

Qualidade e potencial nutracêutico do leite bovino em diferentes sistemas de produção e estações do ano

Diego Prado de Vargas⁽¹⁾, José Laerte Nörnberg⁽¹⁾, Rudolf Brand Scheibler⁽²⁾, Jorge Schafhauser Junior⁽³⁾, Fábio Antunes Rizzo⁽²⁾ e Roger Wagner⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos, Avenida Roraima, nº 1.000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, CEP 97105-900 Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: diegodevargas@hotmail.com, jlnornberg@gmail.com, rogerwag@gmail.com

⁽²⁾Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Zootecnia, Rua Gomes Carneiro, nº 01, Centro, CEP 96010-610 Pelotas, RS, Brasil. E-mail: rudolfbrandscheibler@hotmail.com, rizzo.fabioantunes@gmail.com ⁽³⁾Embrapa Clima Temperado, Caixa Postal 403, CEP 96010-971 Pelotas, RS, Brasil. E-mail: jorge.junior@embrapa.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da interação entre sistemas produtivos e estações do ano sobre a qualidade química e microbiológica do leite bovino, além de propor um índice de potencial nutracêutico do perfil de ácidos graxos do leite. Três propriedades foram avaliadas mensalmente, durante as diferentes estações do ano, em quatro graus de especialização dos sistemas de produção: altamente especializado, especializado, semiespecializado e não especializado. Os sistemas de produção e as estações do ano interferem de forma conjunta no perfil de ácidos graxos e, de forma isolada, na qualidade química e microbiológica do leite. As maiores contagens de células somáticas e os menores conteúdos de proteína foram observados no verão, e o grau de especialização das unidades produtivas esteve indiretamente relacionado à contagem bacteriana total no leite. No inverno, sistemas não especializados produziram leite com o melhor índice nutracêutico, que apresentaram os maiores teores de ácidos graxos poli-insaturados, ácido rumênico (CLA, 18:2n7-c9,t11) e ácido t10,c12-octadecadienoico (CLA, 18:2n6-t10,c12).

Termos para indexação: ácido linoleico conjugado, alimentos funcionais, perfil de ácidos graxos, qualidade do leite bovino.

Quality and nutraceutical potential of bovine milk in different production systems and seasons

Abstract – The objective of this work was to evaluate the effect of the interaction between production systems and seasons on the chemical and microbiological qualities of bovine milk, besides proposing a potential nutraceutical index of milk fatty acid profiles. Three farms were assessed monthly, along the different seasons, for four specialization levels of the production systems: highly specialized, specialized, partially specialized, and nonspecialized. The production systems and the seasons jointly interfere in fatty acid profiles, and singly interfere in the chemical and microbiological quality of milk. The highest somatic cell counts and the lowest protein contents were observed in the summer, and the specialization level of the production units had an inverse relationship with the total bacterial count. During winter, nonspecialized systems produced milk with the best nutraceutical index, with the highest contents of polyunsaturated fatty acids, rumenic acid (CLA, 18:2n7-c9,t11) and t10,c12-octadecadienoic acid (CLA, 18:2n6-t10,c12).

Index terms: conjugated linoleic acid, functional foods, fatty acid profiles, bovine milk quality.

Introdução

O leite é produzido com expressiva heterogeneidade de sistemas de produção, em todo o território brasileiro, com menor número de produtores especializados (sistemas intensivos de produção) e elevado número de produtores com intermediária ou nenhuma especialização (sistemas extrativistas de produção). Esses sistemas diferem, principalmente,

pela produtividade leiteira e pelo manejo nutricional e higiênico-sanitário adotado (Gabbi et al., 2013).

Para a cadeia láctea mundial, é de grande relevância identificar os sistemas de manejo e produção de rebanhos leiteiros que favoreçam a obtenção de leite com maior qualidade, ao longo das diferentes estações do ano (Bodenmüller Filho et al., 2010).

Quanto à qualidade do leite, do ponto de vista legal e prático, consideram-se a composição centesimal – que

inclui os teores de gordura, proteína e sólidos totais – e os aspectos higiênico-sanitários, que englobam padrões internacionais relacionados à contagem de células somáticas (CCS) e à contagem bacteriana total (CBT) (Vargas et al., 2013, 2014).

Com o maior acesso à informação sobre o papel dos alimentos na saúde, o conceito de qualidade tem-se tornado mais abrangente. Assim, uma nova classe de alimentos tem surgido, denominada de “alimentos nutracêuticos”, capazes de proporcionar benefícios à saúde do consumidor, que incluem prevenção ou tratamento de doenças (Tripathi, 2014).

Com foco no potencial nutracêutico de alguns ácidos graxos, tem-se buscado a elevação dos conteúdos de ácido rumênico (CLA, 18:2n7-c9,t11) e ácido t10,c12-octadecadienoico (CLA, 18:2n6-t10,c12) no leite, que podem contribuir para a prevenção e combate de muitas doenças em humanos, como obesidade, doenças cardiovasculares, diabetes do tipo-2, e alguns tipos de câncer (Kratz et al., 2013; Lahlou et al., 2014).

Sistemas de produção e estações do ano podem interferir na qualidade química e microbiológica do leite (Gabbi et al., 2013); porém, há pouca informação disponível quanto ao efeito conjunto desses fatores sobre a qualidade e o potencial nutracêutico do leite.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da interação entre sistemas de produção e estações do ano sobre a qualidade química e microbiológica do leite bovino, além de propor um índice de potencial nutracêutico do perfil de ácidos graxos.

Material e Métodos

Três propriedades foram avaliadas, mensalmente, durante as diferentes estações do ano, em quatro graus de especialização dos sistemas de produção: altamente especializado, especializado, semiespecializado e não especializado (Tabela 1), tendo-se analisado um total de 144 amostras, de 12 propriedades.

As amostras foram coletadas em 2012, em fazendas localizadas em municípios compreendidos desde a Região Central do Rio Grande do Sul até o início da Serra Gaúcha (29°15'16" a 29°29'13"S; e 51°31'52" a 51°59'50"W). Paralelamente, foram coletadas amostras dos alimentos destinados aos animais, para sua caracterização (Tabela 2). Os lipídeos foram extraídos das amostras de leite e de alimento – silagem de milho, concentrado, pastagens temperadas (aveia-preta,

Avena strigosa, e azevém, *Lolium multiflorum*) e pastagens tropicais (capim-sudão, *Sorghum sudanense*, e milheto, *Pennisetum glaucum*), conforme Bligh & Dyer (1959). A transesterificação e a metilação seguiram a técnica descrita por Christie (1982). O perfil de ácidos graxos foi determinado de acordo com Simionato et al. (2010). A identificação dos ésteres metílicos de ácidos graxos (Emag) foi realizada pela comparação dos tempos de retenção dos constituintes da amostra, tendo-se utilizado mistura composta de 37 Emag (24056, Supelco, 37 Component Fame Mix) e padrão do éster metílico do ácido transvacênico (18:1n7-t11) (46905-U, trans-11-octadecenoic methyl ester), com mistura dos isômeros do éster metílico do ácido rumênico (CLA, 18:2n7-c9,t11) e ácido t10,c12-octadecadienoico (CLA, 18:2n6-t10,c12) (O5632, Linoleic acid, conjugated methyl ester).

As amostras de alimento foram expressas em percentagem do total de ácidos graxos ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$), e as de leite em lipídeos totais ($\text{mg } \text{g}^{-1}$), em relação ao padrão interno [tricosanoato de metila (23:0) (T9900, methyl tricosanoate)]. Os cálculos foram realizados conforme Simionato et al. (2010), com a equação: $C (\text{mg } \text{g}^{-1}) = (A_x \times m_{23:0} \times F_{RT}) / (A_{23:0} \times M_A \times F_{CT})$, em que A_x é a área dos ésteres metílicos dos ácidos graxos; $A_{23:0}$, a área do padrão interno; $m_{23:0}$, a massa do padrão interno adicionado à amostra (em mg); M_A , a massa da amostra (em g); F_{RT} , o fator teórico de resposta dos ésteres metílicos de ácidos graxos; F_{CT} , o fator de conversão para expressão dos resultados em miligramas de ácidos graxos por grama de lipídeos totais.

Os resultados da determinação dos ácidos graxos do leite foram utilizados para calcular os índices de aterogenicidade e trombogenicidade (Ulbricht & Southgate, 1991), bem como a razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (Santos-Silva et al., 2002) e ácidos graxos desejáveis (AGD) (Costa et al., 2008). O índice de AGD leva em consideração o somatório de ácidos graxos monoinsaturados (ΣAGMI), poli-insaturados (ΣAGPI) e o ácido esteárico (C18:0), e não somente os ácidos com reconhecido potencial nutracêutico. Portanto, este estudo propõe uma equação, com ácidos graxos que apresentem esse potencial, denominada de índice nutracêutico do leite bovino (IN): $\text{IN} = (\text{ácido transvacênico} + \text{ácido rumênico} + \text{ácido t10,c12-octadecadienoico}) / \Sigma n6:n3$. De acordo com a equação, o numerador é diretamente proporcional

à concentração de ácidos graxos benéficos à saúde, e inversamente proporcional à relação ômega 6 e ômega 3 ($\Sigma n6:n3$), o que está de acordo com a diminuição recomendada nesta razão (Simopoulos, 2006).

Os teores de gordura, proteína, lactose e sólidos totais do leite foram determinados em equipamento Bentley 2000; enquanto a CCS e a CBT foram obtidas por citometria de fluxo, em equipamento Somacount 300 e Bactocount IBC, respectivamente. Com o intuito de linearizar os dados, a CCS foi transformada em escore linear de células somáticas para $ECS = [\log_2(CCS/100)]+3$ (Shook, 1993), e a CBT, transformada pelo logaritmo natural da CBT normal.

Os resultados foram analisados conforme delineamento inteiramente casualizado, com medidas repetidas no tempo, tendo-se utilizado o procedimento

Mixed e empregado estrutura paramétrica especial nas matrizes de variância e covariância, conforme o modelo estatístico: $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$, em que: Y_{ijk} é o valor observado pela k -ésima estação e j -ésima UPL, do i -ésimo sistema produtivo; $\mu + \alpha_i + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik}$ é a média para o sistema produtivo i , na estação k , que contém os efeitos fixos para o sistema produtivo i , estação k , bem como a interação sistema produtivo \times estação ik ; e ε_{ijk} é o erro aleatório, associado à mensuração na estação k na j -ésima unidade de produção de leite (UPL), designada ao sistema produtivo i . Assumiu-se uma estrutura de medidas repetidas para os resíduos; ou seja, utilizaram-se os pressupostos de que $\varepsilon_{ijk} \sim N(0; \Sigma)$, em que: Σ representa a matriz de covariância e covariância residual que mais adequou-se aos dados. As matrizes testadas foram: AR (1), autorregressiva

Tabela 1. Características dos sistemas de produção de leite altamente especializado (AE), especializado (ES), semiespecializado (SE) e não especializado (NE).

Sistema	Produção (L por animal por dia)	Área (ha)	Concentrado (kg por vaca por dia)	Silagem ⁽¹⁾	Raça	Ordenha	Local	Refrigeração
Altamente especializado	>20	>15	>10	Sim	Definida	Circuito fechado	Sala própria	Com
Especializado	15–20	10–15	4–10	Sim	Definida	Circuito aberto	Sala própria	Com
Semiespecializado	10–15	5–10	1–4	Sim	Não definida	Balde ao pé	Galpão	Com
Não especializado	5–10	1-5	<1	Não	Não definida	Balde ao pé	Galpão	Sem

⁽¹⁾Sim, silagem de milho como base do volumoso diário; Não, silagem de milho como parte do volumoso diário.

Tabela 2. Caracterização do perfil de ácidos graxos ($g\ 100g^{-1}$ do total de ácidos graxos), dos principais constituintes da dieta recebida pelos animais, nos sistemas de produção altamente especializado (AE), especializado (ES), semiespecializado (SE) e não especializado (NE).

Ácido graxo	Silagem de milho				Concentrado				Pastagem temperada ⁽¹⁾				Pastagem tropical ⁽²⁾			
	AE	ES	SE	NE	AE	ES	SE	NE	AE	ES	SE	NE	AE	ES	SE	NE
12:0 (ácido láurico)	0,20	0,24	0,28	-	0,10	0,15	0,14	0,12	2,08	2,11	2,16	2,20	2,87	2,64	2,49	2,94
14:0 (ácido mirístico)	0,40	0,50	0,47	-	8,25	7,22	8,22	7,27	0,45	0,40	0,50	0,61	0,50	0,45	0,54	0,90
16:0 (ácido palmítico)	16,20	16,18	16,80	-	21,40	21,70	22,40	22,90	13,20	13,00	13,14	13,11	20,02	20,00	19,77	18,44
16:1n7-c9 (ácido palmitoleico)	0,50	0,39	0,40	-	0,20	0,19	0,15	0,15	0,15	0,20	0,12	0,18	2,14	1,18	2,11	1,94
18:0 (ácido esteárico)	2,10	2,08	2,06	-	3,60	3,62	3,48	3,76	2,47	2,42	2,40	2,49	5,21	5,87	5,77	5,02
18:1n9-c9 (ácido oleico)	13,15	12,10	11,00	-	18,02	18,60	18,65	18,02	2,48	2,49	2,60	2,70	9,80	7,95	7,80	7,87
18:2n6-c9,c12 (ácido linoleico)	27,80	28,50	28,80	-	35,94	33,49	33,86	35,94	12,00	11,00	11,50	14,20	17,04	20,14	20,05	19,94
18:3n3-c9,c12,c15 (AAL)	20,30	23,60	25,80	-	3,34	3,50	3,70	3,54	55,22	55,48	54,12	50,98	27,04	28,21	26,24	28,00
20:0 (ácido araquídico)	0,47	0,42	0,50	-	1,98	0,88	0,98	0,98	0,57	0,50	0,77	0,81	0,52	0,48	0,43	0,41
20:1	9,54	8,60	7,50	-	0,66	0,67	0,40	0,76	0,34	0,57	0,45	0,34	0,50	0,52	0,77	0,82
21:0 (ácido heneicosanoico)	0,15	0,12	0,17	-	0,26	0,36	0,18	0,26	0,87	0,80	0,91	0,85	0,90	0,96	1,15	1,00
20:02	0,10	0,11	0,13	-	0,13	0,14	0,16	0,16	0,57	0,70	0,80	0,82	0,40	0,50	0,54	0,74
22:0 (ácido behênico)	2,33	1,33	1,13	-	0,60	0,55	0,50	0,80	0,55	0,52	0,54	0,55	2,64	2,66	2,60	3,10
24:0 (ácido lignocérico)	0,89	0,59	0,90	-	1,12	1,17	1,20	1,22	0,61	0,70	0,48	0,77	2,90	2,94	2,80	2,61
Não identificados	5,87	5,24	4,06	-	4,40	7,46	5,98	4,12	8,44	9,11	9,51	9,39	7,52	5,50	6,94	6,27

⁽¹⁾Aveia-preta (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*). ⁽²⁾Capim-sudão (*Sorghum sudanense*) e milheto (*Pennisetum glaucum*). AAL, ácido α -linolênico.

de primeira ordem; VC, componentes de variância; CS, simetria composta; ARH(1), autorregressiva heterogênea de primeira ordem; ARMA(1,1), média móvel autorregressiva de primeira ordem; e; TOEP, Toeplitz. As medidas foram estimadas com o comando LSMeans e comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

No conjunto original das variáveis que representam o potencial nutracêutico do leite, procedeu-se à análise de variância multivariada pelo procedimento GLM e o comando Manova, tendo-se realizado o teste de Wilks para testar a hipótese de que os vetores de médias das diferentes combinações entre sistemas produtivos e estações eram nulos.

Em seguida, utilizou-se a análise de componentes principais (ACP), seguida da análise de agrupamento, com uso do algoritmo hierárquico aglomerativo de Ward como método de agrupamento, e a distância euclidiana quadrática, como medida de dissimilaridade.

As análises estatísticas foram realizadas com o aplicativo SAS, versão 9.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Resultados e Discussão

As estações do ano produziram efeito significativo sobre os teores de proteína e sólidos totais, assim como sobre a CCS (Tabela 3). O teor de proteína foi menor durante o verão, em razão da baixa qualidade nutricional das pastagens tropicais (*Sorghum sudanense* e *Pennisetum glaucum*), em comparação à das temperadas (*Avena strigosa* e *Lolium multiflorum*) (Fanti et al., 2008). Além disso, os animais, possivelmente, sofreram com o estresse térmico, uma vez que a temperatura máxima média da região onde se desenvolveu o estudo é de 31,2°C, o que limita o consumo de matéria seca e diminui o teor de proteína do leite (Fanti et al., 2008). Segundo Vargas et al. (2014), animais em ambientes com temperaturas elevadas apresentam menor capacidade de respostas a doenças, o que aumenta sua suscetibilidade à invasão do úbere por microrganismos e, no presente trabalho, resultou nos maiores valores de CCS no verão (Tabela 3).

A elevação do conteúdo de sólidos totais no outono deveu-se, principalmente, à elevação do conteúdo de proteína e gordura do leite.

O aumento da CBT, com a diminuição dos níveis de especialização das UPL (Tabela 3), deveu-se, possivelmente, ao tipo e ao local de ordenha, bem como

ao emprego ou não do resfriamento. Assim, o sistema altamente especializado, por possuir sala de ordenha própria, com circuito fechado e tanque de refrigeração a granel (Tabela 1), apresentou os menores valores de CBT.

Houve interação significativa entre os sistemas produtivos e as estações, para todos os ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados (Tabelas 4, 5 e 6), bem como para os índices de qualidade da fração lipídica (Tabela 5).

Com a diminuição do grau de especialização dos sistemas produtivos, observou-se menor concentração do somatório dos ácidos graxos saturados (Σ AGS), nas estações primavera, verão e outono (Tabela 4). Isto se atribui à maior participação de forragens frescas (Chilliard et al., 2007) na dieta dos extratos menos especializados.

No inverno, observou-se menor concentração de ácido linoleico (18:2n6-c9,c12) e maiores valores de ácido rumênico e do somatório dos ácidos graxos poli-insaturados (Σ AGPI), nos extratos produtivos menos especializados (Tabela 6). Esses resultados estão relacionados ao predomínio de uso dos extratos menos especializados, de pastagens de aveia-preta (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*), em detrimento da silagem de milho e de concentrado, o que teria resultado em maiores concentrações de ácido alfa-linolênico (18:3n3-c9,c12,c15) do que de ácido linoleico e oleico (18:1n9-c9) na dieta (Tabela 2). Conforme Dewhurst et al. (2006), isto aumenta as concentrações de ácido rumênico e Σ AGPI e diminui a concentração de ácido linoleico no leite, o que corrobora os resultados obtidos no presente trabalho (Tabela 6).

O extrato produtivo mais especializado, apesar de não ter significativamente diferido dos dois extratos seguintes, aparentemente favoreceu a formação de ácido rumênico, a ponto de seus teores terem-se igualado estatisticamente aos observados no extrato com a menor especialização, que apresentou o maior valor desse ácido graxo (Tabela 6). Assim, pode-se inferir que a relação volumoso:concentrado, nos três primeiros níveis de especialização, influenciou esse resultado. No sistema produtivo altamente especializado, que utiliza a maior suplementação com concentrado na dieta (Tabela 1), os limites da relação volumoso:concentrado foram comprometidos, o que segundo Chilliard et al. (2007) diminui a

bio-hidrogenação ruminal dos ácidos graxos de cadeia longa e inibe a etapa final desse processo, em que o ácido transvacênico (18:1n7-t11) é convertido a ácido esteárico (18:0). Assim, após a dessaturação do ácido transvacênico na glândula mamária pela enzima delta(9)-dessaturase, os teores de ácido rumênico no leite aumentam (Tabela 6).

Os extratos altamente especializado e especializado não diferiram quanto aos teores de ácido rumênico; no entanto, nos sistemas semiespecializado e não especializado, os menores valores para esse ácido foram constatados no outono, e os maiores, no inverno e na primavera. Como nos extratos mais especializados o processo de formação desse ácido graxo depende principalmente da concentração de ácido linoleico

na dieta, e as fontes dietéticas nesses manejos que o contêm em sua composição (silagem de milho e concentrado) (Tabela 2) não são tão suscetíveis a variações sazonais, não houve variação nos teores de ácido rumênico (CLA, 18:2n7 - c9, t11) entre esses extratos (Tabela 6).

Nos níveis de menor especialização, a formação de ácido rumênico depende da participação do ácido alfa-linolênico, principal constituinte das pastagens frescas na dieta (Tabela 2). Portanto, esses sistemas produtivos são mais suscetíveis a alterações climáticas, com maiores teores do ácido alfa-linolênico nas pastagens temperadas, que são exploradas até a primavera, e menores nas pastagens tropicais. Além disso, a menor disponibilidade forrageira no

Tabela 3. Média±erro-padrão dos teores de proteína total, gordura, sólidos totais, contagem de células somáticas (CCS) e contagem bacteriana total (CBT) do leite bovino, nos sistemas de produção altamente especializado (AE), especializado (ES), semiespecializado (SE) e não especializado (NE), nas diferentes estações do ano⁽¹⁾.

Sistema	Estação do ano				Média
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	
	Proteína total (%)				
Altamente especializado	3,07	2,96	3,12	3,11	3,07±0,09
Especializado	3,10	3,05	3,07	3,06	3,07±0,09
Semiespecializado	3,28	3,18	3,17	3,20	3,21±0,09
Não especializado	3,01	2,94	3,23	3,14	3,08±0,09
Média	3,11±0,11a	3,03±0,11b	3,15±0,11a	3,13±0,11a	-
	Gordura (%)				
Altamente especializado	3,52	3,50	3,51	3,32	3,46±0,14
Especializado	3,67	3,96	3,37	3,57	3,64±0,14
Semiespecializado	3,88	3,70	3,77	3,78	3,78±0,14
Não especializado	3,74	4,03	4,03	3,62	3,86±0,14
Média	3,70±0,09	3,80±0,09	3,67±0,09	3,57±0,09	-
	Sólidos totais (%)				
Altamente especializado	11,62	11,96	12,11	11,72	11,85±0,22
Especializado	11,87	12,06	11,98	11,37	11,82±0,22
Semiespecializado	12,36	12,61	12,23	12,22	12,36±0,22
Não especializado	11,97	12,83	13,19	11,99	12,49±0,22
Média	11,96±0,15bc	12,36±0,15ab	12,38±0,15a	11,83±0,15c	-
	Contagem de células somáticas (células mL ⁻¹)				
Altamente especializado	521,18	619,30	692,62	565,68	599,70±0,36
Especializado	415,11	882,78	504,32	516,38	579,65±0,36
Semiespecializado	517,34	554,23	630,30	455,25	539,28±0,36
Não especializado	324,26	539,38	503,03	357,40	431,02±0,36
Média	444,47±0,20b	648,92±0,20a	582,57±0,20ab	473,67±0,20b	-
	Contagem bacteriana total (unidades formadoras de colônia mL ⁻¹)				
Altamente especializado	211,33	209,86	155,73	239,09	204,00±0,05B
Especializado	229,50	201,98	202,64	245,26	219,83±0,05AB
Semiespecializado	235,23	211,09	263,86	292,21	250,60±0,05A
Não especializado	252,70	229,54	240,71	220,15	235,77±0,05A
Média	232,18±0,09	213,12±0,09	215,73±0,09	249,18±0,09	-

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Média±erro-padrão dos teores de ácidos graxos (mg g⁻¹) saturados e somatório dos ácidos graxos saturados (ΣAGS) no leite bovino, nos sistemas de produção altamente especializado (AE), especializado (ES), semiespecializado (SE) e não especializado (NE), nas diferentes estações do ano⁽¹⁾.

Sistema	Estação do ano				Média
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	
			4:0 (ácido butirico)		
Altamente especializado	35,36Aa	33,13Ba	35,58Aa	29,61Aa	33,42±0,89
Especializado	40,94Aa	37,58Aba	37,22Aa	36,03Aa	37,94±0,89
Semiespecializado	39,54Aa	35,51Ba	37,64Aa	34,62Aa	36,83±0,89
Não especializado	33,18Ab	43,05Aa	35,02Aab	36,25Aab	36,88±0,89
Média	37,26±1,01	37,32±0,61	36,37±0,98	34,13±1,01	-
			6:0 (ácido caproico)		
Altamente especializado	12,37ABa	12,80Aa	13,34Aa	11,87Aa	12,59±0,35
Especializado	13,56Aa	13,82Aa	11,78Aa	12,01Aa	12,79±0,35
Semiespecializado	13,42Aa	12,19Aa	11,06Aa	12,11Aa	12,20±0,35
Não especializado	10,12Ba	13,25Aa	11,19Aa	11,20Aa	11,44±0,35
Média	12,37±0,29	13,02±0,34	11,84±0,27	11,80±0,40	-
			8:0 (ácido caprílico)		
Altamente especializado	7,93Aa	8,52Aa	8,41Aa	7,64Aa	8,12±0,19
Especializado	8,31Aab	9,21Aa	8,91Aa	6,41Ab	8,21±0,19
Semiespecializado	7,72ABa	8,43Aa	8,32ABa	7,63Aa	8,02±0,19
Não especializado	5,43Bb	7,90Aa	6,52Bab	6,57Aab	6,60±0,19
Média	7,34±0,22	8,51±0,15	8,04±0,18	7,06±0,16	-
			10:0 (ácido cáprico)		
Altamente especializado	18,76Aa	17,60Aa	18,92Aa	19,17Aa	18,61±0,38
Especializado	17,52Aab	19,00Aa	15,96ABab	14,08Ab	16,64±0,38
Semiespecializado	17,46Aa	16,99Aa	14,58Ba	17,37Aa	16,60±0,38
Não especializado	12,56Bb	15,70Aab	17,38ABa	15,96Aab	15,40±0,38
Média	16,57±0,31	17,32±0,38	16,71±0,36	16,65±0,50	-
			12:0 (ácido láurico)		
Altamente especializado	19,27Aa	22,16Aa	23,11Aa	21,11Aa	21,41±0,68
Especializado	21,78Aa	21,08Aa	18,86Aa	19,14Aa	20,22±0,68
Semiespecializado	20,03Aa	19,62Aa	17,85Aa	19,63Aa	19,28±0,68
Não especializado	11,80Bb	18,69Aa	16,90Aab	17,73Aa	16,28±0,68
Média	18,22±0,35	20,39±0,57	19,18±0,73	19,40±0,66	-
			14:0 (ácido mirístico)		
Altamente especializado	93,67Aa	99,40Aa	100,02Aa	92,89Aa	96,50±1,93
Especializado	91,63Aa	96,47Aa	96,48Aa	87,67Aa	93,06±1,93
Semiespecializado	88,62Aa	93,63Aa	89,83ABa	86,45Aa	89,63±1,93
Não especializado	64,53Bb	87,75Aa	78,20Bab	84,27Aa	78,68±1,93
Média	84,61±1,60	94,31±1,18	91,13±1,61	87,82±1,65	-
			16:0 (ácido palmítico)		
Altamente especializado	229,38Ab	286,81Aa	276,05Aa	238,41Bab	257,66±4,45
Especializado	278,76Aab	297,12Aa	252,89ABb	313,34Aa	285,53±4,45
Semiespecializado	256,98Aa	267,19Aba	236,21Ba	230,18Ba	247,64±4,45
Não especializado	204,91Aa	258,95Ba	234,55Bab	205,24Bb	225,91±4,45
Média	242,51±4,97	277,52±3,88	249,93±3,27	246,79±5,32	-
			18:0 (ácido esteárico)		
Altamente especializado	104,72Ba	108,39Ba	110,43Aa	100,78Aa	106,08±2,20
Especializado	118,15ABab	127,40Aba	99,87Ab	106,57Aab	113,00±2,20
Semiespecializado	128,57Aa	114,95Bab	105,91Ab	109,59Aab	114,75±2,20
Não especializado	127,07Aa	141,87Aa	95,81Ab	122,70Aab	121,86±2,20
Média	119,63±1,40	123,15±1,67	103,01±2,09	109,91±3,26	-
			20:0 (ácido araquídico)		
Altamente especializado	1,07Cab	1,22Aa	1,05Aab	0,80Bb	1,03±0,05
Especializado	1,45BCa	1,47Aa	0,99Aab	0,87Bb	1,19±0,05
Semiespecializado	2,30Aa	1,36Ab	1,40Ab	0,89Bc	1,49±0,05
Não especializado	1,67Ba	1,61Aa	1,02Ab	1,70Aa	1,50±0,05
Média	1,62±0,05	1,41±0,04	1,11±0,06	1,07±0,03	-
			ΣAGS		
Altamente especializado	538,98ABa	610,06Aba	611,27Aa	536,08Aa	574,10±7,63
Especializado	618,31Aab	664,28Aa	548,41Bb	615,99Aab	611,74±7,63
Semiespecializado	609,12Aa	594,16Ba	514,30Bb	537,14Aab	563,68±7,63
Não especializado	496,90Bb	632,79Aba	503,51Bb	514,49Ab	536,92±7,63
Média	565,82±8,62	625,32±6,13	544,37±5,36	550,93±10,04	-

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Média±erro-padrão dos ácidos graxos (mg g⁻¹) monoinsaturados, somatório dos ácidos graxos monoinsaturados (ΣAGMI), atividade da enzima delta(9)-dessaturase, índice de aterogenicidade, índice de trombogenicidade, razão de ácidos graxos hipocolesterolêmico e hipercolesterolêmico (h/H), ácidos graxos desejáveis e índice nutracêutico do leite bovino, nos sistemas de produção altamente especializado (AE), especializado (ES), semiespecializado (SE) e não especializado (NE), nas diferentes estações do ano⁽¹⁾.

Sistema	Estação do ano				Média
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	
	14:1n5-c9 (ácido miristoleico)				
Altamente especializado	6,75Ab	7,67Aab	8,40Aa	7,45Aab	7,57±0,14
Especializado	6,70Aa	6,13Aba	7,05ABa	5,19Ba	6,27±0,14
Semiespecializado	6,64Aa	6,97Aba	5,54Ba	6,06ABa	6,30±0,14
Não especializado	3,31Bc	5,59Bb	5,51Bb	7,65Aa	5,52±0,14
Média	5,85±0,14	6,59±0,16	6,63±0,15	6,59±0,19	-
	16:1n7-c9 (ácido palmitoleico)				
Altamente especializado	12,71Aab	13,72Aa	13,73Aa	10,42Ab	12,64±0,37
Especializado	12,70Aa	10,81Ba	10,99ABa	10,63Aa	11,28±0,37
Semiespecializado	12,25Aab	12,66ABa	9,74Bb	9,68Ab	11,08±0,37
Não especializado	10,71Aab	10,42Bab	8,99Bb	12,77Aa	10,71±0,37
Média	12,10±0,29	11,90±0,25	10,86±0,29	10,87±0,29	-
	18:1n9-t9 (ácido eláidico)				
Altamente especializado	3,78Aab	3,23Ab	3,48Ab	4,73Aa	3,81±0,11
Especializado	3,87Aab	3,55Aab	2,91Ab	4,35Ca	3,67±0,11
Semiespecializado	3,61Aab	3,35Ab	3,16Ab	4,44Aa	3,64±0,11
Não especializado	4,23Aa	3,92Aa	2,81Ab	3,37Bab	3,58±0,11
Média	3,88±0,15	3,51±0,10	3,09±0,09	4,22±0,08	-
	18:1n7-t11 (ácido transvacênico)				
Altamente especializado	14,14Bb	13,24Bb	16,97Aab	20,41Aa	16,19±0,53
Especializado	15,86ABb	13,21Bb	16,88Aab	22,62Aa	17,14±0,53
Semiespecializado	18,34Aa	18,97ABa	16,70Aa	20,24Aa	18,57±0,53
Não especializado	18,70Ab	22,12Aa	13,68Ac	23,52Aa	19,50±0,53
Média	16,76±0,36	16,89±0,74	16,06±0,53	21,70±0,53	-
	18:1n9-c9 (ácido oleico)				
Altamente especializado	127,11Aa	152,92Aa	162,13Aa	125,70Ba	141,96±4,95
Especializado	145,75Aa	154,22Aa	135,15Aa	126,93Ba	140,51±4,95
Semiespecializado	163,06Aa	162,80Aa	146,65Aa	125,38Ba	149,47±4,95
Não especializado	138,68Aab	157,11Aab	126,80Ab	176,60Aa	149,80±4,95
Média	143,65±4,07	156,76±4,91	142,68±5,32	138,65±4,39	-
	ΣAGMI				
Altamente especializado	165,43Aa	191,48Aa	208,33Aa	170,73Ba	183,99±5,38
Especializado	186,73Aa	191,01Aa	175,24Aa	173,77Ba	181,69±5,38
Semiespecializado	209,51Aa	203,49Aa	186,07Aa	169,17Ba	192,06±5,38
Não especializado	179,78Aab	206,65Aab	154,13Ab	229,73Aa	192,57±5,38
Média	185,36±4,98	198,16±5,08	180,94±5,61	185,85±5,17	-
	Delta (9)-dessaturase (C14)				
Altamente especializado	6,87Aa	7,48Aa	7,54Aa	7,33ABa	7,30±0,13
Especializado	7,11Aa	6,49ABab	6,51Aab	5,48Bb	6,40±0,13
Semiespecializado	6,78Aa	7,03ABa	6,25Aa	6,39Ba	6,61±0,13
Não especializado	5,32Ab	5,87Bb	6,30Ab	8,38Aa	6,47±0,13
Média	6,52±0,13	6,72±0,13	6,65±0,13	6,90±0,13	-
	Índice de aterogenicidade				
Altamente especializado	3,35Aa	3,23Aa	3,11ABb	3,24Aa	3,23±0,11
Especializado	3,35Aa	3,17Aa	3,47ABa	3,58Aa	3,39±0,11
Semiespecializado	2,91ABb	3,12Aab	3,77Aa	3,16Aab	3,24±0,11
Não especializado	2,38Ba	2,73Aa	2,72Ba	2,03Ba	2,47±0,11
Média	3,00±0,08	3,06±0,06	3,27±0,10	3,00±0,07	-
	Índice de trombogenicidade				
Altamente especializado	4,38ABa	4,38ABa	4,15Aa	4,30Ba	4,30±0,12
Especializado	4,57Aa	4,57Aa	4,76Aa	5,13Aa	4,76±0,12
Semiespecializado	3,85ABa	3,92ABa	4,87Aa	4,17Ba	4,20±0,12
Não especializado	3,69Bab	4,06Ba	4,38Aa	3,10Cb	3,81±0,12
Média	4,12±0,08	4,23±0,08	4,54±0,14	4,17±0,08	-
	Razão de ácidos graxos hipocolesterolêmico e hipercolesterolêmico (h/H)				
Altamente especializado	0,46Ba	0,44Aa	0,47Aa	0,45Ba	0,45±0,03
Especializado	0,45Ba	0,44Aa	0,41Aa	0,40Ba	0,43±0,03
Semiespecializado	0,53ABa	0,49Aa	0,47Aa	0,47Ba	0,49±0,03
Não especializado	0,63Aa	0,51Ab	0,46Ab	0,64Aa	0,56±0,03
Média	0,52±0,01	0,47±0,01	0,45±0,01	0,49±0,01	-
	Ácidos graxos desejáveis				
Altamente especializado	300,38Aa	323,80Aa	337,80Aa	312,37Aa	318,59±6,92
Especializado	339,94Aa	320,04Aa	315,60Aa	310,40Aa	321,49±6,92
Semiespecializado	346,99Aa	349,36Aa	315,60Aa	304,91Aa	330,48±6,92
Não especializado	354,78Aab	355,44Aab	298,55Ab	375,86Aa	346,16±6,92
Média	335,52±7,09	337,16±4,81	318,15±6,75	325,88±6,86	-
	Índice nutracêutico				
Altamente especializado	4,87Aab	2,28Bb	4,14Aab	6,59Ba	4,47±0,48
Especializado	4,14Aab	4,07Bb	4,04Ab	7,13ABa	4,85±0,48
Semiespecializado	7,32Aa	6,10ABa	3,64Ba	8,04ABa	6,27±0,48
Não especializado	7,11Ab	9,74Ab	4,68Ab	12,36Aa	8,47±0,48
Média	5,86±0,52	5,55±0,39	4,12±0,51	8,53±0,51	-

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 6. Média±erro-padrão ajustadas dos ácidos graxos (mg g⁻¹) poli-insaturados, somatório dos ácidos graxos ômega 3 (Σn3), dos ácidos graxos ômega 6 (Σn6), da relação ômega 6 e ômega 3 (Σn6:n3) e do total de ácidos graxos poli-insaturados (ΣAGPI) do leite bovino, nos sistemas produtivos altamente especializado (AE), especializado (ES), semiespecializado (SE) e não especializado (NE), nas distintas estações do ano⁽¹⁾.

Sistema	Estação do ano				Média
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	
	18:2n6-c9,c12 (ácido linoleico)				
Altamente especializado	12,19Aa	11,49Aa	11,85Aa	9,96Aa	11,37±0,26
Especializado	13,91Aa	9,97Ab	9,93Ab	10,46Ab	11,07±0,26
Semiespecializado	10,71Ba	10,45Aa	9,97Aa	9,28ABa	10,10±0,26
Não especializado	9,91Ba	8,50Ba	7,73Ba	7,70Ba	8,46±0,26
Média	11,68±0,29	10,10±0,16	9,87±0,25	9,35±0,32	-
	18:3n3-c9,c12,c15 (ácido α-linolênico-AAL)				
Altamente especializado	2,46Aab	1,66Bb	1,73Bb	3,11Aa	2,31±0,08
Especializado	2,73Aab	1,81Bb	2,14Ab	3,05Aa	2,43±0,08
Semiespecializado	3,09Aa	3,13Aa	1,60Bb	3,37Aa	2,80±0,08
Não especializado	3,04Aa	2,73Aa	1,81ABb	3,38Aa	2,67±0,08
Média	2,83±0,10	2,33±0,07	1,82±0,04	3,23±0,10	-
	18:2n7- c9,t11 (ácido rumênico-CLA)				
Altamente especializado	6,60Aa	5,33Aa	6,39Aa	7,40ABa	6,43±0,20
Especializado	5,97Aa	6,38Aa	5,58Aa	7,20Ba	6,28±0,20
Semiespecializado	7,11Aa	5,16Ab	5,65Aab	6,71Bab	6,16±0,20
Não especializado	7,34Ab	5,78Abc	4,87Ac	10,00Aa	7,00±0,20
Média	6,76±0,17	5,66±0,18	5,62±0,18	7,83±0,26	-
	18:2n6-t10,c12 (ácido t10,c12-octadecadienoico-CLA)				
Altamente especializado	0,21Ba	0,30Aa	0,28Aa	0,23Ca	0,26±0,01
Especializado	0,30Bab	0,36Aa	0,24Ab	0,37Ba	0,32±0,01
Semiespecializado	0,31Bab	0,31Aab	0,28Ab	0,37Ba	0,32±0,01
Não especializado	0,55Ab	0,36Ac	0,22Ad	0,73Aa	0,46±0,01
Média	0,34±0,01	0,33±0,01	0,26±0,01	0,43±0,01	-
	20:4n6-c5,c8,c11,c14 (ácido araquidônico-AA)				
Altamente especializado	0,69ABa	0,80Aa	0,81Aa	0,66Aa	0,74±0,02
Especializado	0,83Aa	0,82Aa	0,65Aa	0,64Aa	0,73±0,02
Semiespecializado	0,66ABa	0,68ABa	0,68Aa	0,56Aa	0,64±0,02
Não especializado	0,58Ba	0,57Ba	0,44Ba	0,64Aa	0,56±0,02
Média	0,69±0,02	0,72±0,02	0,65±0,02	0,63±0,02	-
	20:5n3-c5,c8,c11,c14,c17 (ácido timnodônico-EPA)				
Altamente especializado	0,34Aab	0,34Cab	0,41Aa	0,28Bb	0,34±0,01
Especializado	0,21Bb	0,38BCa	0,24Bb	0,30Bab	0,28±0,01
Semiespecializado	0,15Bc	0,47Ba	0,27Bb	0,38Bab	0,32±0,01
Não especializado	0,26ABc	0,75Aa	0,41Ab	0,68Aa	0,52±0,01
Média	0,24±0,01	0,48±0,01	0,33±0,01	0,41±0,01	-
	Σn3				
Altamente especializado	2,72Aa	2,35Aa	3,02Aa	3,21Aa	2,83±0,08
Especializado	2,94Aa	3,24Aa	2,14Aa	3,36Aa	2,92±0,08
Semiespecializado	3,18Aa	2,40Aa	2,27Aa	3,51Aa	2,84±0,08
Não especializado	3,36Aab	2,94Aab	2,30Ab	3,80Aa	3,10±0,08
Média	3,05±0,11	2,73±0,11	2,43±0,09	3,47±0,16	-
	Σn6				
Altamente especializado	14,85ABa	14,65Aa	14,54Aa	12,57Aa	14,15±0,28
Especializado	17,43Aa	13,65ABb	12,98Ab	13,38Ab	14,36±0,28
Semiespecializado	14,00ABa	12,56ABa	13,31Aa	11,80Aa	12,92±0,28
Não especializado	12,62Ba	11,41Ba	9,96Ba	10,31Ba	11,07±0,28
Média	14,72±0,33	13,07±0,22	12,70±0,25	12,02±0,30	-
	Σn6:n3				
Altamente especializado	4,27Ab	7,49Aa	6,68Aa	4,35Ab	5,70±0,14
Especializado	4,94Aa	3,77Ca	5,25Ba	4,40Aa	4,59±0,14
Semiespecializado	3,33Ab	5,74Ba	7,04Aa	3,56Ab	4,92±0,14
Não especializado	3,06Aa	3,42Ca	4,24Ba	3,40Aa	3,53±0,14
Média	3,90±0,17	5,10±0,14	5,80±0,13	3,93±0,12	-
	ΣAGPI				
Altamente especializado	25,09Aa	22,15Aa	25,52Aa	25,02ABa	24,44±0,43
Especializado	25,81Aa	23,00Aab	21,47ABb	25,44ABab	23,93±0,43
Semiespecializado	24,96Aa	21,94Aa	21,40ABa	22,55Ba	22,71±0,43
Não especializado	23,41Aa	24,49Aa	17,40Ba	27,40Aa	23,17±0,43
Média	24,82±0,45	22,90±0,49	21,45±0,45	25,10±0,42	-

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

outono resulta em menores níveis dietéticos de ácido alfa-linolênico, com reflexo no conteúdo do ácido rumênico no leite (Tabela 6).

Portanto, os extratos produtivos altamente especializado e não especializado apresentam características importantes para o aumento do potencial nutracêutico do leite, uma vez que o ácido linoleico conjugado (CLA) está relacionado à redução de uma série de doenças degenerativas, como aterosclerose, à prevenção e tratamento do diabetes mellitus, além de apresentar efeito anticarcinogênico, ser estimulante do sistema imunológico, reduzir a pressão arterial e atuar no metabolismo lipídico corporal, especialmente na redução da gordura corporal e no aumento da massa magra (Kratz et al., 2013; Lahlou et al., 2014). No entanto, o principal antecessor metabólico do ácido rumênico em ruminantes, o ácido transvacênico, por sua conformação geométrica (trans) poderia exercer ação prejudicial à saúde; contudo, Haug et al. (2007) constataram que, em humanos, este ácido graxo pode ser convertido ao seu sucessor.

As principais diferenças observadas no presente estudo estão relacionadas ao comportamento do ácido linoleico e do ácido alfa-linolênico nos diferentes sistemas de produção e estações do ano. As alterações observadas quanto aos conteúdos destes ácidos graxos no leite estão ligadas a modificações no conteúdo de seus sucessores – respectivamente o ácido araquidônico (20:4n6-c5,c8,c11,c14) e o timnodônico (20:5n3-c5,c8,c11,c14,c17) (Tabela 6). De acordo com Simopoulos (2006), a ação de enzimas dessaturases e elongases converte os sucessores em seus respectivos derivados. Entretanto, é importante ressaltar que essas duas famílias de ácidos graxos competem pelas mesmas enzimas envolvidas na dessaturação e no alongamento de suas cadeias (Simopoulos, 2006). Assim, conforme o autor, o balanço entre ômega 6 e ômega 3 ($\Sigma n6:n3$), na dieta, assume grande importância na nutrição humana, tendo-se preconizado a diminuição dessa relação.

Os valores de $\Sigma n6:n3$ diminuíram à medida que a especialização dos sistemas produtivos também diminuiu (Tabela 5). Como Simopoulos (2006) preconiza $\Sigma n6:n3$ de 2:1 a 4:1, os melhores resultados foram obtidos no sistema não especializado.

O perfil de ácidos graxos mais apropriado para a alimentação humana foi obtido com a diminuição da especialização dos sistemas produtivos e nas estações

com maior participação de gramíneas temperadas, ou seja, no inverno e na primavera. Assim, o nível não especializado, no inverno, apresentou o melhor índice nutracêutico do estudo (Tabela 5), pois, além de apresentar maior participação de forrageiras frescas na dieta, o perfil de ácidos graxos nas pastagens temperadas (Tabela 2) favorece a formação dos ácidos transvacênico, rumênico e do ácido t10,c12-octadecadienoico, além de diminuir a $\Sigma n6:n3$ no leite (Roy et al., 2006; Chilliard et al., 2007).

O índice nutracêutico proposto mostrou maior poder de diferenciação entre os sistemas de produção, pois as diferenças no índice acentuaram-se entre os extratos mais e menos especializados, principalmente nas estações verão e inverno (Tabela 5). Assim, em estudos de manipulação da dieta que visem à obtenção de um perfil de ácidos graxos mais adequado para o leite de consumo, sugere-se o índice nutracêutico como parâmetro de avaliação da qualidade da fração lipídica do leite.

Além disso, o índice nutracêutico pode ser considerado adequado para analisar a capacidade do leite de contribuir na prevenção e combate de doenças cardiovasculares, uma vez que o nutracêutico apresentou correspondência inversa com os índices de aterogenicidade e trombogenicidade, propostos por Ulbricht & Southgate (1991), e relação direta com a razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmico e hipercolesterolêmico (Santos-Silva et al., 2002) (Tabela 5). O índice também se mostrou mais eficiente na avaliação do potencial nutracêutico do leite do que o conteúdo de ácidos graxos desejáveis (Costa et al., 2008), que não apresentou correspondência com os índices estudados no presente trabalho.

Com a análise de variância multivariada, verificou-se diferença significativa entre os vetores de médias, para as diferentes combinações de sistemas produtivos e estações do ano, tanto pelo teste de Wilks, quanto pelos testes Pillai, Hotelling-Lawley e Roy. Os três primeiros autovalores foram significativos pelo teste da razão de verossimilhança; o primeiro autovalor explicou 70,72%, e o segundo, 15,51%, ou seja, os dois primeiros autovalores explicaram 86,23% da variação total dos dados relacionados ao potencial nutracêutico do leite bovino (Figura 1). Portanto, a análise de componentes principais permitiu visualizar a similaridade e dissimilaridade entre as diferentes combinações entre sistemas produtivos e estações.

As variáveis Σ AGPI ($r=0,69, p<0,01$), Σ AGMI ($r=0,78, p<0,001$), $\Sigma n6:n3$ ($r=-0,74, p<0,01$), ácido rumênico ($r=0,97, p<0,001$) e ácido t10,c12-octadecadienoico ($r=0,93, p<0,001$) explicaram a variabilidade do CP1 (componente principal 1), ao passo que as variáveis $\Sigma n6:n3$ ($r=0,55, p<0,05$) e Σ AGPI ($r=0,58, p<0,05$) explicaram a variabilidade do CP2 (Figura 1). A partir das correlações dos componentes principais com as variáveis, pode-se observar que quanto mais à direita (variação explicada pelo CP1) e acima (variação explicada pelo CP2) as combinações se localizarem no plano cartesiano, maior será o potencial nutracêutico do leite, uma vez que essas posições apresentam valores mais elevados de Σ AGPI, Σ AGMI, ácido rumênico e ácido t10,c12-octadecadienoico, e menores de $\Sigma n6:n3$;

exceto pela variação explicada pelo CP2 em relação ao $\Sigma n6:n3$, que apresentou maiores valores em posições mais elevadas.

A análise de agrupamento mostrou que foi quatro o número ideal de grupos formados entre as 16 possíveis combinações entre sistemas produtivos e estações do ano, em que: o grupo I englobou a classe inverno-não especializado; o grupo II, as classes primavera-semiespecializado, primavera-não especializado, verão-semiespecializado, verão-não especializado, inverno-altamente especializado, inverno-especializado e inverno-semiespecializado; o grupo III, as classes primavera-altamente especializado, primavera-especializado, verão-altamente especializado, verão-especializado e outono-altamente

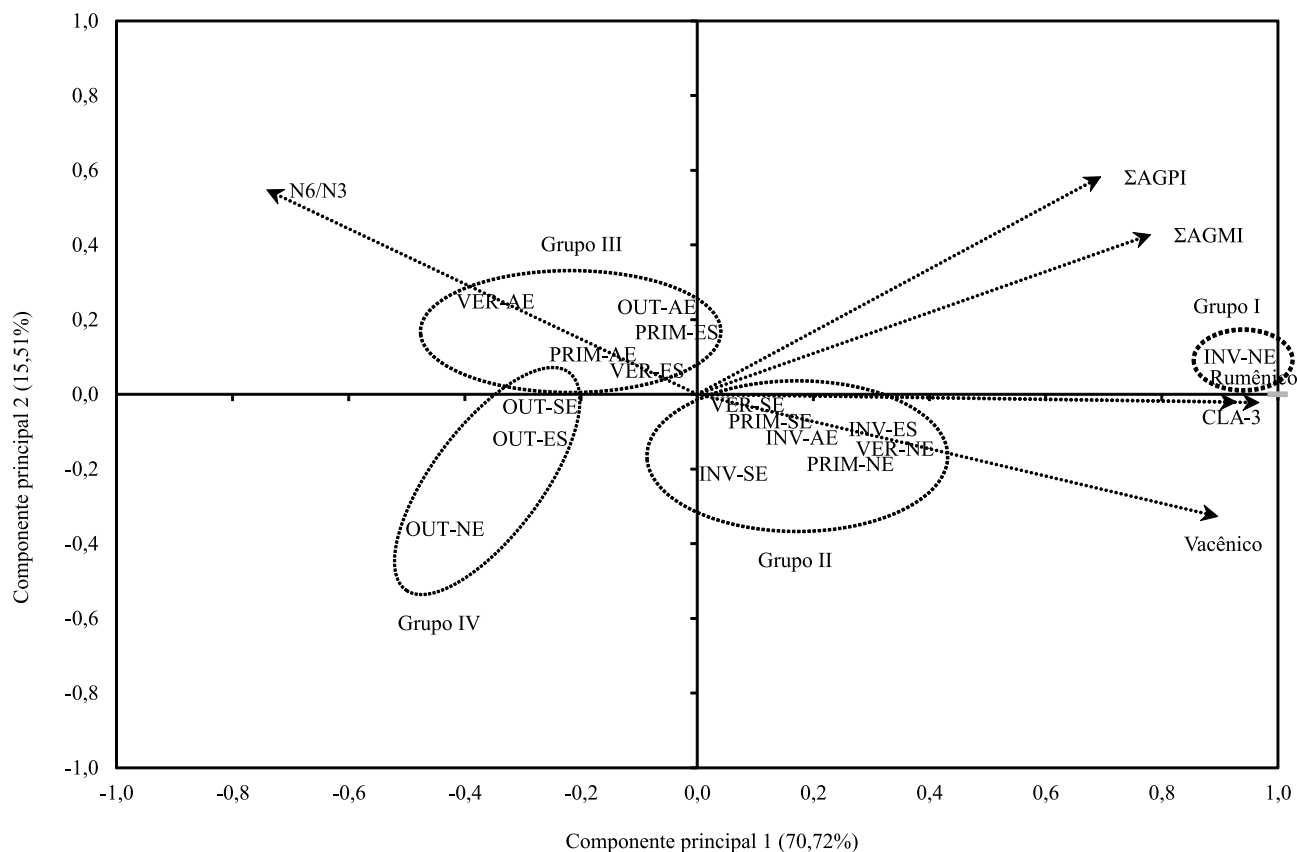


Figura 1. Projeção bidimensional dos escores das diferentes combinações entre os sistemas de produção – altamente especializado (AE), especializado (ES), semiespecializado (SE) e não especializado (NE) – e as diferentes estações do ano – primavera (PRIM), verão (VER), outono (OUT) e inverno (INV), além das cargas (correlações entre as variáveis e os componentes principais) das variáveis: ácido vacênico, total de ácidos graxos monoinsaturados (Σ AGMI), poli-insaturados (Σ AGPI), relação dos ácidos graxos ômega 6 e ômega 3 (N6/N3) e os isômeros de ácido linoleico conjugado (CLA), ácido rumênico e ácido t10,c12-octadecadienoico (18:2n6-t10,c12).

especializado; e o grupo IV, as classes outono-especializado, outono-semiespecializado e outono-não especializado (Figura 1).

Portanto, no outono, todos os sistemas produtivos situaram-se no grupo IV, exceto o altamente especializado, que se localizou no grupo III; esse extrato produtivo foi o único capaz de mitigar os efeitos negativos da carência de forragens no outono sobre a qualidade da fração lipídica do leite, o que culminou com um aumento de Σ AGPI, Σ AGMI, ácido rumênico e ácido t10,c12-octadecadienoico, variação esta explicada pelo CP1 (Figura 1).

Entretanto, é importante ressaltar que, por meio da análise das variáveis que explicaram a variabilidade do CP2, observou-se aumento na $\Sigma n6:n3$ no nível altamente especializado, no outono, em comparação aos outros sistemas produtivos. Isto se atribui, segundo Chilliard et al. (2007), ao incremento do fornecimento de fontes dietéticas com elevados teores de ácido linoleico, como a silagem de milho e o concentrado (Tabela 2), o que elevaria a absorção intacta desse principal representante da família ômega 6 no leite (Figura 1).

Além da combinação outono-altamente especializado, outras quatro assentaram-se no grupo III, compostas pelos sistemas produtivos altamente especializado e especializado, nas estações verão e primavera (Figura 1). Porém, nota-se que as combinações dessas estações com os níveis de menor especialização migraram para o grupo II. Essa migração pode ser explicada pelas diferenças no manejo nutricional entre os diferentes extratos produtivos. Os sistemas mais especializados necessitaram desocupar áreas antes destinadas ao pastejo, para destiná-las ao plantio do milho, entre a primavera e o verão, o que resultou em diminuição do fornecimento de forrageiras frescas, em razão do aumento da oferta de silagem de milho e concentrado. Isso manteve esses sistemas de produção no grupo III (Figura 1), principalmente em razão dos maiores valores de $\Sigma n6:n3$ (variação explicada pelo CP1 e CP2) e menores de Σ AGPI, Σ AGMI, ácido rumênico e ácido t10,c12-octadecadienoico, em comparação ao grupo II (variação explicada principalmente pelo CP1).

Esse manejo nutricional, entretanto, não ocorreu em propriedades dos extratos produtivos menos especializados, que apresentaram menor ou nenhum fornecimento de silagem de milho na dieta (Tabela 1).

O extrato semiespecializado, que também utiliza silagem de milho e concentrado, mas em menores proporções, apesar de situar-se no grupo II, deslocou-se em direção ao grupo III (Figura 1), o que corrobora a explicação anterior.

No grupo II, além das combinações dos sistemas semiespecializados e não especializados com as estações primavera e verão, ocorreram todas as combinações dos extratos produtivos com a estação inverno, exceto para a combinação inverno-não especializado, que foi o único representante do grupo I, caracterizado pelo leite de maior potencial nutracêutico. Essa variação foi explicada principalmente pelo CP1, já que esses grupos diferiram minimamente quanto ao CP2.

Conclusões

1. Os sistemas de produção e as estações do ano interferem conjuntamente no perfil de ácidos graxos do leite bovino, mas isoladamente em sua qualidade físico-química e microbiológica.

2. As maiores contagens de células somáticas e os menores valores de proteína são obtidos no verão e, com a diminuição do grau de especialização das unidades produtoras, a contagem bacteriana total aumenta.

3. Os leites bovinos de maior potencial nutracêutico são obtidos no inverno, nos sistemas não especializados de produção, que apresentam os maiores teores de ácidos graxos poli-insaturados, ácido rumênico e ácido t10,c12-octadecadienoico.

4. O sistema de produção não especializado, no inverno, apresenta os melhores índices de aterogenicidade, trombogenicidade, razão de ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos e, em especial, o melhor índice nutracêutico.

5. Em razão de sua alta capacidade em diferenciar alterações no manejo nutricional dos animais, o índice nutracêutico deve ser preferido para a avaliação da qualidade da fração lipídica do leite bovino.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (Fapergs), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio e auxílio financeiro prestados.

Referências

- BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, p.911-917, 1959. DOI: 10.1139/o59-099.
- BODENMÜLLER FILHO, A.; DAMASCENO, J.C.; PREVIDELLI, I.T.S.; SANTANA, R.G.; RAMOS, C.E.C. de O.; SANTOS, G.T. dos. Tipologia de sistemas de produção baseada nas características do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1832-1839, 2010. DOI: 10.1590/S1516-35982010000800028.
- CHILLIARD, Y.; GLASSER, F.; FERLAY, A.; BERNARD, L.; ROUEL, J.; DOREAU, M. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.109, p.828-855, 2007. DOI: 10.1002/ejlt.200700080.
- CHRISTIE, W.W. A simple procedure for rapid transmethylolation of glycerolipids and cholesteryl esters. **Journal of Lipid Research**, v.23, p.1072-1077, 1982.
- COSTA, R.G.; MESQUITA, Í.V.U.; QUEIROGA, R. de C.R. do E.; MEDEIROS, A.N. de; CARVALHO, F.F.R. de; BELTRÃO FILHO, E. Características químicas e sensoriais do leite de cabras Moxotó alimentadas com silagem de maniçoba. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.694-702, 2008. DOI: 10.1590/S1516-35982008000400016.
- DEWHURST, R.J.; SHINGFIELD, K.J.; LEE, M.R.F.; SCOLLAN, N.D. Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. **Animal Feed Science and Technology**, v.131, p.168-206, 2006. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2006.04.016.
- FANTI, M.G.N.; ALMEIDA, K.E. de; RODRIGUES, A.M.; SILVA, R.C. da; FLORENCE, A.C.R.; GIOIELLI, L.A.; OLIVEIRA, M.N. de. Contribuição ao estudo das características físico-químicas e da fração lipídica do leite orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, p.259-265, 2008. DOI: 10.1590/S0101-20612008000500039.
- GABBI, A.M.; MCMANUS, C.M.; SILVA, A.V.; MARQUES, L.T.; ZANELA, M.B.; STUMPF, M.P.; FISCHER, V. Typology and physical-chemical characterization of bovine milk produced with different productions strategies. **Agricultural Systems**, v.121, p.130-134, 2013. DOI: 10.1016/j.agsy.2013.07.004.
- HAUG, A.; HØSTMARK, A.T.; HARSTAD, O.M. Bovine milk in human nutrition – a review. **Lipids in Health and Disease**, v.25, p.1-16, 2007. DOI: 10.1186/1476-511x-6-25.
- KRATZ, M.; BAARS, T.; GUYENET, S. The relationship between high-fat dairy consumption and obesity, cardiovascular, and metabolic disease. **European Journal of Nutrition**, v.52, p.1-24, 2013. DOI: 10.1007/s00394-012-0418-1.
- LAHLOU, M.N.; KANNEGANTI, R.; MASSINGILL, L.J.; BRODERICK, G.A.; PARK, Y.; PARIZA, M.W.; FERGUSON, J.D.; WU, Z. Grazing increases the concentration of CLA in dairy cow milk. **Animal**, v.8, p.1191-1200, 2014. DOI: 10.1017/S1751731114000998.
- ROY, A.; FERLAY, A.; SHINGFIELD, K.J.; CHILLIARD, Y. Examination of the persistency of milk fatty acid composition responses to plant oils in cows given different basal diets, with particular emphasis on trans-C18:1 fatty acids and isomers of conjugated linoleic acid. **Animal Science**, v.82, p.479-492, 2006. DOI: 10.1079/asc.200658.
- SANTOS-SILVA, J.; BESSA, R.J.B.; SANTOS-SILVA, F. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: II. Fatty acid composition of meat. **Livestock Production Science**, v.77, p.187-194, 2002. DOI: 10.1016/S0301-6226(02)00059-3.
- SHOOK, G.E. Genetic improvement of mastitis through selection on somatic cell count. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v.9, p.563-581, 1993.
- SIMIONATO, J.I.; GARCIA, J.C.; SANTOS, G.T. dos; OLIVEIRA, C.C.; VISENTAINER, J.V.; SOUZA, N.E. de. Validation of the determination of fatty acids in milk by gas chromatography. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.21, p.520-524, 2010. DOI: 10.1590/S0103-50532010000300018.
- SIMOPOULOS, A.P. Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic diseases. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, v.60, p.502-507, 2006. DOI: 10.1016/j.biopha.2006.07.080.
- TRIPATHI, M.K. Effect of nutrition on production, composition, fatty acids and nutraceutical properties of milk. **Advances in Dairy Research**, v.2, p.1-11, 2014. DOI: 10.4172/2329-888X.1000115.
- ULBRICHT, T.L.V.; SOUTHGATE, D.A.T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **Lancet**, v.338, p.985-992, 1991. DOI: 10.1016/0140-6736(91)91846-M.
- VARGAS, D.P. de; NÖRNBERG, J.L.; MELLO, R. de O.; SHEIBLER, R.B.; MILANI, M.P.; MELLO, F.C.B. Correlações entre contagem bacteriana total e parâmetros de qualidade do leite. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.20, p.241-247, 2013.
- VARGAS, D.P. de; NÖRNBERG, J.L.; MELLO, R. de O.; SHEIBLER, R.B.; BREDA, F.C.; MILANI, M.P. Correlações entre contagem de células somáticas e parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade do leite. **Ciência Animal Brasileira**, v.15, p.473-483, 2014. DOI: 10.4322/rbcv.2014.009.

Recebido em 13 de janeiro de 2015 e aprovado em 6 de outubro de 2015