

Perfil de ácidos graxos da carne de novilhos europeus e zebuínos alimentados com milheto

Rodrigo Medeiros da Silva⁽¹⁾, João Restle⁽²⁾, Regis Luis Missio⁽³⁾, Moacir Evandro Lage⁽²⁾, Paulo Santana Pacheco⁽⁴⁾, Ubirajara Oliveira Bilego⁽⁵⁾, João Teodoro Pádua⁽²⁾ e Daiane Aparecida Fausto⁽⁶⁾

⁽¹⁾Universidade Estadual de Goiás (UEG), Rua da Saudade, nº 56, Vila Eduarda, CEP 76100-000 São Luís de Montes Belos, GO, Brasil. E-mail: rodrigo.medeiros@ueg.br ⁽²⁾UEG, Escola de Veterinária e Zootecnia, Campus II, Samambaia, Caixa Postal 131, CEP 74001-979 Goiânia, GO, Brasil. E-mail: jorestle@terra.com.br, moacir@cpa.vet.ufg.br, teodoro@vet.ufg.br ⁽³⁾Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, Caixa Postal 571, CEP 85503-390 Pato Branco, PR, Brasil. E-mail: regisluismissio@gmail.com ⁽⁴⁾Universidade Federal de Santa Maria, Campus Universitário, Camobi, CEP 97105-900 Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: pacheco.dz.ufsm@hotmail.com ⁽⁵⁾Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano, Avenida Presidente Vargas, Quadra 19, Lote 1878, Jardim Goiás, CEP 75903-290 Rio Verde, GO, Brasil. E-mail: birabilego@hotmail.com ⁽⁶⁾Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Avenida Pádua Dias, nº 11, CEP 13418-900 Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: daianefausto@usp.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o perfil de ácidos graxos da carne de novilhos mestiços alimentados, em confinamento, com dietas contendo níveis crescentes de grão de milheto moído em substituição ao grão de milho moído. Foram utilizados 24 tourinhos mestiços europeus e 24 mestiços zebuínos, abatidos aos 24 meses de idade, após 96 dias de confinamento. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com os tratamentos em arranjo fatorial 4x2 (quatro dietas com 0, 33, 66 e 100% de milheto no concentrado e dois grupos genéticos) com seis repetições. O aumento dos níveis de grão de milheto na dieta elevou linearmente a participação dos ácidos graxos, araquídico (C20:0), heneicosanoico (C21:0), α -linolênico (C18:3 n-3) e dihomo- γ -linolênico (C20:3 n-6). Tourinhos europeus apresentaram carne com menor teor dos ácidos graxos, mirístico (C14:0), heneicosanoico (C21:0) e γ -linolênico (C18:3 n-6) do que tourinhos zebuínos. A concentração total de ácidos graxos saturados (45,2%), monoinsaturados (41,2%) e poli-insaturados (8,7%), e a relação monoinsaturados/saturados (1,09) e poli-insaturados/saturados (0,18) não foi alterada pelos grupos genéticos e pelas dietas. O aumento da percentagem de grão de milheto na dieta de tourinhos europeus ou zebuínos melhora a relação entre os ácidos graxos ω -6/ ω -3.

Termos para indexação: *Pennisetum americanum*, ácidos graxos saturados, bovinos, carne, CLA, linoleico.

Fatty acid profile of meat from European and Zebu bulls fed with pearl millet

Abstract – The objective of this work was to evaluate the fatty acid profile of crossbreed steers, in confinement, fed with diets containing increasing levels of ground millet grain in replacement to ground corn grain. Twenty-four European crossbred bulls and 24 Zebu crossbred bulls, slaughtered at 24 months of age, after 96 days in confinement, were used. The experimental design was completely randomized with treatments in a 4x2 factorial arrangement (four diets with 0, 33, 66, and 100% of pearl millet in the concentrate and two genetic groups) with six replicates. The increase in the levels of pearl millet grain in the diet increased linearly the participation of the arachidic (C20:0), heneicosanoic (C21:0), α -linolenic (C18:3 n-3), and dihomo- γ -linolenic (C20:3 n-6) fatty acids. European bulls showed meat with lower content of myristic (C14:0), heneicosanoic (C21:0), and γ -linolenic (C18:3 n-6) fatty acids than the Zebu bulls. The total concentration of saturated (45.2%), monounsaturated (41.2%), and polyunsaturated (8.7%) fatty acids, and the monounsaturated/saturated (1.09) and polyunsaturated/saturated (0.18) ratio were not affected by the genetic groups and diets. The increase in the percentage of millet grain in the diet of European and Zebu bulls improves the ratio between ω -6/ ω -3 fatty acids.

Index terms: *Pennisetum americanum*, saturated fatty acids, cattle, meat, CLA, linoleic.

Introdução

O confinamento de bovinos é uma prática que tem aumentado no Brasil, de 3,31 milhões de cabeças em 2005 para 4,27 milhões em 2013 (Anualpec, 2013). Além dos benefícios relacionados ao sistema de

produção, como liberação de áreas de pastagens para o rebanho de cria, redução da idade de abate e aumento da taxa de desfrute, o confinamento possibilita melhorias na padronização dos cortes cárneos e na qualidade da carne, reflexo do melhor acabamento de carcaça e da redução da idade de abate, o que impacta positivamente

as características de interesse econômico como, coloração, textura e maciez da carne, entre outras.

Apesar dos benefícios sobre as principais características físico-químicas da carne, a alimentação de bovinos em confinamento tem sido associada à produção de carne menos saudável em relação à produzida a pasto, o que se deve aos maiores teores de ácidos graxos saturados, notadamente mirístico e palmítico, e ao menor teor de ácidos graxos poli-insaturados (De Smet et al., 2004; Darley et al., 2010; Bressan et al., 2011). Além disso, o custo de produção é conhecidamente maior em confinamento do que a pasto, fato que tem sido agravado pela valorização do milho. Isso tem determinado a busca por alimentos que possam substituir o milho, entre os quais o grão de milho é uma alternativa (Bergamaschine et al., 2011).

Em razão da associação entre a produção de carnes menos saudáveis e a utilização do confinamento, diversos estudos têm sido realizados para avaliar o perfil de ácidos graxos da carne de bovinos confinados, em função das estratégias de alimentação e do grupo genético dos animais (Sami et al., 2006; Fernandes et al., 2009; Bressan et al., 2011). Essas pesquisas têm mostrado respostas diferenciadas para o perfil de ácidos graxos da carne entre *Bos taurus* e *B. indicus*, em decorrência da dieta oferecida. Há evidências de que zebuínos alimentados com elevadas proporções de concentrado depositam maiores quantidades de ácidos graxos saturados (Bressan et al., 2011), e que o perfil de ácidos graxos dos grãos de cereais é determinante sobre os ácidos graxos da carne (Fernandes et al., 2009).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o perfil de ácidos graxos da carne de novilhos mestiços alimentados, em confinamento, com dietas contendo níveis crescentes de grão de milho moído em substituição ao grão de milho moído.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido entre agosto e novembro de 2010, no Setor de Bovinocultura de Corte do Centro Tecnológico da Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano, Município de Rio Verde, GO (17°46'22"S, 51°02'86"W, a 815 m de altitude). Utilizaram-se 45 tourinhos mestiços europeus e 44 zebuínos, com peso médio inicial de, respectivamente, 317,8 e 320,7 kg e idade média inicial,

avaliada pela dentição, de 21 meses. Os animais, oriundos de leilão comercial, foram classificados quanto ao genótipo por profissional treinado, com base em suas características fenotípicas, em que os animais de cada genótipo foram distribuídos aleatoriamente nas dietas experimentais (Tabela 1).

Anteriormente ao experimento, os animais foram submetidos ao controle de endo e ectoparasitas, vacinados contra pasteurelose e adaptados às instalações e às dietas por sete dias. Os animais foram confinados em baias coletivas (10x7,70 m), equipadas com bebedouros e comedouros, com piso de cascalho e declive do terreno de 5%, de modo que cada baia continha apenas animais do mesmo genótipo. O período de confinamento totalizou 96 dias, com alimentação à vontade (9 h e 17 h). As dietas foram balanceadas para ganho de peso de 1,5 kg por dia, e o consumo foi estimado em 2,4% do peso corporal (National Research Council, 1996).

As dietas foram balanceadas para serem isonitrogenadas, tendo apresentado valores de, respectivamente, 14,2, 14,2, 14,4 e 14,2% para os níveis de 0, 33, 66 e 100% de milho em substituição ao milho. Os teores de matéria seca foram de 66, 66,2, 66,5 e 66,7% para os níveis de 0, 33, 66 e 100% de milho na dieta, respectivamente. Os teores de extrato etéreo foram de 3,4, 2,8, 5,5 e 6,6, respectivamente, para os níveis de 0, 33, 66 e 100% de milho na dieta. Os teores de fibra em detergente neutro, corrigidos para cinzas e proteínas, foram de 10,7, 10,3, 12,2 e 12,7 para os níveis de 0, 33, 66 e 100% de milho na dieta, respectivamente. Os teores de nutrientes digestíveis totais foram de 87,2, 85,9, 88,6 e 89,3 para os níveis de 0, 33, 66 e 100% de milho na dieta, respectivamente.

Ao final do período de confinamento, em razão do custo de depreciação com a retirada da seção HH

Tabela 1. Composição percentual das dietas.

Ingredientes	Nível de milho na dieta (%)			
	0	33	66	100
Silagem de milho (% da MS)	20,00	20,02	20,00	20,02
Grão de milho moído (% da MS)	70,50	48,96	25,06	0,00
Grão de milho moído (% da MS)	0,00	24,05	49,88	77,47
Farelo de soja (% da MS)	8,02	5,49	3,61	1,19
Ureia pecuária (% da MS)	0,62	0,63	0,60	0,49
Núcleo mineral ⁽¹⁾ (% da MS)	0,86	0,85	0,85	0,83

⁽¹⁾Níveis de garantia (g kg⁻¹): Ca, 117–130; P, 61; S, 9,0; Na, 150; Mg, 694; Zn, 5,78; Mn, 1,0; Cu, 1,88; Co, 0,16; I, 0,165; Se, 0,025; monensina sódica, 2,4. MS, matéria seca.

das carcaças, foram selecionados aleatoriamente seis animais de cada genótipo nas diferentes dietas, o que totalizou 24 tourinhos mestiços europeus e 24 tourinhos mestiços zebuínos. Os tourinhos foram submetidos a jejum total por 12–14 horas e abatidos em frigorífico comercial com fiscalização do Serviço de Inspeção Federal, tendo-se seguido o fluxo normal da linha de abate. Após o abate, as carcaças foram identificadas, divididas ao meio, pesadas e levadas a câmara fria por 24 horas, a temperatura entre 0 e 2°C.

Das carcaças direitas, foram retirados os músculos *Longissimus dorsi*, entre a nona e a décima primeira costela, os quais foram embalados, identificados e congelados a -18°C. Após 60 dias, foram retirados, da porção cranial desse músculo, um bife com espessura de 2,5 cm. Os bifês foram descongelados em temperatura ambiente, tendo-se descartado a gordura de cobertura, secos em estufa com ventilação forçada de ar (55°C) e moídos em moinho tipo Willey (partícula de 1 mm).

O teor de lipídios totais foi determinado segundo Bligh & Dyer (1959). Para isso, 25 mg de gordura bovina foram pesados em tubos que continham padrão interno (0,2 mL de uma solução com concentração de 10 mg 2mL⁻¹ de tricosanoato de metila, C23:0) e 1,5 mL de solução metabólica de NaOH 0,5 mol L⁻¹. A solução foi aquecida em banho-maria a 100°C por 5 min e resfriada em água corrente até a temperatura ambiente. Em seguida, foram adicionados 2 mL de solução de trifluoreto de boro (BF₃) a 12% em metanol, e a solução foi novamente aquecida em banho-maria, a 100°C, durante 30 min e resfriada em água corrente até a temperatura ambiente. Em seguida, foi adicionado 1 mL de hexano a esta solução, que foi agitada vigorosamente por 30 s e adicionada de 5 mL de solução aquosa saturada de NaCl. A amostra esterificada foi centrifugada a 18,3 g por 5 min, e o sobrenadante foi retirado e transferido para um frasco âmbar de 5 mL. Mais 1 mL de hexano foi adicionado ao tubo, que foi novamente agitado e centrifugado, e o sobrenadante foi adicionado à fração anterior. A mistura dos sobrenadantes foi concentrada para um volume final de aproximadamente 1 mL, com uso de N₂ gasoso comercial.

A determinação dos ácidos graxos (AG) foi realizada em cromatógrafo gasoso (CG), modelo Focus GC (Thermo-Finnigan, Milão, Itália), com detector de ionização em chama a 250°C, injetor split (razão de 1:70) a 225°C e coluna RT-2560 (Restek Corporation,

Bellefonte, PA, EUA) de 100 m de comprimento por 0,25 mm de diâmetro interno e 0,2 µm de espessura do filme da fase líquida. A temperatura inicial do forno foi de 100°C durante 4 min; a temperatura foi programada para elevar 3°C por minuto até atingir 240°C, tendo permanecido estável por 30 min. O tempo de corrida total foi de 80,67 min com velocidade do gás de arraste (hidrogênio) de 1,2 mL min⁻¹ e injeção de 1 µL de amostra. A integração das áreas dos picos foi realizada com uso do programa ChromQuest 4.1 (Thermo Fisher Scientific Brasil Instrumentos de Processo Ltda., São Paulo, SP). Os ácidos graxos foram identificados por comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com os padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos (Sigma-Aldrich, Saint Louis, MO, EUA) e por cocromatografia. A quantificação foi feita por padronização interna (Joseph & Ackman, 1992) e expressa em percentual (%).

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com os tratamentos em arranjo fatorial 4x2, com seis repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, à regressão e ao teste de ajuste das equações de regressão (“lack-of-fit”), tendo-se utilizado o Proc Reg do SAS, versão 9.2 (SAS, Cary, NC, EUA). Quando os dados não se ajustaram às equações de regressão, as médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Utilizou-se o modelo matemático geral,

$$\gamma_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \epsilon_k + \epsilon_{ijk},$$

em que: γ_{ijk} é a variável dependente; μ é a média geral; τ_i é o efeito das dietas; β_j é o efeito do grupo genético j ; $(\tau\beta)_{ij}$ é a interação entre a dieta i e o grupo genético j ; e ϵ_{ijk} é o erro experimental residual. No estudo de regressão, utilizou-se o modelo,

$$\gamma_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \beta_3 X_i^3 + \alpha_j + \epsilon_{ij},$$

em que: γ_{ij} são as variáveis dependentes; β 's são os coeficientes de regressão; X_i são as variáveis independentes; α_j são os desvios da regressão; e ϵ_{ij} é o erro aleatório residual.

Resultados e Discussão

Não houve interação entre os níveis de substituição do grão de milho pelo de milheto e as predominâncias genéticas. O teor dos ácidos graxos saturados (AGS), exceto os de mirístico (C14:0), araquídico (C20:0) e heneicosanoico (C21:0), bem como os AGS totais não foram alterados pelo nível de substituição do grão de

milho pelo de milho e pelo grupo genético dos animais (Tabela 2). Esses resultados foram possivelmente associados ao similar conteúdo de lipídios totais da carne. Abreu et al. (2014), ao avaliar a substituição do milho pelo milho (0, 25, 50 e 75%) na dieta de suínos, não observaram alteração do teor de AGS da carne, o que mostra equidade do perfil de AGS desses grãos e, de certa forma, pode ter contribuído para os resultados obtidos. Deve-se destacar, no entanto, que o teor de AGS da carne de ruminantes é resultado da lipólise e da biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados no rúmen e da síntese “de novo” no tecido adiposo (Jenkins et al., 2007; Smith et al., 2009).

O teor de AGS está diretamente associado à gordura total da carcaça (Wood et al., 2004), especialmente à gordura intramuscular (De Smet et al., 2004; Bressan et al., 2011). De forma geral, animais alimentados com grãos apresentam carne com maior marmoreio e maior teor de AGS que animais terminados a pasto (Darley et al., 2010; Bressan et al., 2011). Em dietas isoenergéticas, não é incomum verificar teores similares de AGS (Holló et al., 2008; Fernandes et al., 2009), embora a formulação de dietas com alimentos que favoreçam a deposição de gordura intramuscular possa promover o aumento do teor de AGS da carne (Sami et al., 2006). Porém, em razão do maior teor de

gordura intramuscular, animais de genótipo europeu podem apresentar maior teor de AGS que animais zebuínos (Metz et al., 2009; Bressan et al., 2011).

Os teores dos ácidos araquídico (C20:0) e heneicosanoico (C21:0) aumentaram linearmente com o nível de grão de milho na dieta (Tabela 2), apesar de baixas participações na carne (0,11 e 0,04%, respectivamente). Contudo, o ácido mirístico (C14:0) foi inferior nos novilhos europeus (3,07%) em relação aos zebuínos (3,56%), enquanto o ácido heneicosanoico foi superior nos novilhos europeus (0,05%) em comparação aos zebuínos (0,03%). Esses resultados foram discordantes dos obtidos por Metz et al. (2009) e Prado et al. (2011), os quais não encontraram diferença para o teor do ácido mirístico (C14:0) entre animais zebuínos e europeus. Entretanto, Rossato et al. (2009) e Rotta et al. (2009) constataram maior teor de C14:0 na carne de animais *B. indicus* do que na de *B. taurus*, o que pode ser resultado tanto do grau de marmoreio da carne como da menor capacidade de dessaturação de AGS no tecido adiposo de zebuínos, especialmente em dietas com elevado teor de concentrado (Smith et al., 2009; Bressan et al., 2011).

Em dietas com similar teor de energia, como é o caso do presente trabalho, Holló et al. (2008) e Fernandes et al. (2009) não observaram alteração no teor do

Tabela 2. Variáveis referentes aos ácidos graxos saturados da carne de tourinhos europeus (E) e zebuínos (Z) alimentados com níveis de grão de milho na dieta.

Ácidos graxos (%)	Nível de milho na dieta (%)				GG		CV (%)	Fontes de variação ⁽¹⁾		
	0	33	66	100	E	Z		M	GG	M × G
Marmoreio ⁽²⁾	4,54	4,03	4,09	5,22	4,99	3,95	20,99	0,311	0,038	0,329
Lipídios	1,73	1,51	1,14	1,55	1,44	1,53	22,37	0,178	0,763	0,809
Caprílico (C8:0)	0,01	0,02	0,04	0,01	0,02	0,02	0,42	0,387	0,439	0,491
Cáprico (C10:0)	0,07	0,06	0,12	0,08	0,09	0,08	0,42	0,208	0,624	0,757
Undecanoico (C11:0)	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,051	0,840	0,825
Láurico (C12:0)	0,10	0,11	0,18	0,12	0,12	0,13	0,953	0,148	0,790	0,820
Tridecanoico (C13:0)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,10	0,768	0,631	0,499
Mirístico (C14:0)	3,20	3,16	3,58	3,31	3,07	3,56	18,79	0,368	0,016	0,301
Pentadecanoico (C15:0)	0,49	0,43	0,51	0,46	0,46	0,48	20,49	0,308	0,374	0,195
Palmitico (C16:0)	24,95	24,76	24,93	24,60	24,34	25,28	7,24	0,960	0,084	0,121
Margárico (C17:0)	1,27	1,06	1,21	1,07	1,20	1,11	20,05	0,086	0,212	0,522
Estearico (C18:0)	14,96	14,68	15,50	14,79	14,80	15,17	10,65	0,609	0,426	0,719
Araquídico (C20:0)	0,11	0,10	0,12	0,12	0,12	0,11	16,37	0,023	0,354	0,165
Henecosanoico (C21:0)	0,04	0,03	0,05	0,05	0,05	0,03	0,20	0,026	0,002	0,769
Behênico (C22:0)	0,04	0,04	0,06	0,04	0,04	0,05	0,45	0,214	0,269	0,324
Lignocérico (C24:0)	0,04	0,07	0,06	0,04	0,06	0,05	0,74	0,415	0,417	0,754
Total	45,30	44,56	46,38	44,72	44,39	46,09	7,51	0,640	0,107	0,304

⁽¹⁾M, % de milho na dieta; GG, grupo genético; M × G, interação entre fatores. ⁽²⁾Escala 1 a 18 pontos, em que 1–3, traços; e 16–18, abundante. C20:0 = 0,1038 + 0,000214x; R² = 0,24; probabilidade para os desvios da regressão (DR) = 0,834. C21:0 = 0,033 + 0,000173x; R² = 0,20; DR = 0,234.

ácido mirístico (C14:0); os autores não avaliaram o ácido araquídico (C20:0) e o heneicosanoico (C21:0). Sami et al. (2006), ao analisar dietas isoenergéticas, relataram que animais alimentados com silagem de capim e polpa de beterraba apresentaram carne com maior teor de ácido araquídico do que os alimentados com silagem de milho e grão de milho ou farelo de trigo, tendo sido o teor do ácido mirístico similar entre dietas.

Os AGS com maior participação na carne foram o palmítico (24,81%) e o esteárico (14,98%), resultados concordantes com Sami et al. (2006) e Hautrive et al. (2012). O aumento nos teores de AGS não é desejado, pois tende a elevar tanto as lipoproteínas de baixa (LDL) quanto as de alta (HDL) densidade. O AGS mirístico (C14:0) é hipercolesterolêmico, o palmítico (C16:0) tem ação hipercolesterolêmica menor e o ácido esteárico (C18:0), de grande participação na carne, tem efeito nulo (Hautrive et al., 2012).

O total dos ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) não foi alterado pelo nível de grão de milheto na dieta e pelos grupos genéticos dos animais (Tabela 3). Contudo, variações significativas nos teores de alguns AGMI ocorreram como efeito do grupo genético. O teor de AGMI apresenta correlação significativa com os lipídios intramusculares; no entanto, no que se refere à nutrição, essa relação só é relevante quando o teor de lipídios intramuscular for alterado significativamente, como resultado do aumento da marmorização do adipócito por hipertrofia (Smith et al., 2009).

O teor do ácido miristoleico (C14:1 n-5) foi superior nos novilhos zebuínos em relação aos novilhos

europeus (Tabela 3), o que pode estar associado ao teor de ácido mirístico na carne, pois o ácido graxo miristoleico é originado da dessaturação do ácido graxo mirístico pela enzima Δ^9 dessaturase 14 (De Smet et al., 2004). Da mesma forma, o ácido palmitoleico (C16:1 n-7) foi superior para os novilhos zebuínos em comparação aos europeus. Lopes et al. (2012), ao avaliar o perfil de ácidos graxos da carne de bovinos Red Norte ou Nelore, verificaram maior teor de ácido palmitoleico (C16:1 n-7) na carne dos animais Nelore, o que foi associado ao maior teor do AG palmítico e à maior atividade da enzima Δ^9 dessaturase 16. Porém, no presente trabalho, o teor de ácido transvacênico (C18:1 trans-11) foi superior para os novilhos europeus em relação aos zebuínos. O ácido vacênico é um importante precursor no metabolismo intermediário do ácido linoleico conjugado (CLA), responsável por 80–90% do CLA da gordura intramuscular da carne (Darley et al., 2010). Dessa maneira, espera-se que o aumento do teor de ácido vacênico eleve a quantidade de CLA (anticancerígeno) da carne (Darley et al., 2010), o que não foi verificado no presente trabalho (Tabela 4).

O ácido oleico (C18:1 n-9) apresentou maior participação entre os ácidos graxos da carne (média de 33,04%). A participação desse ácido na carne foi próxima ao valor médio (31,44%) obtido por Sami et al. (2006), que avaliou a carne de tourinhos Simental abatidos aos 16 meses de idade; entretanto, foi inferior ao valor médio (36,02%) encontrado por Rotta et al. (2009), ao avaliar a carne de tourinhos Nelore, Caracu ou Holandês, abatidos com 22 meses de idade. O ácido

Tabela 3. Variáveis referentes aos ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) da carne de tourinhos europeus (E) e zebuínos (Z) alimentados com níveis de milheto na dieta.

Ácidos graxos (%)	Nível de milheto na dieta (%)				GG		CV (%)	Fontes de variação ⁽¹⁾		
	0	33	66	100	E	Z		M	GG	M × G
Miristoleico (C14:1 n-5)	0,74	0,82	0,78	0,80	0,70	0,87	21,11	0,655	0,001	0,058
10-pentadecenoico (C15:1 n-5)	0,08	0,07	0,08	0,07	0,07	0,08	0,39	0,890	0,907	0,639
Palmitoleico (C16:1 n-7)	3,35	3,28	3,19	3,32	3,14	3,43	14,13	0,840	0,045	0,099
Heptadecenoico (C17:1 n-7)	0,54	0,48	0,58	0,68	0,57	0,56	4,16	0,666	0,906	0,649
Vacênico (C18:1 t-11)	2,96	3,21	3,62	3,10	4,04	2,40	9,02	0,752	0,001	0,345
Oleico (C18:1 n-9)	34,33	32,71	31,79	33,33	33,20	32,88	11,88	0,478	0,778	0,148
Gondoico (C20:1 n-9)	0,18	0,15	0,17	0,15	0,17	0,15	20,59	0,083	0,122	0,109
Erúxico (C22:1 n-9)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,14	0,624	0,849	0,635
Nervônico (C24:1 n-9)	0,06	0,06	0,04	0,03	0,05	0,05	0,61	0,470	0,865	0,388
Total	42,23	40,81	40,25	41,50	41,96	40,43	9,70	0,668	0,196	0,148
AGMI/AGS	1,09	1,10	1,06	1,11	1,13	1,05	14,62	0,632	0,137	0,141

⁽¹⁾M, % de milheto na dieta; GG, grupo genético; M × G, interação entre fatores. AGS, ácidos graxos saturados.

oleico (C18:1 n-9) é tido como um ácido graxo desejável na carne por reduzir o colesterol sanguíneo (efeito hipocolesterolêmico), e sua participação na carne está principalmente associada ao tipo de dieta, ao tempo de alimentação, ao grupo genético e à idade do animal (De Smet et al., 2004; Metz et al., 2009; Smith et al., 2009; Darley et al., 2010).

O aumento do teor de grão de milho em substituição ao grão de milho e as predominâncias genéticas dos animais não alteraram a relação AGMI/AGS da gordura intramuscular da carne (Tabela 3). Segundo Smith et al. (2009), a idade do gado é o fator de maior influência sobre a relação AGMI/AGS, a qual é maior em bovinos mais velhos em razão do aumento dos AGMI com a idade, o que acarreta aumento do grau de marmoreio e da atividade das enzimas Δ^9 dessaturases.

Os teores dos ácidos graxos poli-insaturados (AGPI), exceto os AG α -linolênico (C18:3 n-3), γ -linolênico (C18:3 n-6) e dihomog γ -linolênico (C20:3 n-6), bem como os AGPI totais não foram influenciados pelas dietas e pelas predominâncias genéticas (Tabela 4). De acordo com Sami et al. (2006), o conteúdo de AGPI está negativamente correlacionado à gordura intramuscular, em decorrência da diluição de uma quantidade de fosfolípidios relativamente constante e do aumento dos triglicerídeos com a elevação do

marmoreio da carne, o que diminui o conteúdo de fosfolípidios extraíveis dos componentes estruturais das células dos músculos, ricos em AGPI.

Em geral, no que se refere à nutrição, o aumento do nível de energia da dieta eleva o conteúdo de AGMI totais, enquanto o total de AGPI diminui, em razão do aumento da gordura intramuscular da carne (Sami et al., 2006). Isso, de certa forma, justifica os resultados obtidos, uma vez que o marmoreio e o teor de lipídios totais não foram alterados pelas dietas (Tabela 2). Do mesmo modo, o aumento do teor de AGPI na carne tem sido atribuído a genótipos com menor conteúdo de gordura intramuscular (De Smet et al., 2004; Smith et al., 2009). Portanto, os resultados obtidos no presente trabalho corroboram os relatados por De Smet et al. (2004) e Smith et al. (2009), pois, apesar do maior teor de gordura intramuscular nos novilhos europeus, não houve diferença na quantidade de lipídios totais (Tabela 2).

Os teores dos ácidos α -linolênico (C18:3 n-3) e dihomog γ -linolênico (C20:3 n-6) foram alterados pelas dietas experimentais, os quais aumentaram com o teor de grão de milho na dieta (Tabela 4), o que pode estar associado ao teor desses ácidos graxos no grão de milho. Segundo Collins et al. (1997), o ácido linolênico corresponde a 4% do total de ácidos graxos

Tabela 4. Variáveis referentes aos ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) da carne de tourinhos europeus (E) e zebuínos (Z) alimentados com níveis de grão de milho na dieta.

Ácidos graxos (%)	Nível de milho na dieta (%)				GG		CV (%)	Fontes de variação ⁽¹⁾		
	0	33	66	100	E	Z		M	GG	M × G
CLA ⁽²⁾ (C18:2 c-9 t-11)	0,09	0,10	0,08	0,08	0,09	0,09	0,78	0,803	0,764	0,426
Linoleico (C18:2 n-6)	5,26	6,14	6,68	6,28	6,12	6,04	36,34	0,479	0,883	0,456
γ -linolênico (C18:3 n-6)	0,09	0,07	0,09	0,10	0,08	0,09	34,94	0,112	0,043	0,275
α -linolênico (C18:3 n-3)	0,28	0,34	0,44	0,45	0,36	0,40	0,30	0,008	0,386	0,838
11,14-eicosadienoico (C20:2 n-6)	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,40	0,927	0,735	0,451
Mead (C20:3 n-9)	0,65	0,74	0,91	1,09	0,08	0,91	1,58	0,889	0,683	0,348
Dihomog γ -linoleico (C20:3 n-6)	0,01b	0,01b	0,02a	0,03a	0,02	0,02	0,10	0,003	0,483	0,148
Aracônico (C20:4 n-6)	0,73	0,90	1,06	0,86	0,87	0,91	5,08	0,575	0,782	0,802
Timnodônico (C20:5 n-3)	0,15	0,15	0,22	0,20	0,17	0,18	1,34	0,324	0,742	0,608
13,16-docosadienoico (C22:2 n-6)	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,16	0,096	0,421	0,511
Cervônico (C22:6 n-3)	0,04	0,06	0,08	0,05	0,05	0,07	0,63	0,294	0,233	0,542
Total	7,40	8,60	9,67	9,21	7,90	8,80	18,79	0,403	0,559	0,286
AGPI/AGS	0,15	0,18	0,20	0,19	0,18	0,18	20,30	0,574	0,852	0,476
ω -3 ⁽³⁾	0,48	0,55	0,74	0,70	0,59	0,64	3,00	0,131	0,553	0,743
ω -6 ⁽⁴⁾	6,15	7,21	7,93	7,25	7,15	7,12	8,66	0,548	0,973	0,567
ω -6/ ω -3 ⁽⁵⁾	13,90	13,79	11,67	10,58	12,88	12,09	6,07	0,042	0,292	0,575

⁽¹⁾M, % de milho na dieta; GG, grupo genético; M × G, interação entre fatores. ⁽²⁾CLA, ácido graxo linoleico conjugado. C18:3 n-3 = 0,291 + 0,0018x; R² = 0,30; P = 0,001; probabilidade para os desvios da regressão (DR) = 0,344. ⁽³⁾C18:3 n-3 + C20:5 n-3 + C22:6 n-3. ⁽⁴⁾C18:2 n-6 + C18:3 n-6 + C20:2 n-6 + C20:3 n-6 + C20:4 n-6 + C22:2 n-6. ⁽⁵⁾ ω -6/ ω -3 = 14,226 - 0,0354x; R² = 0,20; DR = 0,355. Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. AGS, ácidos graxos saturados.

do milheto, enquanto, no milho, é de aproximadamente 0,9%. Esses resultados podem ser atribuídos ao fato de elevadas proporções de concentrado na dieta reduzirem a população de microrganismos responsáveis pela isomerização e pela hidrogenação de AGPI, em consequência da redução do pH ruminal (Smith et al., 2009).

Holló et al. (2008), ao avaliar proporções de volumoso (66, 75 e 80%), verificaram que o aumento da proporção de silagem de milho elevou o teor de C20:3 n-6 do músculo *Longissimus dorsi*, mas não alterou o C18:3 n-3 decorrente da presença de linhaça (alto teor de AG ω -3) nas menores proporções de concentrado. Fernandes et al. (2009), ao analisar o perfil de ácidos graxos em diferentes categorias da raça Canchin, abatidos aos 18 meses de idade, observaram maior teor de AGPI em dieta que continha grãos de girassol (8,12%) do que na dieta convencional (6,31%), o que alterou o teor dos ácidos graxos da carne em função dos ácidos graxos mais abundantes nesse grão. Entretanto, Prado et al. (2011) não observaram alteração na maioria dos AGPI (exceto C22:4 n-6) da carne de tourinhos de diferentes grupos genéticos alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar, o que mostra a influência do conteúdo de AGPI dos grãos de cereais nos ácidos graxos da carne.

O teor do AG γ -linolênico (C18:3 n-6) foi superior nos novilhos zebuínos em relação aos europeus (Tabela 4). Prado et al. (2011) não constataram alteração do teor de C18:3 n-6 na carne de tourinhos Zebu, Limousin Zebu e Angus Zebu, com idade média de 21 meses, alimentados por 115 dias com dietas que continham 44% de volumoso. Os valores encontrados por esses autores (média de 0,05%) foram menores que os do presente trabalho (0,09%), o que pode estar associado às dietas utilizadas. Já Rossato et al. (2010) relataram que a maioria dos AGPI apresentou maior participação na carne de animais *B. indicus* do que na de *B. taurus*. De acordo com Wood et al. (2008), diferenças quanto aos teores de AGPI entre zebuínos e taurinos podem estar associadas às diferenças genéticas no processo da biohidrogenação, ligadas aos processos enzimáticos microbianos e ao tempo de permanência das partículas alimentares no rúmen.

A relação AGPI/AGS não foi alterada pelas dietas e pelo grupo genético dos animais. Essa proporção pode cair para 0,05 em raças com maior deposição de gordura na carcaça e subir para valores superiores a

0,5 em raças muito magras (musculatura dupla). Essa variação é muito maior do que a que pode ser obtida por alterações na dieta, e, além do uso de animais magros, a única maneira de melhorar a relação AGPI/AGS em ruminantes é reduzir a biohidrogenação ruminal ou suplementar com AGPI protegidos da degradação ruminal (Darley et al., 2010).

Os conteúdos dos AG ω -6 e ω -3 não foram alterados pela substituição do grão de milho pelo de milheto e pelo grupo genético dos animais (Tabela 4). Entretanto, observou-se que a substituição do grão de milho pelo de milheto reduziu linearmente a relação ω -6/ ω -3, o que mostra a maior participação do ácido graxo ω -3 no grão de milheto em relação ao de milho. Apesar dessa redução, a relação ω -6/ ω -3 ainda foi maior que 4:1, considerada ideal para promover benefícios à saúde humana (Darley et al., 2010). Contudo, esses resultados são indicativos de que o grão de milheto utilizado de forma complementar a outras estratégias, como o fornecimento de AGPI protegidos da fermentação ruminal, pode possibilitar a obtenção de relações ω -6/ ω -3 mais próximas das recomendadas.

Conclusões

1. A substituição do grão de milho pelo de milheto em dietas com elevado teor de concentrado melhora a relação entre os ácidos graxos ω -6/ ω -3.

2. Zebuínos alimentados com altos níveis de concentrado produzem carne com maior teor de ácidos graxos hipercolesterolêmicos do que bovinos europeus.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (Fapeg), pelo apoio financeiro.

Referências

- ABREU, R.C. de; KIEFER, C.; ALVES, F.V.; COELHO, R.G.; MARÇAL, D.A.; RODRIGUES, G.P. Perfil lipídico da carne e gordura de suínos alimentados com milheto. *Ciência Rural*, v.44, p.135-140, 2014. DOI: 10.1590/S0103-84782014000100022.
- ANUALPEC: Anuário da Pecuária Brasileira. 20.ed. São Paulo: FNP Consultoria, 2013. 378p.
- BERGAMASCHINE, A.F.; FREITAS, R.V.L.; VALÉRIO FILHO, W.V.; BASTOS, J.F.P.; MELLO, S.Q.S.; CAMPOS,

- Z.R. Substituição do milho e farelo de algodão pelo milheto no concentrado da dieta de novilhos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.154-159, 2011. DOI: 10.1590/S1516-35982011000100022.
- BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry Physiology**, v.37, p.911-917, 1959. DOI: 10.1139/o59-099.
- BRESSAN, M.C.; ROSSATO, L.V.; RODRIGUES, E.C.; ALVES, S.P.; BESSA, R.J.; RAMOS, E.M.; GAMA, L.T. Genotype × environment interactions for fatty acid profiles in *Bos indicus* and *Bos taurus* finished on pasture or grain. **Journal of Animal Science**, v.89, p.221-232, 2011. DOI: 10.2527/jas.2009-2672.
- COLLINS, V.P.; CANTOR, A.H.; PESCATORE, A.J.; STRAW, M.L.; FORD, M.J. Pearl millet in layer diets enhances egg yolk n-3 fatty acids. **Poultry Science**, v.76, p.326-330, 1997. DOI: 10.1093/ps/76.2.326.
- DARLEY, C.A.; ABBOT, A.; DOYLE, P.S.; NADER, G.A.; LARSON, S.; DE SEMET, S.R.; DEMEYER, D. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. **Nutrition Journal**, v.9, 2010. DOI: 10.1186/1475-2891-9-10.
- DE SMET, S.; RAES, K.; DEMEYER, D. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. **Animal Research**, v.53, p.81-98, 2004. DOI: 10.1051/animres:2004003.
- FERNANDES, A.R.M.; SAMPAIO, A.A.M.; HENRIQUE, W.; TULLIO, R.R.; OLIVEIRA, E.A. de; SILVA, T.M. da. Composição química e perfil de ácidos graxos da carne de bovinos de diferentes condições sexuais recebendo silagem de milho e concentrado ou cana-de-açúcar e concentrado contendo grãos de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.705-712, 2009. DOI: 10.1590/S1516-35982009000400017.
- HAUTRIVE, T.P.; MARQUES, A.C.; KUBOTA, E.H. Avaliação da composição centesimal, colesterol e perfil de ácidos graxos de cortes cárneos comerciais de avestruz, suíno, bovino e frango. **Alimentos e Nutrição**, v.23, p.327-334, 2012.
- HOLLÓ, G.; ENDER, K.; LÓKI, K.; SEREGI, J.; HOLLÓ, I.; NUERNBERG, K. Carcass characteristics and meat quality of Hungarian Simmental young bulls fed different forage to concentrate ratios with or without linseed supplementation. **Archiv Fur Tierzucht**, v.51, p.517-530, 2008.
- JENKINS, T.C.; WALLACE, R.J.; MOATE, P.J.; MOSLEY, E.E. Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. **Journal of Animal Science**, v.86, p.397-412, 2007. DOI: 10.2527/jas.2007-0588.
- JOSEPH, J.D.; ACKMAN, R.G. Capillary column gas chromatographic method for analysis of encapsulated fish oil and fish oil ethyl esters: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.75, p.488-506, 1992.
- LOPES, S.L.; LADEIRA, M.M.; MACHADO NETO, O.R.; PAULINO, P.V.R.; CHIZZOTTI, M.L.; RAMOS, E.M.; OLIVEIRA, D.M. de. Características de carcaça e cortes comerciais de tourinhos Red Norte e Nelore terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.970-977, 2012. DOI: 10.1590/S1516-35982012000400020.
- METZ, P.A.M.; MENEZES, L.F.G. de; SANTOS, A.P. dos; BRONDANI, I.L.; RESTLE, J.; LANNA, D.P.D. Perfil de ácidos graxos na carne de novilhos de diferentes idades e grupos genéticos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.523-531, 2009. DOI: 10.1590/S1516-35982009000300018.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th ed. Washington: National Academy Press, 1996. 242p.
- PRADO, I.N. do; MAGGIONI, D.; ABRAHÃO, J.J. dos; ZAWADZKI, F.; VALERO, M.V.; MARQUES, J. de A. Composição química e perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus* de bovinos de diferentes grupos genéticos alimentados com silagem de sorgo ou cana-de-açúcar e terminados com 3,4 ou 4,8 mm de espessura de gordura de cobertura. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, p.1461-1476, 2011. DOI: 10.5433/1679-0359.2011v32n4p1461.
- ROSSATO, L.V.; BRESSAN, M.C.; RODRIGUES, É.C.; CAROLINO, M.I.A. de C.M.; BESSA, R.J.B.; ALVES, S.P.P. Composição lipídica de carne bovina de grupos genéticos taurinos e zebuínos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1841-1846, 2009. DOI: 10.1590/S1516-35982009000900029.
- ROSSATO, L.V.; BRESSAN, M.C.; RODRIGUES, É.C.; GAMA, L.T. da; BESSA, R.J.B.; ALVES, S.P.A. Parâmetros físico-químicos e perfil de ácidos graxos da carne de bovinos Angus e Nelore terminados em pastagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1127-1134, 2010. DOI: 10.1590/S1516-35982010000500025.
- ROTTA, P.P.; PRADO, I.N. do; PRADO, R.M. do; MOLETTA, J.L.; SILVA, R.R.S.; PEROTTO, D. Carcass characteristics and chemical composition of the *Longissimus* muscle of Nelore, Caracu and Holstein-Friesian bulls finished in a feedlot. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.22, p.598-604, 2009.
- SAMI, A.S.; KOEGEL, J.; EICHINGER, H.; FREUDENREICH, P.; SCHWARZ, F.J. Effects of the dietary energy source on meat quality and eating quality attributes and fatty acid profile of Simmental bulls. **Animal Research**, v.55, p.287-299, 2006. DOI: 10.1051/animres:2006016.
- SMITH, S.B.; GILL, C.A.; LUNT, D.K.; BROOKS, M.A. Regulation of fat and fatty acid composition in beef cattle. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.22, p.1225-1233, 2009.
- WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R.; FISHER, A.V.; CAMPO, M.M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P.R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v.66, p.21-32, 2004. DOI: 10.1016/S0309-1740(03)00022-6.

Recebido em 30 de agosto de 2013 e aprovado em 27 de dezembro de 2013