os registros foram cedidos pela Gensys Consultores Associados Ltda e provenientes de rebanhos de bovinos da raça Nelore pertencentes ao programa de melhoramento de gado de corte denominado DeltaGen. As fêmeas nasceram entre 1984 e 2009, sendo que todas as vacas foram mantidas em sistemas de pastagens tropicais, recebendo mistura mineral.

Neste sistema, os acasalamentos ocorreram na estação chuvosa, geralmente entre os meses de novembro e janeiro. Foram utilizados reprodutores múltiplos ou a inseminação artificial. As vacas que não conceberam durante uma temporada de acasalamento foram descartadas, mas seus registros até o momento de descarte foram utilizados nesse estudo. O desmame dos bezerros ocorreu por volta dos sete meses de idade, durante o início da estação seca.

Arquivo de dados e características estudadas

Dois arquivos de dados de animais Nelore foram utilizados. O primeiro contemplou fêmeas com 9.660 registros de escore de condição corporal (ECC) e 8.688 registros de peso ao sobreano (PS). O segundo continha 15.482 informações de ECC de fêmeas na fase adulta, 21.338 registros de escores visuais de conformação (C), precocidade (P) e musculosidade (M) ao sobreano, altura de garupa ao sobreano (AGS) e ganho de peso do desmame ao sobreano (GS). Nos dois arquivos, apenas uma medida de ECC foi atribuída por vaca, durante a coleta de peso e altura de garupa à maturidade (no diagnóstico de gestação) ou no período do desmame de um bezerro. Na interpretação das classes de ECC (Figura 1), o menor escore se refere a animal muito magro, e o maior ao animal obeso. Porém, o ECC recomendado, ou de melhor desempenho, é o intermediário ou ECC 3 (Fernandes et al., 2015).

Cinco categorias fenotípicas foram consideradas para a atribuição dos escores visuais ao sobreano (Queiroz et al., 2011); nas quais o escore 1 representa o animal com pior desempenho, e o escore cinco o animal de melhor performance (Figura 2).

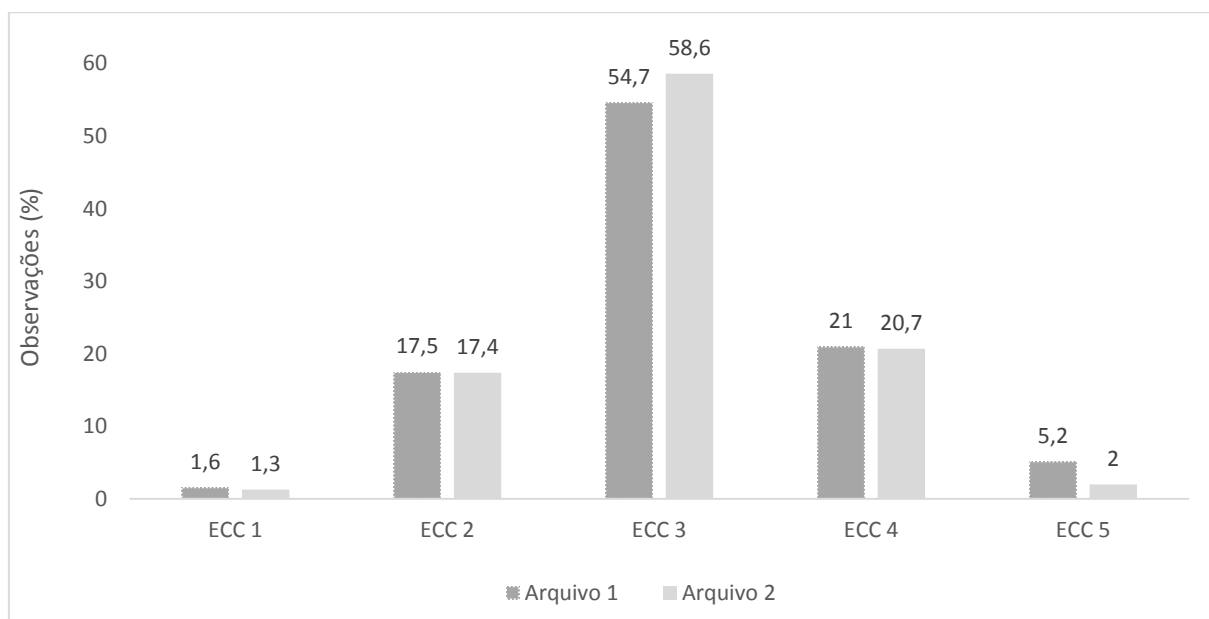


Figura 1. Distribuição do escore de condição corporal (ECC) de vacas nos dois arquivos de dados analisados.

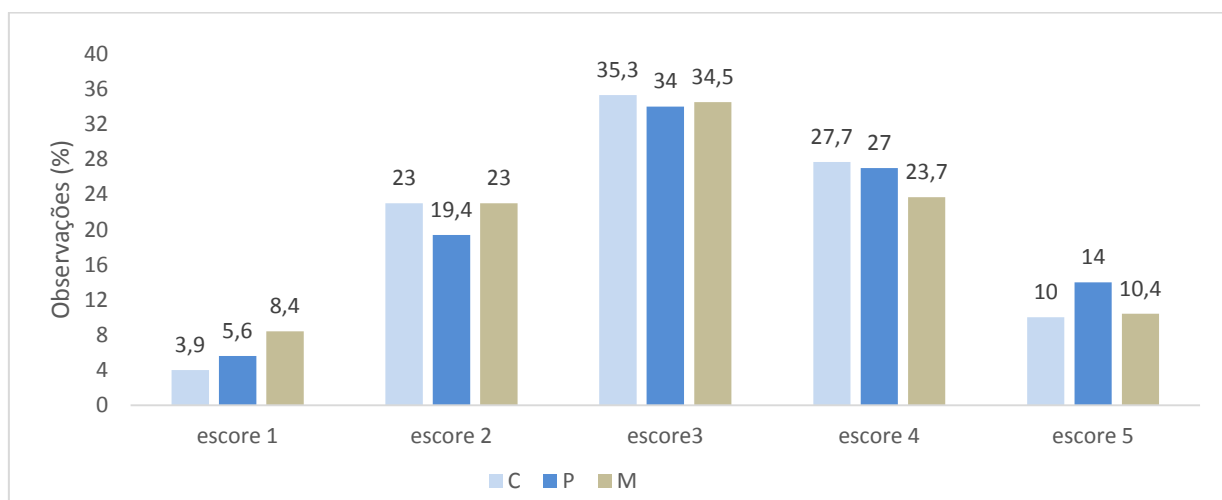


Figura 2. Distribuição dos escores visuais de conformação (C), precocidade (P) e musculosidade (M) de fêmeas ao sobreano.

Análise estatística

Edição de dados

A edição dos dados identificou informações discrepantes para cada característica, definidas como registros com valor absoluto superior ou inferior a 3,5 desvios-padrão da média geral. No segundo arquivo, aproximadamente

vinte por cento das novilhas avaliadas ao sobreano tiveram ECC registrado na fase adulta. Assim, foram considerados nas análises apenas dados desses vinte por cento de fêmeas. Além disso, para compor a matriz de parentesco, indivíduos que não tiveram pelo menos um ancestral conhecido foram excluídos do arquivo de dados e de *pedigree*. Assim, após a consistência dos dados, os arquivos de *pedigree* foram compostos por 12.820 animais (banco de dados 1) e 8.918 animais (banco de dados 2); e os arquivos de dados consideraram 6.845 registros de PS e ECC (banco de dados 1), e 4.106 registros de desempenho ao sobreano e ECC (banco de dados 2). A média e desvio padrão para PS, GS e AGS e idade ao sobreano foi de 245 ± 26 kg, $0,28 \pm 0,06$ kg, $130 \pm 4,6$ cm e 16 ± 2 meses, respectivamente

Grupos de contemporâneas

Quatro definições de grupos de contemporâneas (GC) foram formados (Tabela 1), sendo excluídos dos arquivos de dados os grupos sem variabilidade para ECC e para os escores visuais ao sobreano, bem como GC formados por um único touro, com menos de três progênies por touro e menos de seis animais. O GC 1 foi estabelecido para a análise do ECC; concatenando-se informações de rebanho, safra, sexo do bezerro e grupo de manejo do nascimento a desmama do bezerro. O GC 2 foi utilizado para analisar PS e foi formado com informações de rebanho, estação de nascimento e grupo de manejo do desmame ao sobreano da novilha. O GC 3 foi formado para as análises do ganho de peso da desmama ao sobreano (GS) e da altura de garupa ao sobreano (AGS), concatenando-se: rebanho e estação de nascimento, grupo de manejo do nascimento a desmama, fazenda de desmama, grupo de manejo da desmama ao sobreano da novilha. O GC 4 foi usado nas análises dos escores visuais das novilhas ao sobreano, e foi formado pelas mesmas variáveis do GC 3, excluindo-se grupo de manejo do nascimento a desmama.

Tabela 1. Descrição do conjunto de dados para escore de condição corporal (ECC), peso ao sobreano (PS), ganho de peso do desmame ao sobreano (GS), escores visuais de conformação (C), precocidade (P) e musculosidade (M) ao sobreano e altura de garupa (AGS) ao sobreano.

Item	ECC (1-5 pontos) arquivo 1	ECC (1-5 pontos) arquivo 2	PS (kg)	GS (kg) e AGS (cm)	C, P e M (1-5 pontos)
Nº de GC	102	318	384	366	107
Animais/GC	59	50	19	50	187
Touros/GC	33	11	9	9	18
Progenies/Touro	18	54	18	66	72

Obs: valores após a edição dos dados e conectabilidade dos grupos de contemporâneos

Definição de modelos

Todos os efeitos sistemáticos e covariáveis incluídos nos modelos de análises foram definidos usando-se o procedimento GLM do programa SAS 9.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), para identificar importantes fontes ambientais de variação das características sobre investigação, sendo o nível de significância estabelecido em $P < 0,05$.

Assim, para ECC foram considerados os seguintes efeitos sistemáticos: GC, ordem de parto, peso adulto (excluído na análise ECC com peso ao sobreano), idade ao primeiro parto e peso do bezerro ao pé no momento da desmama, sendo os três últimos covariáveis. Para peso ao sobreano (Análise 1) considerou-se os efeitos de GC e idade ao sobreano (efeitos linear e quadrático). Para ganho de peso do desmame ao sobreano e para os escores visuais ao sobreano (Análises 2, 3, 4 e 5 para GS, C, P e M, respectivamente), os efeitos incluídos nos modelos foram: GC, a idade ao sobreano (efeitos linear e quadrático) e idade da vaca ao parto (efeitos linear e quadrático), considerando as idades como covariáveis. Para AGS (Análise 6) considerou-se os efeitos de GC, idade ao sobreano (efeitos linear e quadrático) e idade da vaca ao parto (efeitos linear), também considerando as idades como covariáveis.

Em todas as análises, somente o efeito genético aditivo direto e residual foram incluídos como efeitos aleatórios. O modelo geral (bi-característica, modelo animal linear-limiar ou limiar-limiar) foi:

$$Y = X\beta + Z\alpha + \varepsilon$$

em que, Y é o vetor de observações, β é o vetor de efeitos fixos e covariáveis, α é o vetor dos efeitos genéticos aditivos diretos e ε é o vetor dos efeitos residuais aleatórios; X e Z são as matrizes de incidência que relacionam as observações aos efeitos fixos e ao efeito genético aditivo direto, respectivamente.

Para as análises bi-características, assumiu-se que as distribuições dos efeitos aleatórios seguiram distribuição normal multivariada. Para as características categóricas, a observação i , a probabilidade condicional que y_i (ECC, C, P e M) cai na categoria j ($j = 1 - 5$) é dada por $\Pr(y_i = j | Y_i) = \Pr(t_{j-1} < Y_i < t_j)$, em que t_j são os limiares que definem cinco categorias de resposta. Para identificação dos parâmetros, os dois primeiros limiares foram fixados em 0 e 1, respectivamente (Van Tassell et al., 1998). Distribuições *a priori* não informativas foram assumidas para ambos os efeitos fixos e limiares.

Para todas as análises, o modelo animal foi aplicado, usando-se o programa THRGIBBSF90 (Misztal, 2002), o qual permite avaliação de características contínuas e categóricas, simultaneamente. Primeiramente, análises uni-características foram realizadas para todas as características e os componentes de variância obtidos foram usados como valores iniciais para as análises bi-características.

Para as análises de ECC com PS, de ECC com AGS e de ECC com GS, foram geradas cadeias de um milhão de ciclos, período de descarte de 300000 ciclos e amostras armazenadas a cada 100 ciclos. Para análises de ECC com os escores visuais foram necessárias cadeias maiores, considerando 1200000 ciclos, período de descarte de 400000 ciclos e amostras armazenadas a cada 100 ciclos. A convergência das cadeias geradas pela amostragem de Gibbs foi monitorada utilizando o pacote coda (Plummer et al., 2011) no programa R, v.3.2 (R Development Core Team, 2015).

Resultados

Em todas as análises de ECC (Tabela 2) observou-se elevado tamanho efetivo da amostra para os parâmetros estimados, indicando que o tamanho da cadeia de Gibbs foi suficiente para a convergência das análises. Além disso, foram encontrados menores intervalos de maior densidade *a posteriori* (HPD 95%) nas estimativas dos parâmetros do primeiro arquivo (Análise 1). Com relação as estimativas de herdabilidade do ECC, no arquivo 1 a estimativa foi menor (0,22) que os valores observados nas estimativas do arquivo 2 (0,32 a 0,34).

Tabela 2. Estimativas *a posteriori* dos componentes de variância e herdabilidade para o escore de condição corporal (ECC), peso ao sobreano (PS), ganho de peso da desmama ao sobreano (GS), escores visuais de conformação (C), precocidade (P), musculosidade (M) e altura de garupa (AGS) ao sobreano de fêmeas Nelore, obtidas de análises bi-características.

		Média (DP)	HPD 95%	N _{ES}
Característica		Análise 1		
ECC	σ^2_a	0,01 (0,002)	0,0075 a 0,0174	821
	σ^2_e	0,04 (0,028)	0,0178 a 0,1020	3431
	h^2	0,22 (0,070)	0,0945 a 0,3634	2597
PS	σ^2_a	98,6 (14,31)	72,570 a 128,00	1049
	σ^2_e	237 (12,41)	211,00 a 259,70	1151
	h^2	0,29 (0,039)	0,2171 a 0,3715	1060
		Análise 2		
ECC	σ^2_a	0,02 (0,007)	0,0109 a 0,0375	513
	σ^2_e	0,05 (0,003)	0,0131 a 0,1151	2647
	h^2	0,33 (0,101)	0,1450 a 0,5334	1455
GS	σ^2_a	0,005 (0,0001)	0,0002 a 0,0007	468
	σ^2_e	0,001 (0,0001)	0,0013 a 0,0019	508
	h^2	0,24 (0,060)	0,1297 a 0,3660	464
		Análise 3		
ECC	σ^2_a	0,02 (0,007)	0,0094 a 0,0369	533

C	σ^2_e	0,05 (0,033)	0,0148 a 0,1169	1565
	h^2	0,33 (0,100)	0,1339 a 0,5124	1300
	σ^2_a	0,11 (0,043)	0,0546 a 0,1989	2025
	σ^2_e	0,13 (0,138)	0,0290 a 0,3720	4000
	h^2	0,50 (0,114)	0,2530 a 0,6928	2446
Análise 4				
ECC	σ^2_a	0,03 (0,020)	0,0137 a 0,0724	415
	σ^2_e	0,08 (0,063)	0,0199 a 0,2089	1235
	h^2	0,34 (0,110)	0,1214 a 0,5403	1298
P	σ^2_a	0,18 (0,090)	0,0856 a 0,3444	2148
	σ^2_e	0,24 (0,315)	0,0448 a 0,6465	4000
	h^2	0,49 (0,120)	0,2515 a 0,7114	1882
Análise 5				
ECC	σ^2_a	0,03 (0,013)	0,0117 a 0,0567	334
	σ^2_e	0,06 (0,046)	0,0181 a 0,1587	1429
	h^2	0,34 (0,105)	0,1347 a 0,5418	905
M	σ^2_a	0,18 (0,063)	0,0874 a 0,2969	1372
	σ^2_e	0,19 (0,137)	0,0576 a 0,4406	4146
	h^2	0,50 (0,107)	0,2874 a 0,7042	1281
Análise 6				
ECC	σ^2_a	0,01 (0,003)	0,0066 a 0,0205	477
	σ^2_e	0,02 (0,015)	0,0114 a 0,0575	3275
	h^2	0,32 (0,095)	0,1424 a 0,5040	910
AGS	σ^2_a	3,38 (0,712)	1,9510 a 4,7590	754
	σ^2_e	7,09 (0,658)	5,8010 a 8,3650	845
	h^2	0,32 (0,065)	0,1987 a 0,4549	771

σ^2_a = variância genética aditiva direta; σ^2_e = variância residual; h^2 = herdabilidade; Média (DP) = Média (desvio padrão); HPD (95%) = maior densidade a *posteriori* (menor e maior limite para intervalo de 95%); N_{ES} = tamanho efetivo da amostra.

Também houve evidências de convergência em todas as análises das características mensuradas ao sobreano, onde o tamanho efetivo das amostras efetivas foi suficientemente grande para estimar os parâmetros relacionados à distribuição marginal posterior com boa precisão. Com relação aos intervalos

de maior densidade *a posteriori* (HPD 95%), nas análises de ganho de peso (GS) e altura de garupa (AGS) ao sobreano foram observados menores intervalos dos parâmetros, sugerindo maior confiabilidade nessas estimativas. Sobre os valores de herdabilidade estimados (Tabela 2), os mais baixos foram observados para GS (0,24), PS (0,29) e AGS (0,33), e os mais altos para os escores visuais (0,49 para P e 0,50 para C e M).

A única correlação negativa encontrada foi entre ECC e AGS (-0,41). Dentre as correlações genéticas positivas, a maior foi observada entre ECC e M (0,81) e a menor foi entre ECC e C (0,14). Foi observado alto desvio padrão das estimativas de correlação genética entre ECC e GS ($\pm 0,18$) e entre ECC e C ($\pm 0,17$). As estimativas das correlações ambientais variaram de -0,28 (ECC e M) a 0,11 (ECC com PS), sendo entre ECC e C ($\pm 0,12$) e ECC e P ($\pm 0,14$) as estimativas com maior desvio.

Tabela 3. Estimativas de correlações genéticas (r_a) e ambientais (r_e) entre escore de condição corporal (ECC) e medidas ao sobreano como peso (PS), ganho de peso do desmame ao sobreano (GS), escores visuais de conformação (C), precocidade (P), musculosidade (M) e altura de garupa (AGS) de fêmeas Nelore.

	Correlação	Média(DP)	HPD 95%	N _{ES}
ECC				
PS	r_a	0,35 (0,10)	0,15 a 0,56	798
	r_e	0,11 (0,03)	0,03 a 0,18	1237
GS	r_a	0,20 (0,18)	-0,16 a 0,54	446
	r_e	-0,06 (0,08)	-0,23 a 0,09	767
C	r_a	0,14 (0,17)	-0,21 a 0,48	591
	r_e	-0,17 (0,12)	-0,45 a 0,04	825
P	r_a	0,74 (0,11)	0,51 a 0,93	303
	r_e	-0,19 (0,14)	-0,47 a 0,07	1179
M	r_a	0,81 (0,10)	0,62 a 0,97	162
	r_e	-0,28 (0,14)	0,57 a -0,01	639
AGS	r_a	-0,41 (0,16)	-0,72 a -0,09	346
	r_e	-0,09 (0,07)	-0,25 a 0,04	566

Média (DP) = Média (desvio padrão); HPD (95%) = maior densidade a *posteriori* (menor e maior limite para intervalo de 95%); N_{ES} = tamanho efetivo da amostra

Discussão

Nesse estudo, os resultados indicaram variabilidade genética para ECC, onde a estimativa de herdabilidade obtida na análise do arquivo 1 diferiu (0,22) das estimativas obtidas nas análises do arquivo 2 (0,32 a 0,34). Essa diferença pode ser atribuída ao fato de que o modelo de ECC para a análise 1 (ECC com PS) não considerou o peso adulto como covariável. Além do mais, no primeiro arquivo houve maior número de registros para ECC, maior porcentagem de vacas com escore 5 (Figura 1) e de vacas mais velhas (até 8 partos no arquivo 1 e até 5 partos no arquivo 2).

A estimativa de herdabilidade para peso ao sobreano (0,29) neste estudo foi menor do que a encontrada por Gordo et al. (2012), que também trabalharam com animais da raça Nelore e relataram valor de 0,37, empregando a mesma metodologia. A diferença nos resultados pode ser atribuída ao banco de dados com registros exclusivos de fêmeas no presente estudo. Em animais da raça Brahman, Bertipaglia et al. (2012) observaram estimativa ainda maior (0,48). Esses resultados sugerem que a seleção direta para esta característica poderia trazer progresso genético.

A correlação genética entre ECC e PS (0,35) encontrada neste estudo indicou que a condição corporal da vaca seria aumentada como resultado de seleção para maior peso nessa idade. Este resultado está em acordo com o de Monteiro et al. (2013), que estudaram novilhas Nelore à puberdade usando análise de regressão e estimativas de correlações brutas, e relataram que o grupo selecionado para maior peso ao sobreano apresentou melhor condição corporal.

Em relação ao ganho de peso diário do desmame ao sobreano (GS), foi observada estimativa de herdabilidade de 0,24, resultado dentro do intervalo de 0,21 a 0,26 relatado na literatura (Pereira et al., 2001; Eler et al., 2014), para a raça Nelore. Entretanto, utilizando a mesma raça, Santana Jr. et al. (2012) encontraram herdabilidade menor para GS (0,15). Parte das diferenças podem

ser devido aos diferentes sistemas de manejo e seleção do rebanho, número de animais e distintos modelos de análises empregados em cada trabalho.

Segundo Boligon et al., (2010), a seleção de fêmeas para maior ganho de peso do desmame ao sobreano pode resultar em incremento no peso adulto das vacas. Entretanto, em virtude da correlação genética de 0,20 entre ECC e GS revelada no presente estudo, quando aplicada a seleção com base no maior GS, a condição corporal seria pouco melhorada.

As estimativas de parâmetros genéticos para escores visuais estão acima dos valores reportados na literatura, considerando a mesma raça. Assim, utilizando modelos de limiar, os valores de herdabilidade relatados variaram de 0,24 a 0,43 para conformação, de 0,31 a 0,40 para precocidade e de 0,32 a 0,40 para musculosidade (Boligon et al., 2011; Faria et al., 2010; Boligon et al., 2012; Boligon et al., 2013a). Segundo Conroy et al. (2010), parte dessas diferenças podem ser atribuídas às diferenças entre técnicos durante a mensuração dessas características. Além disso, o menor número de registros e banco de dados exclusivo de fêmeas do presente trabalho (Figura 2) podem ter contribuído para a diferença nas estimativas de herdabilidade.

A correlação genética entre ECC e o escore de conformação ao sobreano (C) foi de 0,14, demonstrando que a seleção por maior escore C traria pouca ou nenhuma mudança na condição corporal adulta. Entretanto as correlações genéticas entre ECC e precocidade (0,74) e ECC e musculosidade (0,81) indicaram que a seleção por maior P e M poderia acarretar em vacas com maior condição corporal. A alta correlação entre ECC e M pode ser explicada pelo fato de que ambas as características representam a quantidade de músculo no animal.

Estes resultados estão em acordo com a pesquisa de Johnston et al. (2003), na qual relataram correlação genética moderada entre ECC e escore de musculosidade (0,30) no pós-desmame de animais taurinos, enquanto que no início do confinamento, as correlações entre ECC e M foram de 0,43 para taurinos e 0,32 para zebuínos. Esses autores sugeriram o uso de medidas de escores como método mais barato do que avaliar os animais por ultrassom e observaram que o uso desses escores pode melhorar a qualidade de carcaça.

Considerando a altura de garupa ao sobreano, a estimativa de herdabilidade obtida está dentro do intervalo de 0,29 a 0,67 para herdabilidade

desta característica em animais Nelore (Wenceslau et al., 2012; Boligon et al., 2013b). Para animais da raça Brahman foram relatados valores superiores, sendo de 0,56 a 0,67 (Vargas et al., 2000; Riley et al., 2002).

Johnston et al. (2003) estimaram correlações genéticas nulas entre AGS e ECC (para taurinos e zebuínos) no pós-desmame, enquanto que no início do confinamento, a correlação entre ECC e altura foi igual a 0,46. A diferença nos valores das estimativas entre o presente trabalho e o estudo de Johnston et al. (2003) pode ser atribuída a diferentes raças e metodologia (REML) empregada, número de observação de ECC e AGS bem inferiores, à coleta do ECC (escala de 0 a 6 pontos) e à reclassificação do mesmo como medida contínua por esses autores, e ao uso exclusivo de fêmeas no presente estudo.

Com relação as estimativas de correlações ambientais, sugere-se que pequena parte das condições de ambiente que afetaram os escores C e P, e uma maior parcela que afetou o escore M, atuou de modo contrário na mudança de ECC. Por outro lado, a estimativa de correlação ambiental entre ECC e PS (0,11) demonstrou que fração ínfima do ambiente que variou o peso, trouxe mudança de ECC na mesma direção. Por fim, não houve correlação ambiental entre ECC e GS (-0,06) e ECC e AGS (-0,09).

Embora o equilíbrio fisiológico seja representado por animais com condição corporal intermediária ou ECC 3, as correlações genéticas apresentadas sugerem que, se as fêmeas fossem selecionadas para maior desempenho ao sobreano, poderiam chegar na fase adulta com maior ECC. Essa seleção indireta é vantajosa, pois, além da precocidade da avaliação e maior estimativa de herdabilidade das características mensuradas ao sobreano em comparação ao ECC, vacas com maiores reservas corporais seriam mais resistentes às variações ambientais.

Além disso, dada a correlação genética entre ECC e AGS, recomenda-se a seleção de fêmeas medianas, com intuito de não elevar o tamanho do animal e evitar perda de ECC. Assim, manter vacas medianas com boa condição corporal poderia levar à melhor aproveitamento de alimentos, e como consequência, redução dos custos de produção. Vallimont et al. (2011) descreveram que vacas grandes são geneticamente propensas a menor eficiência no consumo de matéria seca e Lawrence et al. (2012) relataram que vacas magras apresentam alto consumo alimentar residual.

Conclusão

O escore de condição corporal mostrou ser tão herdável quanto a altura de garupa ao sobreano. Contudo, maior ganho genético poderia ser alcançado com a seleção por maiores escores visuais ao sobreano.

A seleção direta para escore de conformação e/ou ganho de peso ao sobreano traria nenhuma ou pequena mudança na condição corporal na fase adulta. Por outro lado, haveria grande melhoria da condição corporal das fêmeas dessa população, caso a seleção fosse por menor altura, maior peso e maiores escores de precocidade ou musculosidade ao sobreano.

Referências

- Arango, J.A., Cundiff, L.V., Van Vleck, L.D., 2004. Comparisons of Angus, Charolais, Galloway, Hereford, Longhorn, Nellore, Piedmontese, Salers, and Shorthorn breeds for weight, weight adjusted for condition score, height, and condition score of cows. *J. Anim. Sci.* 82, 74–84.
- Ayres, H., Ferreira, R.M., Torres-Júnior, J.R.S., Demétrio, C.G.B., Lima, C.G., Baruselli, P.S., 2009. Validation of body condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nellore (*Bos indicus*) cows. *Livest. Sci.* 123, 175–179.
- Baker, J.F., Long, C.R., Posada, G.A., McElhenney, W.H., Cartwright, T.C., 1989. Comparison of cattle of five-breed diallel: size, growth, condition, and pubertal characters of second-generation heifers. *J. Anim. Sci.* 67, 1218-1229.
- Bennett, G.L., Gregory, K.E., 2001. Genetic (co)variances for calving difficulty score in composite and parental populations of beef cattle:II. Reproductive, skeletal, and carcass traits. *J. Anim. Sci.* 79, 52-59.
- Bertipaglia, T.S., Carreño, L.O.D., Machado, C.H.C., Andrighetto, C., Fonseca, R., 2012 Estimates of genetic parameters for visual scores and their correlation with production and reproductive traits in Brahman cattle. *Rev. Bras. Zootec.* 41, 1407-1411.
- Bohnert, S.W., Stalker, L.A., Mills, R.R., Nyman, A., Falk, S.J., Cooke, R.F., 2013. Late gestation supplementation of beef cows differing in body condition score: Effects on cow and calf performance. *J. Anim. Sci.* 91, 5485–5491.
- Boligon, A.A., Albuquerque, L.G., Mercadante, M.E.Z., Lôbo, R.B., 2010. Study of relations among age at first calving, average weight gains and weights from weaning to maturity in Nellore cattle. *Rev. Bras. Zootec.* 39, 746–751.

Boligon, A.A., Mercadante, M.E.Z., Albuquerque, L.G., 2011. Genetic associations of conformation, finishing precocity and muscling visual scores with mature weight in Nelore cattle. *Livest. Sci.* 135, 238-243.

Boligon, A.A., Ayres, D.R., Pereira, R.J., Morotti, N.P., Albuquerque, L.G., 2012. Genetic associations of visual scores with subsequent rebreeding and days to first calving in Nelore cattle. *J. Anim. Breed. Gen.* 129, 448-456.

Boligon, A.A., Carneiro, R., Albuquerque, L.G., 2013a. Evaluation of mature cow weight: Genetic correlations with traits used in selection indices, correlated responses, and genetic trends in Nelore cattle. *J. Anim. Sci.* 91, 20–28.

Boligon, A.A., Carneiro, R., Ayres, D.R., Albuquerque, L.G., 2013b. Analysis of genetic correlation of hip height with selection indices and mature weight in Nelore cattle. *J. Appl. Gen.* 54, 89-95.

Conroy, S.B., Drennan, M.J., Kenny, D.A., McGee, M., 2010. The relationship of various muscular and skeletal scores and ultrasound measurements in the live animal, and carcass classification scores with carcass composition and value of bulls. *Livest. Sci.* 127, 11–21.

Costa, E.C., Barcellos, J.O.J., Peripoli, V., Oliveira, T.E., López, J., Bracini, N.J., 2009. Crescimento de novilhas de corte com diferentes ganhos peso dos 12 aos 18 meses de idade. *Acta Sci. Vet.* 37, 125-132.

DeRouen, S.M., Franke, D.E., Morrison, D.G., Wyatt, W.E., Coombs, D.F., White, T.W., Humes, P.E., Greene, B.B., 1994. Prepartum body condition and weight influences on reproductive performance of first-calf beef cows. *J. Anim. Sci.* 72, 1119–1125.

Eler, J.P., Bignardi, A.B., Ferraz, J.B.S., Santana Jr, M.L., 2014 Genetic relationship between growth and reproductive traits in Nelore cattle. *Theriogenology* 82, 708–714.

Faria, C.U., Pires, B.C., Vozzi, A.P., Magnabosco, C.U., Koury Filho, W., Viu, M.A.O, Oliveira, H.N., Lobo, R.B., 2010. Genetic correlations between categorical morphological traits in Nelore cattle by applying Bayesian analysis under a threshold animal model. *J. Anim. Breed. Gen.* 127, 377–384.

Fernandes, A.F.A., Neves, H.H.R., Carneiro, R., Oliveira, J.A., Queiroz, S.A., 2015. Body condition score of Nelore beef cows: a heritable measure to improve the selection of reproductive and maternal traits. *Animal* 9, 1278–1284.

Gordo, D.G.M., Baldi, F., Lôbo, R.B., Koury Filho, W., Sainz, R.D., Albuquerque, L.G., 2012. Genetic association between body composition measured by ultrasound and visual scores in Brazilian Nelore cattle. *J. Anim. Sci.* 90, 4223–4229.

Johnston, D.J., Reverter, A., Burrow, H.M., Oddy, V.H., Robinson, D.L., 2003. Genetic and phenotypic characterisation of animal, carcass, and meat quality

traits from temperate and tropically adapted beef breeds. I. Animal measures. *Aus. J. Agri. Res.* 54, 107-118.

Koury Filho, W., Albuquerque, L.G., Alencar, M.M., Forni, S., Silva, J.A.V., Lôbo, R.B., 2009. Estimativas de herdabilidade e correlações para escores visuais, peso e altura ao sobreano em rebanhos da raça Nelore. *Rev. Bras. Zootec.* 38, 2362-2367.

Lawrence, P., et al., 2012. Grazed grass herbage intake and performance of beef heifers with predetermined phenotypic residual feed intake classification. *Animal*, 6, 1648–1661.

Lawrence, P. et al., 2013. Intake of conserved and grazed grass and performance traits in beef suckler cows differing in phenotypic residual feed intake. *Livest. Sci.* 152, 154–166.

Lopes, F.B., Magnabosco, C.U., Paulini, F., Silva, M.C., Miyagi, E.S., Lôbo, R.B., 2013. Genetic Analysis of Growth Traits in Polled Nellore Cattle Raised on Pasture in Tropical Region Using Bayesian Approaches. *PLoS ONE* 8, 9, e75423.

Misztal I, Tsuruta S, Strabel T, Auvray B, Druet T and Lee DH 2002. BLUPF90 and related programs (BGF90). *Proc. 7th World Congress Gen. Appl. Livest. Prod.*, Montpellier, France. Communication N° 28–07.

Monteiro, F.M., Mercadante, M.E.Z., Barros, C.M., Satrapa, R.A., Silva, J.A.V., Oliveira, L.Z., Saraiva, N.Z., Oliveira, C.S., Garcia, J.M., 2013. Reproductive tract development and puberty in two lines of Nellore heifers selected for postweaning weight. *Theriogenology* 80, 10-17.

Pereira, E., Eler, J.P., Ferraz, J.B.S., 2001. Genetic analysis of some reproductive traits and their relationships with weight traits in Nellore cattle. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 53, 720–7.

Plummer M, Best NG, Cowles K and Vines K 2011. Coda: Output analysis and diagnostics for MCMC simulations. R package version 0.14-4. Accessed Jan.30, 2015. <http://cran.r-project.org/web/packages/coda/coda.pdf>

Queiroz, S.A., Oliveira, J.A., Costa, G.Z., Fries, L.A., 2009. Efeitos ambientais e genéticos sobre escores visuais e ganho de peso à desmama de animais formadores da raça Brangus. *Rev. Bras. Zootec.* 38, 277-283.

Queiroz, S.A., Oliveira, J.A., Costa, G.Z., Fries, L.A., 2011. Estimates of genetic parameters for visual scores and daily weight gain in Brangus animals. *Animal* 5, 838-843.

R Development Core Team 2015. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Retrieved May 1, 2012, from <http://www.R-project.org>

Regatieri, I.C., Boligon, A.A., Albuquerque, L.G., 2011. Genetic analysis of visual scores and their relationships to mature female weight in Nellore breed. *Rev. Bras. Zootec.* 40, 100-105.

Riley, D.G., Chase Jr, C.C., Hammond, A.C., West, R.L., Johnson, D.D., Olson, T.A., Coleman, S.W., 2002. Estimated genetic parameters for carcass traits of Brahman cattle. *J. Anim. Sci.* 80, 955–962.

Santana Jr, M.L., Eler, J.P., Ferraz, J.B.S., Mattos, E.C, 2012. Genetic relationship between growth and reproductive traits in Nellore cattle. *Animal*, 6, 565–70.

Shiotsuki, L., Silva II, J.A.V., Tonhati, H., Albuquerque, L.G., 2009. Genetic associations of sexual precocity with growth traits and visual scores of conformation, finishing, and muscling in Nelore cattle. *J. Anim. Sci.* 87, 1591-1597.

Silva II, J.A.V., Van Melis, M.H., Eler, J.P., Ferraz, J.B.S., 2003. Estimação de parâmetros genéticos para probabilidade de prenhez aos 14 meses e altura na garupa em bovinos da raça Nelore. *Rev. Bras. Zootec.* 32, 1141-1146.

Stehulová, I., Spinka, M., Sarova, R., Machova, L., Knez, R., Firla, P., 2013. Maternal behaviour in beef cows is individually consistent and sensitive to cow body condition, calf sex and weight. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 144, 89– 97.

Vallimont, J.E., Dechow, C.D., Daubert, J.M., Dekleva, M.W., Blum, J.W., Barlieb, C.M., Liu, W., Varga, G.A., Heinrichs, A.J., Baumrucker, C.R., 2011. Short communication: Heritability of gross feed efficiency and associations with yield, intake, residual intake, body weight, and body condition score in 11 commercial Pennsylvania tie stalls. *J. Dairy Sci.* 94, 2108-2113.

Van Tassell, C.P., Van Vleck, L.D., Gregory, K.E., 1998. Bayesian analysis of twinning and ovulation rates using a multiple – trait threshold model and gibbs sampling. *J. Anim. Sci.* 76, 2048–2061.

Vargas, C.A., Elzo, M.A., Chase Jr, C.C., Olson, T.A., 2000. Genetic parameters and relationships between hip height and weight in Brahman cattle. *J. Anim. Sci.* 78, 3045–3052.

Yokoo, M.J., Albuquerque, L.G., Lôbo, R.B., Sainz, R.D., Carneiro, J.J.M., Bezerra, L.A.F., Araujo, F.R.C., 2007. Estimativas de parâmetros genéticos para altura do posterior, peso e circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore. *Rev. Bras. Zootec.* 36, 1761-1768.

Wenceslau, R.R., Felipe, V.P.S., Valente, B.D., Rosa, A.N., Nobre, P.R.C., Martin, N.L., Silva, M.A., 2012. Estimativas de componentes de (co)variância para peso e escores visuais de conformação frigorífica em bovinos Nelore. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 64, 443-449.

CAPÍTULO 3 – Relações genéticas entre tamanho e condição corporal de vacas Nelore

RESUMO O estudo das relações entre o tamanho à maturidade e a composição corporal é importante sob o ponto de vista do custo de manutenção de fêmeas em produção. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi verificar as relações genéticas e ambientais entre o escore de condição corporal (ECC) e características de tamanho adulto, como altura de garupa (AG) e peso (PA) de vacas Nelore, com intuito de verificar a possibilidade de inclusão do ECC em índices de seleção. Durante o diagnóstico de gestação foram registrados peso e altura, concomitantemente. Apenas um registro de ECC foi atribuído, durante o diagnóstico de gestação ou ao desmame de um bezerro. Os seguintes efeitos sistemáticos foram considerados nos modelos: para ECC, grupo de contemporâneas (GC), ordem de parto, idade ao primeiro parto e peso ao desmame do bezerro ao pé; para PA, GC, idade ao primeiro parto, idade na pesagem (efeitos linear e quadrático) e o peso do bezerro ao pé; para AG foi considerado o efeito de GC e idade ao primeiro parto. Por meio de inferência bayesiana foram ajustados modelos animal limiar-linear, usando *priors* não informativas. Estimativas de herdabilidade para ECC foram 0,21 ($\pm$ 0,12, ECC e AG) e 0,24 ($\pm$ 0,09, ECC e PA). As estimativas de herdabilidade para altura de garupa e peso adulto foram iguais a 0,33 ($\pm$ 0,03) e 0,41 ($\pm$ 0,03), respectivamente. Houve correlação genética negativa entre ECC e altura de garupa (-0,17, $\pm$ 0,10) e positiva entre ECC e peso adulto (0,58, $\pm$ 0,05). A correlação ambiental estimada entre ECC e AG foi 0,16 ($\pm$ 0,03), enquanto que entre ECC e PA foi 0,55 ($\pm$ 0,05). Conclui-se que PA e ECC foram afetadas pelas mesmas diferenças ambientais, e que, a seleção para maior peso acarretaria em aumento na condição corporal. Em contrapartida, a seleção para menor altura de garupa adulta pouco afetaria a condição corporal.

Palavras-chave: altura de garupa, bovino de corte, crescimento, inferência bayesiana, peso corporal

Introdução

A partição de nutrientes da dieta, de acordo com a priorização das necessidades do indivíduo, pode ser conhecida através da avaliação do escore de condição corporal (ECC). Sua aferição é simples, pois, no caso dos bovinos, só necessita da visualização da musculatura e da reserva de gordura em pontos anatômicos específicos (MACHADO et al., 2008). Deste modo, o uso do ECC permite separar os animais em diferentes lotes, de forma a estipular qual a quantidade e que tipo de forragem deve ser ofertada (SARAVIA et al., 2011).

No Brasil, os programas de melhoramento genético da raça Nelore não consideram o ECC, uma vez que essa medida ainda não é frequentemente registrada na avaliação de campo. Nesses programas, o foco da seleção têm sido em características de crescimento, como peso corporal, uma vez que ele é fortemente associado ao peso da carcaça. Entretanto, segundo Garcia e Agabriel (2008), não só o peso, mas a condição corporal também é fator que modifica a habilidade de acabamento. Outros autores (APPLE et al., 1999; APPLE, 1999) relataram que o ECC (escala de 2 a 8 pontos) está associado ($P < 0.05$) ao rendimento de carcaça, ao peso da carcaça quente, à área de olho de lombo e ao rendimento de cortes de vacas taurinas cruzadas.

Sob outro ponto de vista, características de crescimento como peso e altura dos animais podem apresentar falhas e dificuldades em suas aferições. Para Rocha et al. (2003), mesmo que o peso vivo seja uma medida objetiva, é questionável se ele reflete precisamente o estado nutricional do gado, pois essa característica pode mostrar variação considerável dependendo da raça, do tamanho e da composição corporal. Além disso, os pesos desconhecidos do feto, da glândula mamária e do conteúdo ruminal durante a mensuração do peso vivo, podem interferir na confiabilidade das pesagens. Segundo Van Burgel et al. (2011), o peso vivo pode não refletir com precisão a mudança ou a diferença de reservas corporais, porque sua medição não diferencia as reservas do corpo, como músculos e gordura.

Estudos anteriores demonstraram que a altura de garupa no animal adulto (AG) é menos afetada por fatores ambientais que o peso à maturidade (PA), que ela é um indicador de precocidade sexual (MEYER, 1995) e geneticamente correlacionada com a produtividade em novilhas de corte

(VARGAS et al., 2000). Por outro lado, Parish et al. (2012) relataram que existem poucas informações relacionadas à variação entre os métodos de coleta da altura de garupa. Esta medida depende da postura e do local em que o animal foi contido, uma vez que a posição das pernas traseiras pode subestimar a AG.

Stewart e Martin (1993) reportaram que existe um peso ou tamanho ótimo das vacas quanto à eficiência produtiva da raça Angus. A decisão sobre qual variação de tamanho deve ser aceitável não só depende dos recursos ambientais disponíveis, mas também do estudo genético relacionado ao tamanho e condição corporal. Tais relatos para vacas zebuínas são escassos na literatura. Assim, o objetivo desta pesquisa foi estimar as relações genéticas e ambientais entre o escore de condição corporal (ECC) e características de tamanho adulto, como altura de garupa (AG) e peso (PA) de vacas Nelore, com intuito de verificar a possibilidade de inclusão do ECC em índices de seleção.

Material e Métodos

Rebanho bovino

Os dados analisados para o presente estudo foram cedidos pela Gensys Consultores Associados Ltda e vieram de 9.660 vacas pertencentes a dez rebanhos Nelore. Estes dados fazem parte do programa de melhoramento de gado de corte DeltaGen. Os animais nasceram entre 1988 e 2004, sendo todas as vacas manejadas em sistemas de pastagens tropicais, recebendo mistura mineral. Os acasalamentos ocorreram na estação chuvosa, geralmente entre novembro e janeiro, por reprodutores múltiplos ou inseminação artificial. Mesmo que as vacas que não emprenharam durante a estação de monta tenham sido retiradas do rebanho, seus registros foram incluídos nas presentes análises.

Características estudadas

O arquivo de dados continha informações genealógicas e zootécnicas das fêmeas, bem como dados descrevendo o desempenho de seus bezerros. Somente uma medida de ECC foi registrada por vaca, durante o diagnóstico de gestação (pesagem adulta e mensuração da AG) ou ao desmame de um bezerro. A desmama dos bezerros ocorreu, aproximadamente, aos sete meses de idade, entre junho e agosto. Cinco classes fenotípicas foram consideradas para a designação do escore, de acordo com Fernandes et al. (2015), variando de 1 (caquética) a 5 (obesa).

A média e respectivo desvio padrão das medidas de tamanho dos animais foram: 408 ± 47 kg para peso adulto, $6,7 \pm 2,2$ anos para idade do peso adulto e $140,6 \pm 4,6$ cm para altura de garupa. A ordem de parto variou de 1 a 14 partos e a média para idade ao primeiro parto foi de 34 ± 3 meses. No diagnóstico de gestação foi avaliado o número de dias de gestação de cada vaca prenhe, efeito chamado de fase gestacional, com valor médio de $4,1$ meses ± 1 . Para vacas vazias, foi atribuído zero para esse efeito.

Análise estatística

Edição dos dados e grupo de contemporâneas

A edição dos dados identificou informações discrepantes para cada característica, definidas como registros com valor absoluto superior ou inferior a 3,5 desvios-padrão da média geral. Inconsistência nos dados foi removida, resultando em arquivos contendo 8.564 observações para ECC e peso adulto (PA), e 8.650 observações para ECC e altura de garupa adulta (AG).

Os grupo de contemporâneas (GC) consistiram da concatenação dos efeitos de rebanho, safra, sexo do bezerro e grupo de manejo do nascimento a desmama. Para todas as características (tabela 1), foram estabelecidos, mínimo de seis animais por GC, dois touros por grupo e, no mínimo, de três progênies por touro. Não foram considerados GC sem variabilidade dos registros de ECC. O arquivo de pedigree continha 15.436 animais.

Tabela 1. Descrição do conjunto de dados para escore de condição corporal (ECC), peso adulto (PA) e altura de garupa adulta (AG).

Item*	ECC (1-5 pontos)	PA (kg)	AG (cm)
Nº de GC	145	76	80
Animais/GC	59	59	59
Touros/GC	33	33	33
Progênies/Touro	18	18	18

*Valores após edição dos dados e conectabilidade dos GCs.

Definição dos modelos

Todos os efeitos sistemáticos e covariáveis incluídos nos modelos de análises foram definidos usando o procedimento GLM do programa SAS 9.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), para identificar importantes fontes ambientais de variação sobre as características sob investigação, onde o nível de significância foi estabelecido em $P < 0,05$. Assim, no modelo de ECC foram considerados os efeitos de GC, ordem de parto, idade ao primeiro parto e peso do bezerro ao desmame, considerando idade e peso como covariáveis. No modelo de PA (Análise 1) foi considerado o GC, idade ao primeiro parto, idade

da vaca na pesagem e peso do bezerro ao desmame, sendo covariáveis os três últimos efeitos. No modelo de AG (Análise 2) considerou-se os mesmos efeitos de PA, excluindo o peso do bezerro.

Para todas as análises, somente o efeito genético aditivo direto e residual foram incluídos como efeitos aleatórios. O modelo geral (bi-característica, modelo animal linear-limiar) foi:

$$Y = X\beta + Z\alpha + \varepsilon$$

em que, Y é o vetor de observações, β é o vetor de efeitos fixos e covariáveis, α é o vetor dos efeitos genéticos aditivos diretos e ε é o vetor dos efeitos residuais aleatórios; X e Z são as matrizes de incidência que relacionam as observações aos efeitos fixos e ao efeito genético aditivo direto, respectivamente.

Para as análises bi-características, foi assumido que as distribuições dos efeitos aleatórios seguiram a distribuição normal multivariada. Para a observação i , a probabilidade condicional que y_i (ECC) cai na categoria j ($j = 1 - 5$) é dada por $\Pr(y_i = j | Y_i) = \Pr(t_{j-1} < Y_i < t_j)$, em que t_j são os limiares que definem cinco categorias de resposta. Para identificação dos parâmetros, os dois primeiros limiares foram fixados em 0 e 1, respectivamente (VAN TASSELL et al., 1998). Distribuições a priori não informativas foram assumidas para ambos os efeitos fixos e limiares.

Para todas as análises, o modelo animal foi ajustado, usando o programa THRGIBBS1F90 (MISZTAL, 2002), o qual permite avaliação de características categórica e contínua, simultaneamente. Análises uni-característica foram realizadas primeiro para todas as características que foram estudadas. Os componentes de variância obtidos com essas análises foram usados como valores iniciais para as análises bi-característica. Para cada análise foi gerada uma cadeia de 1 milhão de ciclos com período de descarte de 300000 ciclos e amostras armazenadas a cada 100 ciclos. A convergência das cadeias geradas pela amostragem de Gibbs foi monitorada pelo tamanho efetivo das amostras e outros resumos estatísticos em relação às distribuições marginais a *posteriori* para os componentes de (co)variância, obtidos usando o pacote coda (PLUMMER et al., 2011) no programa R v.3.2 (R Development Core Team, 2015).

Resultados

Nas análises do escore de condição corporal (ECC) houve evidência de convergência (Tabela 2), sendo que o tamanho efetivo das amostras foi grande o suficiente para calcular com boa precisão as estatísticas relacionadas à distribuição marginal posterior dos parâmetros. A análise 1 apresentou menor intervalo HPD (95%) dos componentes de variância e herdabilidade do que a análise 2, o que indica maior confiabilidade nessas estimativas. Na análise 2, a variância residual de ECC apresentou grande intervalo de HPD (95%); mas segundo Gianola e Foulley (1990) nem todos os componentes de um modelo são estimados com a mesma precisão.

Tabela 2. Estimativas *a posteriori* dos componentes de variância e herdabilidade para escore de condição corporal (ECC), peso adulto (PA) e altura de garupa (AG) de vacas Nelore, obtidas nas análises bi-característica.

		Média(DP)	HPD (95%)	N _{ES}
Análise 1				
ECC	σ_a^2	0,02 (0,008)	0,01 a 0,04	495
	σ_e^2	0,11 (0,152)	0,02 a 0,34	1747
	h^2	0,24 (0,095)	0,05 a 0,41	2995
PA	σ_a^2	558 (54,93)	448 a 661	1944
	σ_e^2	773 (46,60)	686 a 868	2072
	h^2	0,41 (0,037)	0,34 a 0,48	1962
Análise 2				
ECC	σ_a^2	0,09 (0,007)	0,01 a 0,22	364
	σ_e^2	0,79 (1,478)	0,02 a 3,49	1796
	h^2	0,21 (0,127)	0,01 a 0,43	5678
AG	σ_a^2	4,63 (0,483)	3,68 a 5,58	1561
	σ_e^2	9,29 (0,409)	8,50 a 10,1	1817
	h^2	0,33 (0,032)	0,26 a 0,39	1566

σ_a^2 = variância genética aditiva direta; σ_e^2 = variância residual; h^2 = herdabilidade; Média(DP) = Média (desvio padrão); HPD (95%) = maior densidade *a posteriori* (menor e maior limite para intervalo de 95%); N_{ES} = tamanho efetivo da amostra.

Em relação as estimativas de herdabilidade do ECC, foi observada pequena variação (0,21 a 0,24) considerando as análises bi-características realizadas (Tabela 2), demonstrando que os diferentes modelos tiveram pouca influência nas estimativas de herdabilidade para esta característica. Os

resultados das análises de peso e altura de garupa na fase adulta revelaram estimativas de herdabilidade de 0,41 e 0,33, respectivamente.

As estimativas de correlações genética e ambiental entre peso e ECC foram positivas, sendo os valores iguais a 0,60 e 0,55, respectivamente. Entretanto, entre altura e ECC a estimativa de correlação genética foi negativa (-0,17) e a ambiental positiva (0,16), ambas de pequena magnitude.

Tabela 3. Estimativas de correlações genéticas (r_a) e ambientais (r_e) entre escore de condição corporal (ECC) com peso adulto (PA) e altura de garupa (AG) de vacas Nelore.

Correlação		Média(DP)	HPD (95%)	N _{ES}
ECC				
PA	r_a	0,58 (0,05)	0,46 a 0,69	1242
	r_e	0,55 (0,05)	0,44 a 0,66	2556
AG	r_a	-0,17 (0,10)	-0,39 a 0,01	1169
	r_e	0,16 (0,03)	0,09 a 0,23	2337

Média(DP) = Média (desvio padrão); HPD (95%) = maior densidade a *posteriori* (menor e maior limite para intervalo de 95%); N_{ES} = tamanho efetivo da amostra

Discussão

Dentre os trabalhos consultados na literatura, somente três relataram estimativas de herdabilidade para ECC na raça Nelore, sendo 0,21 com base em medidas durante a estação de monta (MERCADANTE et al., 2006) e 0,23 para ECC mensurado no diagnóstico de gestação (FERNANDES et al., 2015; SILVEIRA et al., 2015). Os resultados do presente estudo estão de acordo com os desses autores, sugerindo que a condição corporal apresenta variabilidade genética suficiente para que a mesma seja usualmente registrada nas fazendas de gado Nelore e que possa ser incluída dentre os critérios para seleção de vacas.

Peso adulto (PA) foi amplamente estudado nessa raça, sendo que a estimativa de herdabilidade do PA (0,41) nesse estudo está dentro do intervalo (0,30 a 0,44) publicado na literatura (MERCADANTE et al., 2004; PEDROSA et al., 2010; COSTA et al., 2011; REGATIERI et al., 2012; SANTOS et al., 2012; BOLIGON et al., 2013a). Entretanto, a estimativa de herdabilidade da altura de garupa (AG) foi bem menor (0,33) do que os valores relatados por Mercadante

et al. (2006), Regatieri et al. (2012), Boligon et al. (2013b) e Silveira et al. (2015) para animais Nelore (0,47 a 0,56). Para outras raças, essas estimativas variaram de 0,36 a 0,93 (CHOY et al., 2002; SANTANA Jr. et al., 2013).

Diante das correlações genéticas entre ECC e PA (0,58), infere-se que a seleção de vacas com melhor condição corporal poderia produzir fêmeas mais pesadas na fase adulta. Com relação às correlações ambientais, essas duas medidas foram afetadas, em parte, pelas mesmas diferenças de condições de ambiente, dado que ECC e PA foram coletados no mesmo período.

Arango et al. (2002) estimaram correlações genéticas de 0,43 entre ECC e peso adulto em animais taurinos, por meio da máxima verossimilhança restrita. Mercadante et al. (2006) e Silveira et al. (2015) trabalharam com animais Nelore e também relataram correlação genética positiva entre ECC e PA, sendo que os valores foram menores que no presente estudo, 0,37 e 0,41, respectivamente. A diferença entre as estimativas no presente estudo e nos dois últimos trabalhos citados pode ser atribuída a vários fatores. No trabalho de Mercadante et al. (2006) houve descarte de vacas acima de 11 anos, o ECC foi coletado na estação de monta e utilizou-se escala do ECC de 3 a 8 pontos por falta animais com escores extremos (1, 2, e 9). No trabalho de Silveira et al. (2015) teve pequeno número de vacas com idade acima de 7 anos, a coleta do ECC foi relativa ao grupo de contemporâneos e o peso adulto foi ajustado para classes de ECC.

Mesmo que peso e ECC sejam geneticamente correlacionados, alguns autores (APPLE et al., 1999; APPLE, 1999) sugeriram considerar o ECC na comercialização de vacas, pois animais com ECC 6 (escala de 2 a 8 pontos) apresentaram carcaças que propiciam a obtenção de subcortes com gordura de acabamento mínima exigida, sem tanto trabalho com retalhamento. Além disso, Amadou et al. (2014) descreveram que o ECC pode desempenhar importante papel na decisão de quando descartar as vacas, ou reter e alimentá-las durante período de tempo maior.

A partir da correlação genética estimada entre ECC e AG (-0,17), sugere-se que vacas com distintas condições corporais podem apresentar qualquer tamanho. Isso mostra que apenas a mensuração da altura não seria suficiente para distingui-las, e que a altura seria pouco reduzida com a seleção para maior condição corporal à maturidade. Em relação as correlações

ambientais entre essas duas medidas, os resultados sugerem que elas foram afetadas por distintas variações de ambiente. Mesmo que AG e ECC tenham sido coletados na mesma época, e que tanto a altura como ECC sejam observados na mesma região do corpo do animal; há evidências, desde tempos remotos, de que o tecido ósseo é o primeiro a se desenvolver e é o menos afetado pelas condições de subnutrição (HAMMOND, 1965).

Mercadante et al. (2006) e Silveira et al. (2015) trabalharam com animais Nelore e encontraram correlações genéticas entre o escore de condição corporal e a altura de garupa de -0,15 e -0,06, respectivamente, o que significa que o ECC estaria pouco associado à altura da garupa nessas populações estudadas. Usando o método da máxima verossimilhança restrita, Arango et al. (2002) estimaram correlações genéticas iguais a -0,04 entre ECC e altura em animais taurinos. Utilizando a mesma metodologia, Wolcott et al. (2014), trabalharam com animais Brahman e compostos, e estimaram correlações genéticas entre AG e ECC de -0,46 (ECC no pré-parto) a -0,34 (ECC no acasalamento).

Com intuito de antecipar a avaliação da condição corporal e possibilitar maiores estudos em relação à essa característica, os animais poderiam ser avaliados e registrados de acordo com o ECC a partir da primeira pesagem à maturidade, geralmente aos quatro anos na raça Nelore. Nessa fase poderia ser aplicada a seleção das vacas, com base em maior ECC e altura mediana, objetivando a correção do tamanho das fêmeas do rebanho. Além disso, sugere-se o monitoramento do ECC até que o último desmame de cada vaca seja realizado, garantindo peso e composição corporal satisfatórios no momento de abate das fêmeas de descarte.

Conclusão

As três características estudadas poderiam responder à seleção. A seleção direta para maior condição corporal poderia elevar o peso, mas não acarretaria em redução da altura de vacas à maturidade. Assim, sugere-se a inclusão do ECC em índices de seleção de vacas com intuito de evitar perdas reprodutivas e garantir rendimento da carcaça ao final do ciclo produtivo.

Referências

- Amadou Z, Raper KC, Biermacher JT, Cook B and Ward CE 2014. Net Returns from Feeding Cull Beef Cows: The Influence of Initial Body Condition Score. *Journal of Agricultural and Applied Economics* 46, 139–155.
- Apple JK, Davis JC, Stephenson J, Hankins JR, Davis JR and Beaty SL 1999. Influence of body condition score on carcass characteristics and subprimal yield from cull beef cows. *Journal of Animal Science* 77, 2660-2669.
- Apple JK 1999. Influence of body condition score on live and carcass value of cull beef cows. *Journal of Animal Science* 77, 2670-2679.
- Arango JA, Cundiff LV and Van Vleck LD 2002. Comparisons of Angus, Braunvieh, Chianina, Hereford, Gelbvieh, Maine Anjou, and Red Poll sired cows for weight, weight adjusted for body condition score, height, and body condition score. *Journal Animal Science* 80, 3133–3141.
- Boligon AA, Carneiro R and Albuquerque LG 2013a. Evaluation of mature cow weight: Genetic correlations with traits used in selection indices, correlated responses, and genetic trends in Nelore cattle. *Journal of Animal Science* 91, 20–28.
- Boligon AA, Carneiro R, Ayres DR and Albuquerque LG 2013b. Analysis of genetic correlations of hip height with selection indices and mature weight in Nelore cattle. *Animal Genetics* 54, 89-95.
- Choy YH, Brinks JS and Bourdon RM 2002. Repeated-measure animal models to estimate genetic components of mature weight, hip height, and body condition score. *Journal of Animal Science* 80, 2071–2077.
- Costa RB, Misztal I, Elzo MA, Bertrand JK, Silva LOC and Lukaszewicz M 2011. Estimation of genetic parameters for mature weight in Angus cattle. *Journal of Animal Science* 89, 2680-2686.
- Fernandes AFA, Neves HHR, Carneiro R, Oliveira JA and Queiroz SA 2015. Body condition score of Nelore beef cows: a heritable measure to improve the selection of reproductive and maternal traits. *Animal* 9, 1278-84.
- Garcia F and Agabriel J 2008. CompoCow: a predictive model to estimate variations in body composition and the energy requirements of cull cows during finishing. *Journal of Agricultural Science* 146, 251-265.
- Gianola D, Foulley JL 1990. Variance estimation from integrated likelihood (VEIL). *Genetic Selection Evolution* 22, 403-417.
- Hammond J 1965. *Farm animal, their growth breeding and inheritance*. London: E. Arnold. 322p.

Koury Filho W, Albuquerque LG, Alencar MM, Forni S, Silva JAldeV and Lôbo RB 2009. Estimativas de herdabilidade e correlações para escores visuais, peso e altura ao sobreano em rebanhos da raça Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38, 2362-2367.

Machado R, Corrêa RF, Barbosa RT and Bergamaschi MACM 2008. Escore da condição corporal e sua aplicação no manejo reprodutivo de ruminantes. Technical circular 57th, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, Brazil.

Martínez-González JC, García-Esquivel FJ, Parra-Bracamonte GM, Castillo-Juárez H and Cienfuegos-Rivas EG 2010. Genetic parameters for growth traits in Mexican Nelore cattle. *Tropical Animal Health Production* 42, 887–892

Mercadante MEZ, Razook AG, Trovo JBF, Cyrillo JNSG, et al. 2004. Parâmetros genéticos do peso no início da estação de monta, considerado indicativo do peso adulto de matrizes Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia* 33, 1135-1144.

Mercadante MEZ, Razook AG, Silva JAV and Figueiredo LA 2006. Escore de condição corporal de vacas da raça Nelore e suas relações com características de tamanho e reprodução. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 14, 143–147.

Meyer K 1995. Estimates of genetic parameters for mature weight of Australian beef cows and its relationship to early growth and skeletal measures. *Livestock Science* 44, 125-137.

Misztal I, Tsuruta S, Strabel T, Auvray B, Druet T and Lee DH 2002. BLUPF90 and related programs (BGF90). *Proc. 7th World Congress Gen. Appl. Livest. Prod.*, Montpellier, France. Communication N° 28–07.

Monteiro FM, Mercadante MEZ, Barros CM, Satrapa RA, Silva JAV, Oliveira L Z, Saraiva NZ, Oliveira CS and Garcia JM 2013. Reproductive tract development and puberty in two lines of Nelore heifers selected for postweaning weight. *Theriogenology* 80, 10-17.

Parish JA, Pas, Bourg BM, Marks ML, Simmons NB and Smith T 2012. Evaluation of different methods of cattle hip height data collection. *The Professional Animal Scientist* 28, 292-299.

Pedrosa VB, Eler JP, Ferraz JBS, Silva JAV, Ribeiro S, Silva MR and Pinto LFB 2010. Parâmetros genéticos do peso adulto e características de desenvolvimento ponderal na raça Nelore. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 11, 104-113.

Plummer M, Best NG, Cowles K and Vines K 2011. Coda: Output analysis and diagnostics for MCMC simulations. R package version 0.14-4. Accessed Jan.30, 2015. <http://cran.r-project.org/web/packages/coda/coda.pdf>

R Development Core Team 2015. R: a language and environment for statistical

computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Retrieved May 1, 2015, from <http://www.R-project.org>

Regatieri IC, Boligon AA, Baldi F and Albuquerque LG 2012. Genetic correlations between mature cow weight and productive and reproductive traits in Nelore cattle. *Genetics and Molecular Research* 11, 2979-2986.

Riley DG, Coleman SW, Chase Jr CC, Olson TA and Hammond AC 2007. Genetic parameters for body weight, hip height and ratio of weight to hip height from random regression analyses of Brahman feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 85, 42-52.

Rocha ED, Andrade VJ, Euclides Filho K, Nogueira E and Figueiredo GR. 2003. Tamanho de vacas Nelore adultas e seus efeitos no sistema de produção de gado de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 55, 474-479.

Santana Jr ML, Eler JP, Cucco DC, Bignardi AB and Ferraz JBS 2013. Genetic associations between hip height, body conformation scores, and pregnancy probability at 14 months in Nelore cattle. *Livestock Science* 154, 13-18.

Santos GCJ, Lopes FB, Marques EG, Silva MC, Cavalcante TV and Ferreira JL 2012. Tendência genética para pesos padronizados aos 205, 365 e 550 dias de idade de bovinos Nelore da região norte do Brasil. *Acta Scientiarum Animal Sciences* 34, 97-101.

Saravia A, César D, Montes E, Taranto V, Pereira P. 2011. Manejo del rodeo de cría sobre campo natural. Ed. Plan Agropecuario

SAS. Institute Inc., SAS/STAT. User's Guide. 1996. version 6.11, 4th edition, v. 2, Cary: SAS Institute Inc. pp.842.

Silveira DD, Souza FRP, Brauner CC, Ayres DR, Silveira FA, Dionello NJL, Boligon AA 2015. Body condition score of Nelore cows and its relation with mature size and gestation length. *Livestock Science* 175, 10–17.

Stewart TS, Martin TG 1983. Optimal mature size of Angus cows for maximum cow productivity. *Animal Production*, 37, 179-183.

Van Burgel AJ, Oldham CM, Behrendt R, Curnow M, Gordon DJ, Thompson AN 2011. The merit of condition score and fat score as alternatives to liveweight for managing the nutrition of ewes. *Animal Production Science* 51, 834–841.

Van Tassell CP, Van Vleck LD, Gregory KE 1998. Bayesian analysis of twinning and ovulation rates using a multiple – trait threshold model and gibbs sampling. *Journal of Animal Science* 76, 2048–2061.

Vargas CA, MA. Elzo, CC. Chase Jr., P. J. Chenoweth, and T. A. Olson. 1998. Estimation of genetic parameters for scrotal circumference, age at puberty in

heifers, and hip height in Brahman cattle. *Journal of Animal Science* 76, 2536–2541.

Vargas CA, Olson TA, Chase Jr CC, Hammond AC and Elzo MA 1999. Influence of frame size and body condition score on performance of Brahman cattle. *Journal of Animal Science* 77, 3140–3149.

Vargas CA, Elzo MA, Chase Jr CC, and Olson TA 2000. Genetic parameters and relationships between hip height and weight in Brahman cattle. *Journal of Animal Science* 78, 3045–3052.

Wolcott ML, Johnston DJ, Barwick SA, Corbet NJ, Williams PJ 2014. The genetics of cow growth and body composition at first calving in two tropical beef genotypes. *Animal Production Science* 54, 37-49.

CAPÍTULO 4 - Escore de condição corporal como ferramenta para o sucesso reprodutivo de fêmeas Nelore

RESUMO A reprodução está associada à condição corporal, mas estudos genéticos entre elas são quase inexistentes para zebuínos. Assim, o objetivo desse estudo foi verificar a possibilidade de inclusão do ECC em índice de seleção, como ferramenta para o sucesso reprodutivo de vacas Nelore. Foram usados dados de 9660 fêmeas, provenientes de dez rebanhos. O escore de condição corporal foi mensurado no diagnóstico de gestação ou ao desmame de um bezerro. Os seguintes efeitos sistemáticos foram considerados nos modelos: para ECC, grupo de contemporâneas (GC), ordem de parto (OP) e peso a maturidade (PA), idade ao primeiro parto (IPP, exceto para a análise com IPP), e peso do bezerro ao desmame (PD); para IPP apenas o efeito de GC; para reconcepção (REC), os efeitos de GC, PA, IP, IPP e PD; para IP, os efeitos de GC, fase gestacional, IPP, PA e PD. Os parâmetros genéticos foram estimados por inferência bayesiana, usando modelos animais limiar-linear e limiar-limiar. Os valores estimados de herdabilidade para ECC variaram de 0,20 ($\pm 0,04$) a 0,25 ($\pm 0,08$). As estimativas de herdabilidade para IPP, REC e IP foram 0,45 ($\pm 0,02$), 0,06 ($\pm 0,02$) e 0,04 ($\pm 0,01$), respectivamente. As estimativas de correlação genética entre ECC e IPP e ECC e IP foram -0,25 ($\pm 0,07$) e -0,20 ($\pm 0,21$), respectivamente. A correlação genética entre ECC e REC foi de 0,57 ($\pm 0,19$). ECC e IPP podem responder a seleção direta. O escore de condição corporal de vacas Nelore poderia ser usado como medida indireta para melhoria da assiduidade reprodutiva.

Palavras-chave: bovinos de corte, idade ao primeiro parto, inferência bayesiana, intervalo de parto, reconcepção

Introdução

O desempenho reprodutivo tem início na puberdade, fase que parece envolver uma combinação de fatores relacionados com a idade fisiológica, com o tamanho do animal e com a condição corporal (JOHNSTON et al., 2009). Inicialmente, a fertilidade é avaliada pela produção de folículos dominantes antes da ovulação, que depende de efeitos como a condição corporal e o balanço energético (ROCHE et al., 1992; WRIGHT et al., 1992). Avaliar a habilidade reprodutiva é um processo trabalhoso e muitas vezes de alto custo, mas a mensuração do escore de condição corporal (ECC) não apresenta essas desvantagens e diversos estudos relataram associação desse escore com características reprodutivas (SPITZER et al., 1995; MORRIS et al., 2006; CAMMACK et al. 2009).

Para diferentes raças taurinas, épocas e escalas de pontos usadas na avaliação, valores de escores de condição corporal variando de moderado a alto, favoreceram o desenvolvimento de maiores folículos dominantes, maior retorno ao cio, taxa de prenhez mais elevada, menores anestro pós-parto e intervalo de partos (DeROUEN et al., 1994; BLANC e AGABRIEL, 2008; CASSADY et al., 2009; QUINTANS et al., 2010; BOHNERT et al., 2013; SOCA et al. 2013a).

Segundo Moraes et al. (2007), espera-se que vacas lactantes com ECC em torno de 3 pontos (escala de 1 a 5) tenham reconcepção de cerca de 50%. Entretanto, Waldner e Guerra (2013) ressaltaram que primíparas requerem maior ECC para atingir taxas de prenhez aceitáveis. Além disso, adequada condição corporal ao parto e perdas controladas da condição corporal imediatamente após o parto são fatores críticos para otimizar a taxa de prenhez. Em adição, Soca et al. (2013b) descreveram que para cada unidade aumentada em ECC ao parto de primíparas, houve redução do anestro pós-parto em 46 dias.

Usualmente, o potencial reprodutivo é estudado por características de limiar devido a sua natureza categórica de observação (RUST et al., 2009). O ECC também é uma medida categórica e pode ser utilizado como característica indicadora de sucesso reprodutivo. Contudo, para desenvolver um índice de seleção de vacas zebuínas considerando essa característica, seria necessário

conhecer seus parâmetros genéticos. Tais estimativas são praticamente inexistentes na literatura, pois o ECC ainda não é rotineiramente registrado nas avaliações de gado de corte no Brasil. Assim, o objetivo desse estudo foi verificar a possibilidade de inclusão do ECC em índice de seleção, como ferramenta para o sucesso reprodutivo de fêmeas da raça Nelore.

Material e Métodos

Rebanho

Os dados analisados no presente estudo foram cedidos por Gensys Consultores Associados Ltda e são provenientes de 9660 vacas nascidas entre 1988 e 2004, pertencentes a dez rebanhos Nelore participantes do programa de melhoramento DeltaGen. Todas as vacas foram manejadas em sistemas de pastagens tropicais, recebendo mistura mineral.

As fêmeas foram expostas a reprodução no período das chuvas, entre outubro e janeiro, com duração aproximada de noventa dias. Algumas fazendas realizaram outra estação reprodutiva no outono, entre março/abril, para desafio de novilhas com idade entre 15-18 meses. Poucas empresas, geralmente com melhor condição ambiental, desafiaram as novilhas com idade entre 12-14 meses, na estação convencional de verão. As novilhas que não conceberam na estação de desafio tiveram uma segunda chance para emprenhar na estação convencional subsequente. As vacas que não emprenharam durante a estação de monta foram retiradas do rebanho, porém seus registros foram incluídos nas presentes análises.

Características estudadas

O arquivo de dados continha informações genealógicas e zootécnicas das fêmeas, bem como dados do desempenho de seus bezerros. Somente uma medida de ECC foi registrada por fêmea, durante o diagnóstico de gestação (e a mensuração de peso adulto) ou no desmame de um bezerro. A desmama dos bezerros ocorreu, aproximadamente, aos sete meses de idade, entre junho e agosto. Cinco classes fenotípicas foram consideradas para a designação do ECC, de acordo com Machado et al. 2008, conforme descrito por Fernandes et al. (2015), variando de 1 (caquética) a 5 (obesa).

A idade ao primeiro parto (IPP) foi mensurada em meses (34 ± 3 meses), obtidos da diferença entre a data de nascimento e a data do primeiro parto. A característica reconcepção (REC) foi definida considerando-se os escores 1 e 2. Vacas vazias (30%) receberam escore 1 e as prenhes (70%), escore 2. O número de dias de gestação de cada vaca prenhe na avaliação do ECC, efeito denominado fase gestacional ($4,1 \pm 1$ meses) foi considerado nas

análises, sendo que para vacas vazias, foi atribuído zero para essa efeito. A ordem de parto variou de 1 a 14 partos. O intervalo de partos (IP) foi calculado considerando-se o número de dias entre as datas dos partos posterior e anterior à data da coleta do ECC (423 ± 126 dias).

Análise estatística

Edição dos dados e definição do modelo

A edição dos dados identificou informações discrepantes para cada característica, definidas como registros com valor absoluto superior ou inferior a 3,5 desvios-padrão da média geral. A inconsistência de registros foi removida, resultando em arquivo contendo 8564, 7997, 7947 e 7183 observações de ECC, IPP, REC e IP, respectivamente. Os arquivos de *pedigree* foram formados por 14690 animais na análise de ECC com IPP, 14475 animais para ECC com REC e 13713 animais para ECC e IP.

Houve duas definições de grupo de contemporâneas (GC), representadas na Tabela 1. A primeira (GC1) foi utilizada nos modelos de ECC, REC e IP. GC1 foi determinado no desmame do bezerro pela concatenação das seguintes variáveis: rebanho, safra, sexo do bezerro e grupo de manejo do nascimento ao desmame. A segunda definição de GC (GC2), utilizada somente para IPP, foi formada pela concatenação das variáveis rebanho, estação e ano de nascimento e grupo de manejo do desmame ao sobreano da vaca. Para os dois GC, nas análises de ECC e IPP e ECC e IP foram estabelecidos mínimo de seis animais, dois touros por grupo e mínimo de três progênies por touro. Para a análise bi-característica de ECC e REC considerou-se mínimo de dez animais, dois touros por grupo e mínimo de cinco progênies por touro. Como proposto por Harville e Mee (1984), na análise de ECC e REC não foram considerados GC sem variação dos registros dessas características.

Tabela 1. Descrição do conjunto de dados para escore de condição corporal (ECC), idade ao primeiro parto (IPP), reconcepção (REC) e intervalo de parto (IP) de vacas Nelore.

Item	Característica			
	ECC (1-5 pontos)	IPP (meses)	REC (cm)	IP (meses)
Nº de GC	130	148	133	138
Animais/GC	59	59	59	59
Touros/GC	33	33	33	33
Progênies/Touro	18	18	17	18

Obs: valores após a edição dos dados e conectabilidade dos grupos de contemporâneos

Todos os efeitos fixos incluídos nos modelos de análises foram definidos usando o procedimento GLM do programa SAS 9.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), para identificar importantes fontes ambientais de variação sobre as características sob investigação, sendo o nível de significância estabelecido em 5%. No modelo de ECC foram considerados os seguintes efeitos sistemáticos: GC1, ordem de parto e as covariáveis peso adulto (PA), peso do bezerro ao desmame (PD) e IPP (não considerado na análise de ECC com IPP). Para as características reprodutivas, os efeitos considerados nos modelos foram: GC2 para IPP (análise 1); GC1 e as covariáveis PA, IP, IPP e PD para REC (análise 2); GC1 e covariáveis fase gestacional, PA, IPP e PD para IP (análise 3).

Para todas as análises, somente os efeitos genético aditivo direto e residual foram incluídos como efeitos aleatórios. O modelo geral (bi-característica, modelo animal linear-limiar) foi:

$$Y = X\beta + Z\alpha + \varepsilon$$

em que, Y é o vetor de observações, β é o vetor de efeitos fixos, α é o vetor dos efeitos genéticos aditivos diretos e ε é o vetor dos efeitos residuais aleatórios; X e Z são as matrizes de incidência que relacionam as observações aos efeitos fixos e ao efeito genético aditivo direto, respectivamente.

Para as análises bi-características, foi assumida distribuição normal multivariada para as distribuições dos efeitos aleatórios. Para a observação i , a probabilidade condicional que y_i (ECC) caia na categoria j ($j = 1 - 5$) é dada por $\Pr(y_i = j|Y_i) = \Pr(t_{j-1} < Y_i < t_j)$, em que t_j são os limiares que definem cinco categorias de resposta. Para a identificação dos parâmetros, os dois

primeiros limiares foram fixados em 0 e 1, respectivamente (VAN TASSELL et al., 1998). Distribuições uniformes *a priori* foram assumidas para ambos os efeitos fixos e limiares.

Para todas as análises, o modelo animal foi ajustado, usando o programa THRGIBBS1F90 (MISZTAL, 2002), o qual permite avaliação de características categórica e contínua, simultaneamente. Primeiramente, todas as características estudadas passaram por análises uni-característica. Os componentes de variância obtidos nessas análises foram usados como valores iniciais para as análises bi-características. Cadeias com 1.000.000 ciclos foram geradas, considerando-se período de descarte de 300.000 ciclos, e armazenamento de amostras a cada 100 ciclos. A convergência das cadeias geradas pela amostragem de Gibbs foi monitorada pelo número de amostras efetivas e outros resumos estatísticos em relação às distribuições marginais *a posteriori* dos componentes de (co)variância, obtidos usando o pacote coda (PLUMMER et al., 2011) no programa R v.3.2 (R Development Core Team, 2015).

Resultados

Houve evidências de convergência (Tabela 2) das estimativas dos componentes de variância e herdabilidade do ECC, indicadas pelo tamanho efetivo das amostras e estreitos intervalos de maior densidade *a posteriori* (HPD 95%). Além disso, foi observada pequena variação (0,20 a 0,25) nas estimativas de herdabilidade entre as diferentes análises.

Tabela 2. Estimativas *a posteriori* dos componentes de variância e herdabilidade para escore de condição corporal (ECC), idade ao primeiro parto (IPP), reconcepção (REC) e intervalo de partos (IP), obtidos em análise bi-características.

		Média (DP)	HPD 95%	N _{ES}
Característica		Análise 1		
ECC	σ_a^2	0,006 (0,001)	0,004 a 0,008	774
	σ_e^2	0,027 (0,008)	0,017 a 0,042	3602
	h^2	0,205 (0,045)	0,115 a 0,294	1386
IPP	σ_a^2	2319 (156,1)	1999 a 2607	3103
	σ_e^2	2756 (125,8)	2510 a 2997	3264
	h^2	0,456 (0,026)	0,404 a 0,509	3104
		Análise 2		
ECC	σ_a^2	0,038 (0,014)	0,016 a 0,066	341
	σ_e^2	0,140 (0,123)	0,029 a 0,354	1214
	h^2	0,253 (0,084)	0,093 a 0,411	3821
REC	σ_a^2	0,067 (0,027)	0,022 a 0,120	123
	σ_e^2	1,013 (0,022)	0,971 a 1,058	4000
	h^2	0,061 (0,023)	0,022 a 0,106	121
		Análise 3		
ECC	σ_a^2	0,010 (0,001)	0,006 a 0,013	816
	σ_e^2	0,034 (0,017)	0,014 a 0,065	2988
	h^2	0,247 (0,064)	0,112 a 0,367	1964
IP	σ_a^2	170,8 (60,10)	64,76 a 294,5	197
	σ_e^2	3839 (84,86)	3668 a 4001	418

h^2	0,042 (0,014)	0,015 a 0,072	196
-------	---------------	---------------	-----

σ_a^2 = estimativa de variância genética aditiva direta; σ_e^2 = estimativa de variância residual; h^2 = estimativa de herdabilidade; Média (DP) = Média (desvio padrão); HPD (95%) = maior densidade a *posteriori* (menor e maior limite para intervalo de 95%); N_{ES} = tamanho efetivo da amostra.

Dentre as estimativas de herdabilidade para as características reprodutivas, a de IPP foi a maior, com valor de 0,45. As estimativas de herdabilidade de reconcepção (REC) e intervalo de partos (IP) foram 0,06 e 0,04, respectivamente. Diferente do ocorrido nas análises uni-característica (dados não apresentados), na análise bi-característica de ECC com REC foram observados menor tamanho efetivo das amostras, o que demonstrou que a análise bi-característica teve influência nas estimativas de variância aditiva e herdabilidade de reconcepção.

O ECC foi negativamente correlacionado com IPP (-0,24) e com IP (-0,20). Por outro lado, a estimativa de correlação genética encontrada entre ECC e REC foi positiva com valor médio de 0,57 e menor tamanho efetivo de amostras. As correlações ambientais entre ECC e características reprodutivas foram quase nulas, indicando que não houve correlação entre as mesmas (Tabela 3).

Tabela 3. Estimativas de correlações genéticas (r_a) e ambientais (r_e) entre escore de condição corporal (ECC) e idade ao primeiro parto (IPP), ECC e reconcepção (REC) e ECC e intervalo de partos (IP).

		Média (DP)	HPD95%	N_{ES}
ECC				
IPP	r_a	-0,24 (0,07)	-0,387 a -0,099	1444
	r_e	0,003 (0,03)	-0,055 a 0,064	2333
REC	r_a	0,57 (0,19)	0,232 a 0,965	65
	r_e	0,06 (0,03)	-0,004 a 0,128	411
IP	r_a	-0,20 (0,21)	-0,622 a 0,235	124
	r_e	-0,01 (0,02)	-0,061 a 0,037	349

Média (DP) = Média (desvio padrão); HPD (95%) = maior densidade a *posteriori* (menor e maior limite para intervalo de 95%); N_{ES} = tamanho efetivo da amostra

Discussão

As estimativas de herdabilidade de ECC obtidas neste estudo estão próximas do intervalo descrito na literatura para animais Nelore. Mercadante et al. (2006) relataram estimativas de 0,21 com base em medidas durante a estação de monta, Fernandes et al. (2015) e Silveira et al. (2015) encontraram 0,23 para ECC mensurado no diagnóstico de gestação. Os resultados encontrados evidenciam que há variabilidade genética para o escore de condição corporal e que esta medida poderia ser usualmente registrada nas fazendas de gado Nelore visando maiores estudos e a redução de perdas reprodutivas.

Alguns autores relataram estimativas de herdabilidade para IPP em vacas Nelore, obtidas por máxima verossimilhança restrita, variando de 0,06 a 0,37 (BERTAZZO et al., 2004; FORNI e ALBUQUERQUE, 2005; BOLIGON et al., 2007; GROSSI et al., 2008; BOLIGON et al., 2011; BARROSO et al., 2011; CAETANO et al., 2013; MOREIRA et al., 2015), as quais apresentam grande variação e são menores que a estimada no presente estudo. Faria et al. (2008) estudaram fêmeas da raça Nelore e comentaram que a estimação de parâmetros genéticos para IPP com modelo linear (0,27) produz resultado bem inferior à estimação com modelo de limiar (0,40), valor próximo ao encontrado no presente estudo (0,45).

A grande variação nos valores de herdabilidade de IPP relatada na literatura pode ser devida às diferenças de manejo nos rebanhos avaliados. Neste trabalho, houve variação na época de exposição das novilhas à reprodução com até três estações de monta, fato que pode explicar a variabilidade genética encontrada para IPP neste estudo. Além disso, não foram considerados, no presente trabalho, dados preditos a partir de parentes, ou seja, foram incluídas na análise somente fêmeas com registros para IPP.

Estimativas de herdabilidade de reconcepção em vacas Nelore variaram de 0,06 a 0,18 (BOLIGON et al., 2012; GUARINI et al., 2015), valores que delimitam a estimativa obtida na presente pesquisa. De modo equivalente, Gressler et al. (2005) também estimaram herdabilidade baixa para IP (0,03), em vacas Nelore e Buzanskas et al. (2012) estimaram 0,06 para IP, em vacas Canchim.

Os valores de pequena magnitude apresentados para a estimativa de herdabilidade das características reprodutivas se devem a grande influência do meio ambiente e ação não-aditiva de genes. Os dados avaliados nesse estudo são oriundos de rebanhos sob manejos distintos devido a diversidade edafoclimática das diferentes regiões do país. Essas variações propiciam variâncias ambientais mais altas. As estimativas obtidas indicam que a seleção direta para REC e IP não promoveria mudança genética nessas características

As correlações genéticas estimadas entre ECC e IPP (-0,25), e entre ECC e IP (-0,20), demonstra que a seleção de fêmeas com base em maior ECC levaria à partos em idade mais jovem e menor intervalo de partos. Por outro lado, a estimativa de correlação genética entre ECC e REC (0,57) evidencia que o aumento da condição corporal poderia elevar as taxas de reconcepção das fêmeas na população estudada. Esse estudo é inédito para zebuínos e na literatura consultada não há relatos para fins de comparação.

No Brasil, a avaliação do ECC têm sido realizada para identificar fêmeas com maiores reservas corporais, e, por consequência, aptas a reprodução. Além disso, o uso do ECC evitaria perdas econômicas associada a distúrbios metabólicos e reprodução ineficiente. Segundo Santos et al. (2009), a avaliação do ECC é uma prática adequada para venda de vacas gordas da raça Nelore, que geralmente são descartadas por falhas reprodutivas.

Em sistemas de pastejo extensivo, as vacas de corte, normalmente, não consomem a quantidade necessária de nutrientes para suas necessidades de manutenção, gestação e lactação. Geralmente, essas reservas são perdidas quando a qualidade da forragem cai por razões climáticas ou por manejo inadequado da pastagem. Portanto, o sucesso econômico vem, principalmente, do manejo ótimo da reserva energética dessas vacas (NRC, 1996). Essa reserva pode ser monitorada pelo registro do escore de condição corporal.

Diante dos resultados obtidos nessa pesquisa, a seleção de vacas com base em melhor condição corporal pode ser vista como estratégia alternativa à seleção direta para características como IP e REC. Além da sua coleta ser rápida e não invasiva, o ECC poderia trazer mudanças genéticas em termos de assiduidade reprodutiva sem dificultar o manejo ou agregar custos ao produtor.

Conclusão

A seleção direta para ECC e IPP traria mudanças genéticas, entretanto não haveria resposta à seleção com a inclusão de reconcepção e intervalo de partos no índice de seleção de vacas Nelore.

ECC pode ser indicador do desempenho reprodutivo de fêmeas na população estudada e a seleção aplicada à maior ECC levaria a menores idade ao primeiro parto e intervalo de partos, bem como ao aumento da taxa de reconcepção.

Referências

Blanc F and Agabriel J 2008. Modelling the reproductive efficiency in a beef cow herd: effect of calving date, bull exposure and body condition at calving on the calving–conception interval and calving distribution. *Journal of Agricultural Science* 146, 143–161.

Barrozo D, Buzanskas ME, Oliveira JA, Munari DP, Neves HHR and Queiroz SA 2011. Genetic parameters and environmental effects on temperament score and reproductive traits of Nelore cattle. *Animal* 6, 36–40.

Bertazzo RP, Freitas RTF, Gonçalves TM, Pereira IG, Eler JP, Ferraz JBS, Oliveira AIG and Andrade IF 2004. Parâmetros genéticos de longevidade e produtividade de fêmeas da raça Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia* 33, 1118-1127.

Bohnert SW, Stalker LA, Mills RR, Nyman A, Falk SJ and Cooke RF 2013. Late gestation supplementation of beef cows differing in body condition score: Effects on cow and calf performance. *Journal of Animal Science* 91, 5485–5491.

Boligon AA, Rorato PRN and Albuquerque LG 2007. Correlações genéticas entre medidas de perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36, 565–571.

Boligon AA and Albuquerque LG 2011. Genetic parameters and relationships of heifer pregnancy and age at first calving with weight gain, yearling and mature weight in Nelore cattle. *Livestock Science* 141, 12–16.

Boligon AA, Ayres DR, Pereira RJ, Morotti NP and Albuquerque LG 2012. Genetic associations of visual scores with subsequent rebreeding and days to first calving in Nelore cattle. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 129, 448-456.

Buzanskas ME, Savegnago RP, Grossi DA, Venturini GC, Queiroz SA, Silva LOC, Torres Júnior RAA, Munari DP and Alencar MM 2012. Genetic parameter estimates and principal component analysis of breeding values of reproduction and growth traits in female Canchim cattle. *Reproduction, Fertility and Development*.

Caetano SL, Savegnago RP, Boligon AA, Ramos SB, Chud TCS, Lôbo RB and Munari DP 2013. Estimates of genetic parameters for carcass, growth and reproductive traits in Nellore cattle. *Livestock Science* 155, 1–7.

Cammack KM, Thomas MG and Enns RM 2009. Review: Reproductive traits and their heritabilities in beef cattle. *The professional Animal Scientist* 25, 517–528

Cassady JM, Maddock TD, DiCostanzo A and Lamb GC 2009. Body composition and estrous cyclicity responses of heifers of distinct body conditions to energy restriction and repletion. *Journal of Animal Science* 87, 2255–2261

DeRouen SM, Franke DE, Morrison DG, Wyatt WE, Coombs DF, White TW, Humes PE and Greene BB 1994. Prepartum body condition and weight influences on reproductive performance of first-calf beef cows. *Journal of Animal Science* 72, 1119–1125.

Faria CU, Magnabosco CU, Albuquerque LG, Reyes A de los, Bezerra LAF and Lobo RB 2008. Bayesian and frequentist approaches in three trait genetic analysis for growth and reproduction in Nelore cattle. *Ciência Animal Brasileira* 9, 598–607.

Fernandes AFA, Neves HHR, Carneiro R, Oliveira JA and Queiroz SA 2015. Body condition score of Nelore beef cows: a heritable measure to improve the selection of reproductive and maternal traits. *Animal* 9, 1278–1284.

Forni S and Albuquerque LG 2005. Estimates of genetic correlations between days to calving and reproductive and weight traits in Nelore cattle. *Journal of Animal Science* 83, 1511–1515.

Gressler MGM, Pereira JCC, Bergmann JAG, Andrade VJ, Paulino MF and Gressler SL 2005. Aspectos genéticos do peso à desmama e de algumas características reprodutivas de fêmeas Nelore. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 57, 533–538.

Grossi DA, Frizzas OG, Paz CCP, Bezerra LAF, Lôbo RB, Oliveira JA and Munari DP 2008. Genetic associations between accumulated productivity, and reproductive and growth traits in Nelore cattle. *Livestock Science* 117, 139–146.

Guarini AR, Neves HHR, Schenkel FS, Carneiro R, Oliveira JA and Queiroz SA 2014. Genetic relationship among reproductive traits in Nelore cattle. *Animal* 1, 1–6.

Harville DA and Mee RW 1984. A mixed-model procedure for analyzing ordered categorical data. *Biometrics* 40, 393–408.

Johnston DJ, Barwick SA, Cobert NJ, Fordyce G, Holroyd RG, Williams PJ and Burrow HM 2009. Genetics of heifers puberty in two tropical beef genotypes in northern Australia and associations with heifer and steer production traits. *Animal Production Science*, 49, 399-412

Machado R, Corrêa RF, Barbosa RT and Bergamaschi MACM 2008. Escore da condição corporal e sua aplicação no manejo reprodutivo de ruminantes. Technical circular 57th, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, Brazil.

Mercadante MEZ, Razook AG, Silva JAV and Figueiredo LA 2006. Escore de condição corporal de vacas da raça Nelore e suas relações com características de tamanho e reprodução. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 14,143–147.

Misztal I, Tsuruta S, Strabel T, Auvray B, Druet T and Lee DH 2002. BLUPF90 and related programs (BGF90). Proc. 7th World Congress Gen. Appl. Livest. Prod., Montpellier, France. Communication N° 28–07.

Moraes JCF, Jaime CM, Souza CJH 2007. Body condition score to predict postpartum fertility of crossbred beef cows. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42, 741-746.

Moreira HL, Buzanskas ME, Munari DP, Canova ÉB, Lôbo RB and de Paz CCP 2015. Reproductive traits selection in Nelore beef cattle. *Ciência Agrotécnica*, Lavras 39, 355-362.

Morris ST, Morel PCH and Kenyon PR 2006. The effect of individual liveweight and condition of beef cows on their reproductive and birth and weaning weights of calves. *New Zealand veterinary journal*, short communication, 54, 96-100.

NRC (1996) *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. Washington, DC, USA: National Academy Press. 248p. Seventh Revised Edition.

Plummer M, Best NG, Cowles K and Vines K 2011. Coda: Output analysis and diagnostics for MCMC simulations. R package version 0.14-4. Accessed Jan.30, 2015. <http://cran.r-project.org/web/packages/coda/coda.pdf>

Quintans G, Banchero G, Carriquiry M, López-Mazz C and Baldi F 2010. Effect of body condition and suckling restriction with and without presence of the calf on cow and calf performance. *Animal Production Science* 50, 931–938

R Development Core Team (2015). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Accessed Jan.30, 2015. <http://www.r-project.org>. ISBN 3-900051-07-0

Roche JF, Crowe MA, Boland MP 1992. Postpartum anoestrus in dairy and beef cows. *Animal Reproduction Science* 28, 371-378.

Rust T, Schoeman SJ, Westhuizen JVD, Wyk JBV 2009. Non-linear model analysis of categorical traits related to female reproduction efficiency in beef cattle. *South African Journal of Animal Science* 39.

Santos AS, Abreu UGP, Souza GS, Catto JB 2009. Condição corporal, variação de peso e desempenho reprodutivo de vacas de cria em pastagem nativa no Pantanal. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38, 354-360.

Silveira DD, Souza FRP, Brauner CC, Ayres DR, Silveira FA, Dionello NJL and Boligon AA 2015. Body condition score of Nelore cows and its relation with mature size and gestation length. *Livestock Science* 175, 10–17.

Soca P, Carriquiry M, Keisler DH, Claramun M, Do Carmo M, Oliveira-Muzante J, Rodríguez M and Meikle A 2013a. Reproductive and productive response to suckling restriction and dietary flushing in primiparous grazing beef cows. *Animal Production Science* 53, 283-291.

Soca P, Carriquiry M, Claramun M, Ruprecht G and Meikle A 2013b. Metabolic and endocrine profiles of primiparous beef cows grazing native grassland. 2.Effects of body condition score at calving, type of suckling restriction and flushing on plasmatic and productive parameters. *Animal Production Science*.

Spitzer JC, Morrison DG, Wettemann RP and Faulkner LC 1995. Reproductive responses and calf birth and weaning weights as affected by body condition at parturition and postpartum weight gain in primiparous beef cows. *Journal of Animal Science* 73, 1251-1257.

Van Tassell CP, Van Vleck LD and Gregory KE 1998. Bayesian analysis of twinning and ovulation rates using a multiple – trait threshold model and gibbs sampling. *Journal of Animal Science* 76, 2048–2061.

Waldner CL and Guerra AG 2013. Cows attributes, herd management, and reproductive history events associated with the risc of nonpregnancy in cow-calf herds in Western Canada. *Theriogenology* 79, 1083-1094.

Wright IA, Rhind SM and Whyte TK 1992. Effect of body condition at calving and feeding level after calving on LH profiles and duration of the post-partum anoestrous period in beef cows. *Animal Production* 55, 41-46.

Considerações Finais

Num primeiro momento, realizou-se uma breve revisão sobre aspectos fisiológicos ligados à condição corporal, do aprimoramento dos métodos utilizados e as épocas adequadas para avaliar o ECC. Demonstrou-se também que esse escore está intimamente relacionado com a saúde dos rebanhos e que ele é bom indicador reprodutivo tanto em grandes, quanto em pequenos ruminantes. Além disso, observou-se que há interação entre a ingestão de nutrientes e a condição corporal, indicando que o ECC pode ajudar na criação de estratégias alimentares, com intuito de melhorar a distribuição de alimentos e reduzir os custos de produção.

No experimento inicial, constatou-se que todas as características mensuradas ao sobreano responderiam à seleção direta e haveria progresso genético na população pesquisada. A partir das correlações genéticas infere-se que a condição corporal da vaca seria aumentada como resultado de seleção para maior peso ao sobreano; mas quando aplicada a seleção com base no maior GS, levaria a pouca mudança no ECC. Com relação à condição corporal e altura, recomenda-se a seleção de fêmeas medianas ao sobreano, com intuito de não elevar o tamanho do animal adulto e evitar perdas de ECC à maturidade. Quanto à composição em peso, a seleção por maior escore de conformação traria pouca ou nenhuma mudança na condição corporal adulta; em contrapartida, a seleção por maiores escores de precocidade e de musculabilidade poderia acarretar em vacas mais gordas.

No tocante à maturidade, na segunda pesquisa, encontrou-se que peso e altura responderiam à seleção direta e haveria mudanças genéticas nos rebanhos. A seleção de vacas com melhor condição corporal produziria fêmeas mais pesadas na fase adulta, mas não levaria à redução da altura de garupa. Na última pesquisa, com relação às características reprodutivas, somente a idade ao primeiro parto poderia ser considerada em estratégias de seleção. Selecionar fêmeas com base em maior ECC anteciparia a reprodução das mesmas, com a ocorrência do primeiro parto em idade mais jovem, menor intervalo de partos e aumento da reconcepção.

Os resultados dos três experimentos indicaram variabilidade genética suficiente para que o ECC possa ser incluído em índices de seleção de

fêmeas. Assim, com intuito de antecipar a avaliação da condição corporal, conclui-se que, ao sobreano, as fêmeas poderiam ser selecionadas para maior peso e escores visuais de precocidade e musculosidade, bem como altura de garupa mediana. Na primeira pesagem adulta, aos quatro anos de idade, poderia ser aplicada a seleção das vacas, com base em maior ECC e altura mediana, objetivando a correção do tamanho das matrizes. Além disso, sugere-se que o monitoramento do ECC até que o último desmame de cada vaca seja realizado, garantindo rendimento de carcaça no momento de abate das vacas de descarte.