

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 28/01/2018.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Câmpus de Botucatu

RASTREABILIDADE DE SISTEMAS PRODUTIVOS DE BOVINOS
PELA ANÁLISE DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS

ALEXANDRE PERDIGÃO

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor.

BOTUCATU - SP
Julho – 2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Câmpus de Botucatu

RASTREABILIDADE DE SISTEMAS PRODUTIVOS DE BOVINOS
PELA ANÁLISE DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS

ALEXANDRE PERDIGÃO
ZOOTECNISTA

Orientador: Prof. Dr. Mário De Beni Arrigoni

Coorientador: Profa. Dra. Cyntia Ludovico Martins

Tese apresentada ao Programa de Pós-
graduação em Zootecnia como parte das
exigências para a obtenção do título de
Doutor.

BOTUCATU - SP
Julho – 2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
- UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

P433r Perdigão, Alexandre, 1987-
Rastreabilidade de sistemas produtivos de bovinos pela análise de isótopos estáveis / Alexandre Perdigão. - Botucatu : [s.n.], 2017
59 f. : grafs. color., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu - 2017

Orientador: Mário De Beni Arrigoni
Coorientador: Cyntia Ludovico Martins
Inclui bibliografia

1. Bovino de corte - Confinamento. 2. Produção animal. 3. Pastagens. 4. Carbono - Isótopos. 5. Nitrogênio - Isótopos. 6. Oxigênio - Isótopos. 7. Hidrogênio - Isótopos. I. Arrigoni, Mário De Beni. II. Martins, Cyntia Ludovico. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. IV. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte".

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Osmar Perdigão e Clarice Rodrigues Perdigão e o meu irmão, Marcos Vinicius Perdigão, pelo apoio, incentivo e confiança durante mais uma etapa de minha vida.

Sem vocês faltaria inspiração.

À professora Cyntia Ludovico Martins pela confiança e oportunidade de ampliar meus conhecimentos em uma área com grande potencial de crescimento.

Ao professor Mário De Beni Arrigoni por depositar sua confiança e permitir que mais um sonho seja realizado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me conceder uma vida maravilhosa e excelente estrutura familiar que sempre me proporcionou educação, limites e oportunidades para chegar, estar e passar por essa importante fase de minha vida.

Aos Professores Mário De Beni Arrigoni e Cyntia Ludovico Martins, pela oportunidade de desempenhar mais um excelente trabalho em conjunto.

Ao Professor Carlos Ducatti “*in memorian*”, incentivador desta análise em experimentos zootécnicos e por inspirar pesquisadores com o seus conhecimentos deixados.

À Professora Márcia Maria Pereira Sartori, pela ajuda e ensinamentos da análise de multivariada.

Ao mestrando Ramon Rizzieri, pela ajuda e companheirismo na coleta das amostras.

Aos amigos de equipe de pós-graduandos, Daniela, Lucas, Gabriel, Carolina, Maria os quais ajudaram e me auxiliaram durante a realização do trabalho.

Ao amigo Henrique Borgatto, pela amizade e companheirismo durante parte desta trajetória.

Aos funcionários do Centro de Isótopos Estáveis Carlos Ducatti em especial prof. Vladimir, Evandro, Cibele, Nádia e Mariana pela ajuda e serviços prestados.

Aos funcionários do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal em especial Carlão, Renato e Claudemir pela atenção, ajuda e serviços prestados.

Aos funcionários da Pós Graduação Seila, Carlos e Ellen pela atenção e serviços prestados.

Aos Coordenadores do Programa de Pós Graduação em Zootecnia da UNESP Botucatu pela oportunidade de obtenção do título de doutor.

À Associação de criadores de Nelore do Brasil (ACNB), pelo apoio, comprometimento e sua parceria para conosco.

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP, campus de Botucatu, pela oportunidade de realizar o meu trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	10
1. SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BOVINOS	11
2. INOCUIDADE ALIMENTAR	12
3. CONCEITUAÇÃO DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS	13
4. ISÓTOPOS DE CARBONO	15
5. ISÓTOPOS DE NITROGÊNIO	17
6. ISÓTOPOS DE HIDROGÊNIO E OXIGÊNIO	18
7. ISÓTOPOS ESTÁVEIS NA EXPERIMENTAÇÃO EM RUMINANTES	19
8. ANÁLISE DOS ISÓTOPOS ESTÁVEIS E DISCRIMINAÇÃO DE DIETAS ...	22
9. ISÓTOPOS ESTÁVEIS E DISCRIMINAÇÃO DA ORIGEM GEOGRÁFICA..	23
10. ANÁLISE DOS ISÓTOPOS ESTÁVEIS E RASTREABILIDADE	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

CAPÍTULO 2

DIFERENCIAÇÃO DOS SISTEMAS PRODUTIVOS DE BOVINOS NELORE CRIADOS EM MESMA PROPRIEDADE PELAS RAZÕES ISOTÓPICAS DA CARNE

RESUMO	36
ABSTRACT	37
1 INTRODUÇÃO	38
2 MATERIAL E MÉTODOS	39
3 RESULTADOS	42

4 DISCUSSÃO	44
5 CONCLUSÃO	48
6 REFERÊNCIAS.....	48
CAPÍTULO 3	
IMPLICAÇÕES	58

LISTA DE TABELAS**CAPÍTULO 1**

TABELA 1. A ABUNDÂNCIA NATURAL DOS ISÓTOPOS ESTÁVEIS DOS ELEMENTOS H, C, N, O E S E SUAS MOLÉCULAS GASOSAS COMUMENTE UTILIZADAS NA ESPECTROMETRIA DE MASSAS.....	14
TABELA 2. ANÁLISES ISOTÓPICAS DE MULTIELEMENTOS EM ESTUDOS COM ORIGEM GEOGRÁFICA DA CARNE BOVINA.....	26

CAPÍTULO 2

TABELA 1. MÉDIAS DO ENRIQUECIMENTO ISOTÓPICO DOS ELEMENTOS EM AMOSTRAS DE CARNE COM OU SEM EXTRAÇÃO DE GORDURA DENTRE OS DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO.....	53
TABELA 2. CLASSIFICAÇÃO DE AMOSTRAS DE CARNE EM DIFERENTES SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO E PORCENTAGEM DE OBSERVAÇÕES CLASSIFICADAS CORRETAMENTE.....	54

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

FIGURA 1. <i>TURNOVER</i> ISOTÓPICO, MEIA VIDA (T) E PATAMAR DE EQUILÍBRIO ISOTÓPICO	21
--	----

CAPÍTULO 2

FIGURA 1. GRÁFICO DE DISPERSÃO DAS RAZÕES DE CARBONO-13 E NITROGÊNIO-15 DE BOVINOS NELORE CRIADOS EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO. (A) SEM EXTRAÇÃO DE GORDURA E (B) COM EXTRAÇÃO DE GORDURA: CONFINAMENTO CONVENCIONAL (●); SEMI-CONFINAMENTO (◆); E PASTO (■)	55
FIGURA 2. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DE MÚSCULOS DE BOVINOS CRIADOS EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO SEM (A) E COM (B) EXTRAÇÃO DE GORDURA, E DOS ELEMENTOS SIGNIFICATIVOS PELA ANOVA (C): CONFINAMENTO CONVENCIONAL (●); SEMI-CONFINAMENTO (◆); E PASTO (■).	56

CAPÍTULO 1

Considerações iniciais

As exigências de exportação de carne bovina para o mercado mundial estão voltadas a aspectos de controle higiênico, sanitários e rastreabilidade animal (ANUALPEC, 2016), sendo a rastreabilidade incumbida por garantir integridade dos alimentos e forma como foram produzidos. Entende-se por origem de um produto sua procedência, desde sua idealização até a concretização e venda, abrangendo aspectos que vão além da transformação do leite em derivados e/ou animal em carne.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) no Brasil, por meio do Sistema de Identificação e Certificação de Origem (SISBOV), registra e identifica o rebanho bovino e bubalino no território nacional, possibilitando o rastreamento do animal desde o nascimento até o abate, além disso, disponibiliza relatórios de apoio à tomada de decisão quanto à qualidade do rebanho nacional e importado (Sarto, 2002).

A produção de bovinos de corte conta com diferentes sistemas produtivos que possibilitam desfrutar e manter a carne competitiva no mercado. Em destaque, a produção intensiva de bovinos em pasto que caracteriza pelos menores custos de produção, gerando um produto de grande apelo mercadológico, o “boi verde”, consolidando o crescimento das exportações de carne bovina no país. A possibilidade de determinar como o animal foi produzido e seu local de criação é um avanço para o sistema de rastreabilidade, suprimindo uma das exigências dos mercados consumidores em caracterizar o produto pela forma que foi conduzido antes do abate.

A análise dos Isótopos Estáveis (AIE) é uma ferramenta com potencial de autenticidade dos alimentos que possibilita a investigação de fontes alimentares isotopicamente distintas (DeNiro e Epstein, 1978).

Alguns autores identificaram a origem da carne de diferentes localizações geográficas através da composição dietética pela combinação de isótopos estáveis e análise multielementares (Guo et al., 2010; Zhao et al., 2013). No Brasil, Vieira Júnior (2013), observou que os sistemas de produção de bovinos de corte podem ser diferenciados pelos bioelementos da carne, com o uso da análise dos isótopos estáveis de C e N. Entretanto, estudos avaliando o potencial da AIE são incipientes e necessários para discernir o fracionamento isotópico da dieta pelo animal, além disso, devem ser considerados os efeitos fisiológicos, bioquímicos e fatores ecológicos que influenciam muito nos valores isotópicos entre os tipos de tecido e indivíduos (Gannes et al., 1997).

5. CONCLUSÃO

A razão isotópica dos elementos Carbono e Nitrogênio com e sem extração de gordura permitem diferenciar e certificar as amostras de carne entre os Sistemas de Confinamento, Semi-confinamento e Pasto com alta precisão na mesma propriedade.

6. REFERÊNCIAS

- Bahar B, Monahan FJ, Moloney AP, O'Kiely P, Scrimgeour CM e Schmidt O 2008. Alteration of the carbon and nitrogen stable isotope composition of beef by substitution of grass silage with maize silage. *Rapid Communications Mass Spectrometry* 19, 937-1942.
- Bong Y, Shin W, Lee A, Kim Y, Kim K, Lee K 2010. Tracing the geographical origin of beefs being circulated in Korean markets based on stable isotopes. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 24, 155-159.
- Camin F, Boner M, Bontempo L, Fauhl-Hassek C, Kelly SD, Riedl J, Rossmann A 2017. Stable isotope techniques for verifying the declared geographical origin of food in legal cases. *Trends in Food Science & Technology* 61, 176–187.
- Cantalapiedra-Hijar G, Fouillet H, Huneau JF, Fanchone A, Doreau M, Nozière P, Ortigues-Marty I 2015. Relationship between efficiency of nitrogen utilization and isotopic nitrogen fractionation in dairy cows: contribution of digestion v. metabolism? *Animal* 10, 221-229.

- Chen T, Chen, G, Yang S, Zhao Y, Ha Y and Ye Z 2017. Recent developments in the application of nuclear technology in agro-food quality and safety control in China. *Food Control* 72, 306-312.
- Choi WJ, Lee SM, Ro HM, Kim KC, Yoo SH 2002. Natural ^{15}N abundances of maize and soil amended with urea and composted pig manure. *Plant and Soil* 245:223-232.
- DeNiro MJ and Epstein S 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 42, 495-506.
- DeNiro MJ and Epstein S 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 45, 341–351.
- Ducatti C 2007. Aplicação de isótopos estáveis em aquicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36, 1-10.
- Erasmus SW, Muller M, Rijst MVD and Hoffman LC 2016. Stable isotope ratio analysis: A potential analytical tool for the authentication of South African lamb meat. *Food Chemistry* 192, 997–1005.
- Gannes LZ, Martinez del Rio C and Koch P 1998. Natural abundance variations in stable isotopes and their potential uses in animal physiological ecology. *Comparative Biochemistry and Physiology* 119, 725–737.
- Gannes LZ, O'Brien DM and Martinez de Rio C 1997. Stable isotopes in animal ecology: assumptions, caveats, and a call for more laboratory experiments. *Ecology* 78, 1271–1276.
- González-Martin I, Gonzáles-Pérez C, Hernández-Méndez J, Marqués-Macias E, Sanz Poveda F 1999. Use of isotope analysis to characterize meat from Iberian-breed swine. *Meat Science* 52, 437-441.

- Guo BL, Wei YM, Pan JR, Li Y 2010. Stable C and N isotope ratio analysis for regional geographical traceability of cattle in China. *Food Chemistry* 118, 915–920.
- Handley LL and Raven JA 1992. The use of natural abundance of nitrogen isotopes in plant physiology and ecology. *Plant Cell and Environment* 15, 965-985.
- Heaton K, Kelly SD, Hoogewerff J, Woolfe M 2008. Verifying the geographical origin of beef: the application of multi-element isotope and trace element analysis. *Food Chemistry* 107, 506–515.
- Hobson KA and Clark RG 1992. Assessing avian diets using stable isotopes I: turnover of ^{13}C in tissues. *The Condor* 94, 181-188.
- Jones R, Ludlow M, Troughton J 1979. Estimation of the proportion of C_3 and C_4 plant species in diet of animals from the ratio of natural ^{12}C and ^{13}C isotopes in the faeces. *Journal of Agricultural Science* 92, 91-100.
- Knobbe N, Vogl J, Pritzkow W, Panne U, Fry H, Lochotzke HM, Preiss-Weigert A 2006. C and N stable isotope variation in urine and milk of cattle depending on the diet. *Analytical Bioanal Chemistry*, 386, 104-108.
- Nakashita R, Suzuki Y, Akamatsu F, Iizumi Y, Korenaga T, Chikaraishi Y 2008. Stable carbon, nitrogen, and oxygen isotope analysis as a potential tool for verifying geographical origin of beef. *Analytica Chimica Acta* 617, 148-52.
- Norman HC, Wilmot MG, Thomas DT, Masters DG, Revell DK 2009. Stable carbon isotopes accurately predict diet selection by sheep fed mixtures of C_3 annual pastures and saltbush or C_4 perennial grasses. *Livestock Science* 121, 162-172.
- Piasentier E, Valusso R, Camin F, Versini G 2003. Stable isotope ratio analysis for authentication of lamb meat. *Meat Science* 64, 239-247.

- Poupin N, Mariotti F, Huneau JF, Hermier D and Fouillet H 2014. Natural isotopic signatures of variations in body nitrogen fluxes: a compartmental model analysis. *PLOS Computational Biology* 10, e1003865.
- Rossmann A 2001. Determination of stable isotope ratios in food analysis. *Food Reviews International* 17, 347–381.
- Schwagele F 2005. Traceability from a European perspective. *Meat Science* 71, 164–173.
- Silva SL, Leme PR and Putrino SM 2009. Fatty acid composition of intramuscular fat from Nellore steers fed dry or high moisture corn and calcium salts of fatty acids. *Livestock Science* 122, 290-295.
- Tieszen LL, Boutton TW, Tesdahl KG, Slade NA 1983. Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: Implications for $\delta^{13}\text{C}$ analysis of diet. *Oecologia* 57, 32–37.
- Van Soest PJ 1994. Nutrition ecology of ruminants. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA.
- Vieira Júnior LC 2013. Potencial da técnica dos Isótopos Estáveis para caracterização de diferentes sistemas de produção de bovinos de corte em condições Tropicais. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, Brasil.
- Werner RA and Schimidt HL 2002. The in vivo nitrogen isotope discrimination among organic plant compounds. *Phytochemistry* 61, 465-784.
- Wheadon NM, McGee M, Edwards GR and Dewhurst RJ 2014. Plasma nitrogen isotopic fractionation and feed efficiency in growing beef heifers. *British Journal of Nutrition* 111, 1705–1711.

Zhang L, Pan J, Zhu C 2012. Determination of the geographical origin of Chinese teas based on stable carbon and nitrogen isotope ratios. *Journal Zhejiang University Science B* 13, 824–830.

Zhao Y, Zhang B, Chen G, Chen A, Yang S, and Ye Z 2013. Tracing the Geographic Origin of Beef in China on the Basis of the Combination of Stable Isotopes and Multielement Analysis. *Journal Agricultural Food Chemistry* 61, 7055–7060.

Zhao Y, Zhang B, Chen G, Chen A, Yang S, Ye Z 2014. Recent developments in application of stable isotope analysis on agro-product authenticity and traceability. *Food Chemistry* 145, 300–305.