

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**ESTUDO VENOGRÁFICO DOS DÍGITOS DE BOVINOS JOVENS ANTES E  
APÓS APLICAÇÃO INTRARRUMINAL DE OLIGOFRUTOSE**

Sabrina Lucas Ribeiro de Freitas

**Orientador:** Prof. Dr. Luiz Antônio Franco da Silva

GOIÂNIA

2015

SABRINA LUCAS RIBEIRO DE FREITAS

## **ESTUDO VENOGRAFICO DOS DÍGITOS DE BOVINOS JOVENS ANTES E APÓS APLICAÇÃO INTRARRUMINAL DE OLIGOFRUTOSE**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal junto à Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás

**Área de concentração:**

Patologia, Clínica e Cirurgia

**Orientador:**

Prof. Dr. Luiz Antônio F. da Silva – EVZ/UFG

**Comitê de Orientação:**

Profa. Dra. Naida Cristina Borges – EVZ/UFG

Prof. Dr. Júlio Roquete Cardoso – EVZ/UFG

GOIÂNIA

2015

Ficha catalográfica elaborada automaticamente  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

Freitas, Sabrina Lucas Ribeiro de  
Estudo venográfico dos dígitos de bovinos jovens antes e após  
aplicação intrarruminal de oligofrutose [manuscrito] / Sabrina Lucas  
Ribeiro de Freitas. - 2015.  
xiv, 54 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Franco da Silva; co-orientadora  
Dra. Naida Cristina Borges; co-orientador Dr. Júlio Roquete Cardoso.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de  
Veterinária e Zootecnia (EVZ) , Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Animal, Goiânia, 2015.

Bibliografia. Anexos.

Inclui abreviaturas, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Anatomia. 2. Acidose ruminal. 3. Diagnóstico por imagem. 4.  
Dígitos. 5. Laminite. I. Silva, Dr. Luiz Antônio Franco da, orient. II.  
Borges, Dra. Naida Cristina, co-orient. III. Título.

**Sabrina Lucas Ribeiro de Freitas**

Dissertação defendida e aprovada em **11/09/2015**, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:



---

Prof. Dr. Luiz Antônio Franco da Silva  
(ORIENTADOR (A))



---

Profa. Dra. Adriana da Silva Santos - IFGoiano



---

Prof. Dr. Marcelo Ismar Silva Santana - UnB

Dedico este trabalho à minha família que sempre foi  
e sempre será meu maior amor.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por ter me concedido o dom da vida.

Agradeço aos meus pais Francisco Lucas Ribeiro Neto e Dina Rute de Freitas pela educação dada. De vocês recebi o que de mais especial um ser humano pode ter: o caráter.

Agradeço aos meus irmãos Marcus Vinicius Lucas Ribeiro de Freitas e Mario Cesar Lucas Ribeiro de Freitas pelo companheirismo. Ao Mario e minha cunhada Yvone Santos Lucas por me proporcionar a honra em ter como sobrinha a pequena Anna Santos Lucas de Freitas, motivo pelo qual luto por um mundo melhor.

Agradeço aos meus avós maternos e paternos pela educação dada aos meus pais, os quais souberam perfeitamente transmitir para mim a mesma educação.

Agradeço a todos os meus amigos, que sempre estiveram presente em minha vida nos momentos de alegria e tristeza. Em especial a Morgana Pontes Abreu pelo apoio de sempre e em tudo!

Agradeço ao meu orientador, professor Luiz Antônio Franco da Silva por toda dedicação, paciência e aprendizado. Saiba que todo o apoio que me deu foi fundamental para o amadurecimento profissional e pessoal. Se cheguei em algum lugar, se aprendi a ser uma boa profissional foi graças à você. Serei eternamente grata.

Aos meus co-orientadores Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Naida Cristina Borges e Prof. Dr. Júlio Roquete Cardoso pelos dias dispensados em me ajudar na finalização deste trabalho. Obrigada pela confiança. Podem ter certeza que também serei muito grata por tudo que fizeram por mim.

Agradeço a todos os bolsistas e alunos Lucas Alves, João Messias, Josyanne Rodrigues, Damila Batista, Marina Magalhães, Madalena Santos, Luíza Costa, Daniella Cordeiro, Lucas Andrade e Laiz Alves que participaram deste experimento. Sem vocês não teríamos conseguido realiza-lo. Ao Danilo Ferreira Rodrigues e Fernanda Figueiredo Mendes que nos ajudaram em etapas importantes do trabalho. Vocês todos, contem comigo sempre.

Ao Professor Msc. Antônio Dionísio Feitosa Noronha Filho, meu companheiro de projeto. Pelas noites passadas em branco com nossos animais e por todo aprendizado que me proporcionou. Meus sinceros agradecimentos.

À Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ) e ao Hospital Veterinário da Universidade Federal de Goiás (HV/UFG) pelos equipamentos e estrutura para que o projeto pudesse ser realizado.

Aos funcionários do HV/EVZ/UFG, em especial a dona Vilda Maria dos Reis por estar sempre conosco nos auxiliando e cuidando como mãe. Ao Anibal por ter cuidado dos nossos animais com muito carinho.

Aos residentes de Grandes Animais do HV/EVZ/UFG, por ter dado ajuda no momento que precisamos.

Ao Prof. Dr. Juliano José de Rezende Fernandes por ter apoiado nosso trabalho e disponibilizado equipamento para que uma etapa fosse realizada.

Aos professores da EVZ/UFG por todo ensinamento durante a graduação e pós-graduação.

Aos colegas do IF Goiano por todo apoio durante a finalização da dissertação. A paciência de vocês foi muito importante.

À Pós-Graduação em Ciência Animal da EVZ/UFG pelo curso de qualidade que oferece e a CAPES pela bolsa concedida.

Finalmente, à Agropecuária Boi Gordo de Itapuranga por ter cedido os animais empregados no experimento e a ração para alimentá-los. Minha homenagem a essas criaturas de Deus, que de forma indolente, serviram como modelo experimental, proporcionando o estudo. Se lhes causamos desconforto foi para gerar conhecimento científico. Tenho certeza que estes servirão para nortear futuros estudos.

“Nossa maior fraqueza está em desistir. O  
caminho mais seguro para o sucesso é sempre  
tentar apenas uma vez mais.”

Thomas Edison



## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	1
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Objetivo geral.....	2
1.2 Objetivo específico .....	2
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Aspectos morfológicos dos dígitos de bovinos.....	3
2.1.1 Aspectos Macroscópicos.....	3
2.1.2 Aspectos microscópicos.....	4
2.1.3 Drenagem dos dígitos .....	5
2.2 Arteriografia/Venografia.....	7
3 REFERÊNCIAS.....	13
CAPÍTULO 2 – VENOGRAFIA DOS DÍGITOS DE BOVINOS JOVENS ANTES E APÓS INDUÇÃO DA ACIDOSE RUMINAL .....	17
Resumo .....	17
Abstract .....	18
Introdução .....	19
Material e Métodos .....	20
Animais e delineamento experimental.....	20
Venografia, anatomia vascular e mensuração dos vasos .....	21
Análise estatística.....	23
Resultados .....	24
Acidose ruminal, metabólica e teste de claudicação.....	24
Técnica de venografia dos dígitos.....	24
Anatomia vascular .....	25
Avaliação da vascularização dos dígitos dos animais nos diferentes momentos.....	30
Discussão .....	36
Conclusões .....	41
Agradecimentos .....	41
Referências.....	42
CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	45

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

FIGURA 1 – Arteriografia de dígitos de bovinos. A: Posição latero-medial do dígito medial de uma novilha nulípara sem laminite. B: Posição latero-medial do dígito lateral de uma vaca com laminite com destaque para o alargamento de artérias do casco, desenvolvimento de anastomoses (seta) e padrão irregular na sola. C: Posição dorso ventral do dígito medial dissecado de uma vaca com laminite. Destaque para a dilatação do vaso (1). D: Posição dorso ventral do dígito lateral dissecado de uma vaca com laminite. Destaque para a tortuosidade do vaso (2). E: Posição dorso ventral do dígito lateral dissecado de uma vaca com laminite. Destaque para a constrição de ramos arteriais (3).....9

FIGURA 2 - Arteriografia dos dígitos de bovino portador de laminite na posição dorso plantar. A: Hipervascularização dos dois dígitos. B: Novos ramos (1), hipervascularização da linha branca (a) e dilatação da artéria solear (S). C: Desaparecimento de ramos principais (1 e 2). D: Desaparecimento mais grave da vascularização (a, b e c).....10

FIGURA 3 - Venografia em equinos normais e após indução de laminite. A: Venograma normal em posição latero-medial. B: Venograma com sete dias após a indução da laminite em posição latero-medial. Destaque para déficit de enchimento do plexo coronário, papilas coronárias dobradas e não paralelas a parede dorsal do casco, plexo sublaminar mais largo e borda dorsal difusa, margem distal da terceira falange abaixo da junção sublaminar e papilas terminais. C: Venograma com seis semanas após indução da laminite. Destaque para não preenchimento do plexo coronário, ampliação do plexo sublaminar, afundamento mais grave da terceira falange evidenciando sua posição ainda mais abaixo da junção sublaminar e papilas terminais.....11

### CAPÍTULO 2

FIGURA 1 – Vasos do pé de bovinos jovens em posição dorso-plantar. (A) Esquema. (B) e (C) Imagens radiográficas.

1: V. digital plantar comum II. 2; V. digital dorsal comum III; 3: V. digital plantar comum III; 4: V. digital plantar própria IV abaxial; 5: V. digital dorsal própria III axial; 6: V. digital dorsal própria IV axial; 5' e 6': Rr. dorsais da falange média; 7: R. plantar para o coxim digital; 7': R. plantar para o coxim digital abaxial; 7'': R. plantar para o coxim digital axial; 8: R. plantar da falange proximal; 9: V. interdigital; 10: V. do coxim digital ou V. bulbar; 11: R. anastomótico interdigital; 12: R. para o plexo coronário; 13: R. abaxial da V. coronal superficial; 14: R. axial da V. coronal superficial; 15: V. coronal profunda; 16: Rede venosa do cório coronário; 17: V. digital plantar própria III axial; 18: V. digital plantar própria III abaxial; 19: Rede venosa dorsal do cório parietal; 20: V. dorsal da falange distal; 21: V. solear marginal; 22: V. digital plantar própria II axial; I: Arco terminal.  
M: dígito medial (dedo III). L: dígito lateral (dedo IV). .....27

FIGURA 2 – Vasos do pé de bovinos jovens em posição látero-medial. (A) Esquema com remoção do dedo III. (B) Imagem radiográfica.

1: V. digital dorsal comum III; 2: V. digital própria IV axial; 3: R. abaxial da V. coronal superficial; 4: R. axial da V. coronal superficial; 5: V. Interdigital; 6: V. digital plantar comum III; 7: V. digital própria IV axial; 8: V. coronal; 9: V. digital plantar própria IV abaxial; 10: V. do coxim digital ou V. bulbar; 11: V. solear marginal; 12: V. dorsal da falange distal; 13: Rede venosa do cório coronário; 14: Rede bulbar; I: A. metatársica dorsal III; II: A. interdigital; III: A. digital plantar comum III; IV: A. digital plantar própria IV axial; V: R. Dorsal da flange média; VI: Arco terminal.

M: dígito medial (dedo III). L: dígito lateral (dedo IV). .....29

FIGURA 3 – Imagens radiográficas dorso-plantares dos dígitos dos pés de bovino, mostrando a vascularização antes e após indução de acidose ruminal.

(A) Momento antes da indução mostrando a vascularização padrão. (B) – Trinta e seis horas após indução de acidose ruminal, destaque para o aumento da vascularização. (C) Momento sete dias após indução da acidose ruminal, início da constrição de vasos principais, destaque para o dígito lateral com desaparecimento da vascularização. (D) Momento 15 dias após, semelhante aos sete dias, porém com aparecimento de alguns vasos que haviam desaparecido. (E) Momento 30 dias após, semelhante aos 15 dias após.

M: dígito medial (dedo III). L: dígito lateral (dedo IV). .....31

FIGURA 4 – Imagens radiográficas látero-mediais dos dígitos do pé de bovino, mostrando a vascularização antes e após acidose ruminal.

(A) Momento antes da indução, padrão controle da vascularização. (B) Trinta e seis horas após indução da acidose ruminal, destaque para o aumento da vascularização. (C) Momento sete dias após indução da acidose ruminal, constrição da rede do cório coronário. (D) Momento 15 dias após, semelhante aos sete dias. (E) Momento 30 dias após, semelhante aos quinze e sete dias.

M: dígito medial (dedo III). L: dígito lateral (dedo IV). .....32

FIGURA 5 - Média do diâmetro das veias nos momentos M0, M1, M2, M4 de acordo com os grupos.

GI/VDFD: Grupo um, V. dorsal da falange distal. GII/VDFD: Grupo dois, V. dorsal da falange distal. GI/RCDM: Grupo um, R. plantar para o coxim digital do dígito medial. GII/RCDM: Grupo dois, R. plantar para o coxim digital do dígito medial. GI/RCDL: Grupo um, R. plantar para o coxim digital do dígito lateral. GII/RCDL: Grupo dois, R. plantar para o coxim digital do dígito lateral. GI/DDCIII: Grupo um, V. digital dorsal comum III. GII/DDCIII: Grupo dois, V. digital dorsal comum III.....35

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 1– Média e desvio padrão do diâmetro das diferentes veias dos animais nos momentos antes (M0) da aplicação e 36 horas (M1), sete (M2) e 30 dias (M4) após aplicação intrarruminal de oligofrutose de acordo com os grupos, Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, agosto de 2014.....	33
---	----

**LISTA DE ABREVIATURAS**

R.	Ramo
Rr.	Ramos
V.	Veia
Vv.	Veias
kVp	Quilovoltagem pico
mAs	Mili ampere por segundo
A.	Artéria

## RESUMO

A etiopatogenia de várias doenças podais dos bovinos ainda é motivo de especulação. Mas não se pode ignorar que o comprometimento da irrigação e da drenagem sanguínea dos dígitos tem uma relação estreita com diversas alterações que acometem os dígitos dessa espécie animal. Portanto, o conhecimento sólido da vascularização da extremidade distal dos membros locomotores de bovinos pode nortear o entendimento de enfermidades como a laminite. Esse estudo objetivou descrever achados venográficos dos dígitos dos pés de bovinos jovens, mestiços (*Bos indicus* X *Bos taurus*), antes e após aplicação intrarruminal de oligofrutose como alternativas ao estudo da etiopatogenia da laminite e auxiliar no estudo da anatomia vascular dos dígitos. No estudo foram empregados, sete animais mestiços (*Bos indicus* X *Bos taurus*), inteiros, com  $12,6 \pm 0,9$  meses de idade e peso de  $156 \pm 37,8$  kg. Distribuiu-se por sorteio os animais em dois grupos (GI e GII) que receberam 13 e 17 g/kg de oligofrutose via intrarruminal, respectivamente. Realizou-se venografia dos dígitos dos bovinos, em cinco momentos distintos, sendo 15 dias antes (M0), 36 horas (M1), sete (M2), quinze (M3) e trinta (M4) dias após aplicação intrarruminal do carboidrato de alta fermentação. A venografia teve a finalidade de avaliar a anatomia topográfica e possíveis alterações vasculares da extremidade distal dos membros pélvicos destes animais. A descrição da anatomia topográfica foi realizada com base nas radiografias obtidas em todos os momentos. Para as alterações vasculares da extremidade distal avaliou-se as diferenças entre os momentos, tendo o M0 como controle. Nesta avaliação veias principais e regiões como a rede do cório coronário foram avaliadas. Escolheu-se três veias para proceder a mensuração dos seus diâmetros e analisá-los utilizando-se a Análise de Variância (ANOVA) e o Teste t, com nível de significância de 5%. As veias principais e da região do cório coronário, nos diferentes momentos, foram avaliados de forma descritiva. Identificaram-se alterações na vascularização nos diferentes momentos, como vasodilatação com 36 horas após aplicação de oligofrutose e vasoconstrição nos demais momentos, nas veias principais e das regiões do cório coronário e rede bulbar. Nos animais do GII as alterações foram mais acentuadas. Houve diferença estatística para a veia digital dorsal comum III entre M1 e M4 dentro de cada grupo, sendo que em M1 estava dilatada e M4 constrita. Para o ramo plantar para o coxim digital do dígito medial a diferença existente foi entre os grupos no momento M4, sendo a constrição desta veia mais acentuada no GII. Concluiu-se que o exame venográfico dos dígitos dos membros pélvicos de bovinos jovens, mestiços (*Bos indicus* X *Bos taurus*), realizado antes e após aplicação intrarruminal de oligofrutose possibilitou a descrição da anatomia vascular local e identificou alterações compatíveis com a laminite nessa espécie animal.

Palavras-chave: Anatomia, acidose ruminal, diagnóstico por imagem, dígitos, laminite

## ABSTRACT

The real etiopathogeny of many digital diseases of cattle is still reason to many questions. It can't be ignored that compromising perfusion and draining of digital vasculature have close relation with some disorders of the digit in this specie. Therefore, a solid knowledge on digital vasculature of the bovine can lead to better understanding of diseases like laminitis. This study intended to described venographic findings of the digits of young crossbred (*Bos indicus* X *Bos taurus*) cattle, before and after intrarruminal administration of oligofructose as na alternative to the study of laminitis etiopathogenesis a help the study of vascular anatomy of the digits. In the study was used seven crossbred (*Bos indicus* X *Bos taurus*) steers, non castrated, aging  $12,6 \pm 0,9$  months and weighing  $156 \pm 37,8$  kg. Animals were sorted in two groups (GI and GII) receiving 13 and 17 g/kg respectively of intrarruminal oligofructose. Venography were done in the digit of cattle in five different moments, 15 days before (M0), 36 hours (M1), seven (M2), 15 (M3) and 30 (M4) days after intrarruminal administration of high fermentative carboidrate. Venography examination intended to evaluate topographic anatomy and possible vascular changes in the distal pelvic limb of the animals. Description of topographic anatomy was done based on radiographs obtained in all moments and to vascular changes in the distal limb was evaluated diferences among moments, having M0 as control. In the evaluation of vascular changes, main veins and regions like coronary corium were evaluated. Three veins were chosen to measurement of its diameter and data was analysed using ANOVA and *T* test at 5% significance level. Main veins and regions of coronary region, in diferente moments, were evaluated descriptively. Were identified changes in vascularization at diferente moments, like vasodilation 36 hours after oligofructose administration and vasoconstriction in the other moments, in the main veins and regions of coronary corium and bulbs. Animals from GII, changes were more accentuated. There was statistical difference for common digital dorsal III vein beteween M1 and M4 in each group, with dilation in M1 and constriction in M4. For the palmar branch to the digital cushion of medial digit the existing difference was between the groups in M4, with the constriction of the vein more accentuated in GII. It was concluded that venographic exam of digits in pelvic limbs of young crossbred (*Bos indicus* X *Bos taurus*) cattle, examining before and after intrarruminal administration of oligofructose permitted description of local vascular anatomy and identified changes compatible with laminits in this specie.

**Keywords:** Anatomy, digits, imaging diagnostics, laminitis, rumen acidosis.

## **CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1 INTRODUÇÃO**

Atualmente, a intensificação dos sistemas de criação de bovinos tem resultado em melhorias substanciais na qualidade e quantidade do que é produzido. Nos sistemas intensivos de produção é comum oferecer aos animais dietas ricas em concentrado energético e proteico, contribuindo para o aumento de problemas metabólicos e digestivos<sup>1</sup>. Problemas desta natureza geralmente interagem com fatores ambientais e microbianos desencadeando doenças nos dígitos dos bovinos, sendo a laminite uma das mais importantes e de etiopatogenia complexa<sup>2</sup>.

A compreensão de todos os mecanismos envolvidos na etiopatogenia da laminite tem motivado a realização de diferentes pesquisas científicas. Um dos fatores que podem resultar no aparecimento desta afecção é a acidose ruminal, cujo distúrbio resulta em alta produção de histamina<sup>3</sup>. A histamina é uma amina biogênica vasodilatadora que ao ser absorvida desencadeia alterações hemodinâmicas iniciais nos vasos dos dígitos. Posteriormente, outras alterações como aumento da pressão capilar, lesão endotelial, formação de trombos, vasoconstrição, resistência pós-capilar e permeabilidade da microvasculatura dos dígitos, podem estar presentes nesta afecção<sup>2</sup>. Esses eventos resultam em áreas de isquemia e necrose da derme e epiderme dos dígitos, extravasamento de líquido e aumento de pressão no interior do estojo córneo, sendo estes mecanismos um dos principais envolvidos na gênese da laminite<sup>4</sup>.

Para a avaliação das alterações hemodinâmicas que ocorrem nesta doença dos dígitos, alguns trabalhos têm empregado a arteriografia e venografia como forma de aprofundar o estudo das alterações resultantes na derme e epiderme do casco. A técnica destes exames é considerada de pouca complexidade e os principais avanços conseguidos foram obtidos na espécie equina. Os resultados obtidos em equinos têm norteado pesquisas em outras espécies, como nos bovinos. Particularmente na espécie equina, a realização do exame está relacionada ao diagnóstico, prognóstico e orientação da escolha de protocolos terapêuticos visando o tratamento da laminite<sup>5</sup>.

Nos bovinos, a técnica de arteriografia foi descrita em 1973 por Prentice e Wix-Jones<sup>6</sup>, e, a partir deste ano, alguns estudos envolvendo alterações vasculares foram realizadas em animais portadores de laminite crônica<sup>7</sup>, porém, diferentemente dos equinos, os relatos existentes utilizaram peças colhidas em abatedouro. Apesar da importância destes estudos, a utilização de peças colhidas de animais com alguma lesão podal dificulta o entendimento e a padronização da vascularização dos dígitos de bovinos saudáveis. Nestas circunstâncias, a



comparação entre a vascularização de animais saudáveis com animais portadores de laminite, ou que tiveram a laminite induzida, torna-se inviável. Ainda assim, algumas tentativas envolvendo a descrição por imagens radiográficas das alterações vasculares dos dígitos dos bovinos foram implementadas, mas a abordagem foi superficial.

Como os resultados obtidos por meio de técnicas radiográficas nos bovinos abrangem apenas a arteriografia em peças colhidas em abatedouros, os achados podem não corresponder aos encontrados na venografia dos dígitos em animais vivos. Além disso, a padronização da técnica venográfica ainda não foi descrita. Estas situações são limitantes ao estudo da etiopatogenia do problema, o que obriga os pesquisadores utilizarem outras informações conhecidas sobre a afecção para dar suporte ao estudo das alterações vasculares. Dentre os recursos utilizados, a tentativa de induzir a laminite a partir da acidose ruminal tem sido a base de algumas pesquisas. Entretanto, para ocorrer avanços substanciais nesta área, outros aspectos como a descrição da anatomia vascular dos pés dos bovinos precisam ser melhor compreendidos.

## **1.1 Objetivo geral**

Fazer uma revisão anatômica da vascularização dos dígitos dos pés dos bovinos e desenvolver um estudo onde se propõe descrever os achados venográficos da vascularização dos dígitos dos membros pélvicos de bovinos jovens, mestiços (*Bos indicus* X *Bos taurus*), antes e após aplicação intrarruminal de oligofrutose.

## **1.2 Objetivos específicos**

Descrever os achados venográficos da vascularização dos dígitos dos pés de bovinos jovens, mestiços (*Bos indicus* X *Bos taurus*), antes e após aplicação intrarruminal de oligofrutose.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos morfológicos dos dígitos de bovinos

Para que o estudo da vascularização dos pés dos bovinos seja entendido é necessário que os aspectos macroscópicos, microscópicos e a vascularização em si seja revisada.

#### 2.1.1 Aspectos Macroscópicos

Os bovinos possuem quatro dedos, sendo dois principais que apoiam-se no chão (III e IV) e dois vestigiais (II e V). Os dedos III e IV são compostos por três falanges, a proximal, média e distal. As falanges distais e médias são envoltas pelo estojo córneo digital ou casco (úngula), o qual tem diferentes componentes, como a banda coronária, perioplo, pinça, linha branca, parede ou muralha, sola, bulbo do talão, talão e, internamente, o coxim digital<sup>8</sup>. Também fazem parte dos dígitos dos bovinos estruturas como a pele interdigital, tendões, articulações, ligamentos, nervos e vasos sanguíneos<sup>9</sup>.

O casco é um tecido queratinizado cujo crescimento se dá a partir da banda coronária<sup>10</sup>. No que tange a localização dos componentes do casco citados, o perioplo encontra-se distal à banda coronária e é a parte de união entre a pele e casco. Distalmente ao perioplo está a muralha que é dividida em duas partes, a axial voltada para o espaço interdigital e a abaxial externamente. A sola é o componente de maior contato com o solo e devido a esta característica pode sofrer alterações pelo tempo, ambiente ou por doenças como a laminite<sup>11-13</sup>. A muralha e a sola juntas são as estruturas que suportam o maior peso do animal<sup>14</sup>. As duas estruturas são unidas por meio da linha branca, que é composta por um tecido córneo macio e sensível, o qual também pode ser afetado em animais portadores de laminite<sup>15</sup>.

Caudal à sola existe uma estrutura chamada de talão que possui internamente o coxim digital, formado de gordura e tecido conjuntivo, cuja maciez minimiza o impacto quando o animal se movimenta<sup>16</sup>. Em animais portadores de laminite, o coxim digital pode ser afetado e diminuir a capacidade de amortecimento durante o apoio ao solo, resultando em contusões internas ao estojo córneo. Se o coxim digital não amortece o impacto de forma completa, a pressão exercida pela falange distal nos tecidos moles subjacentes é aumentada e, conseqüentemente, a chance de aparecimento de úlceras de sola, pinça e abscessos na linha branca também aumentam<sup>17</sup>.

A pinça está localizada na extremidade do casco no ponto de junção entre a parede e a sola, e a sua integridade está relacionada à saúde do casco. Além de todas as estruturas citadas, os tendões, bainha digital, bolsa navicular, ligamentos e articulações são estruturas que também se alteram pela presença de laminite e comprometem o aparato suspensório dos dígitos e, conseqüentemente, a manutenção da posição óssea e estabilidade das falanges<sup>18,19</sup>.

### 2.1.2 Aspectos microscópicos

Microscopicamente o casco é dividido em epiderme, derme ou cório e subcutâneo ou subcútis<sup>16</sup>. A epiderme está em contato com a derme e são separadas por uma membrana basal<sup>20</sup>. O estrato córneo é a camada mais externa da epiderme e é considerada como o estojo córneo propriamente dito. Este é composto por queratina que possui filamentos alinhados e estabilizados que garantem flexibilidade, elasticidade e resistência ao estrato córneo<sup>21,22</sup>. O processo de queratinização do casco depende da integridade não só do estrato córneo mas de todos os outros estratos da epiderme. A integridade dos componentes microscópicos está relacionada com o suprimento sanguíneo, essencial para manter o arranjo das células e realizar a finalização do processo de queratinização. Caso a vascularização e o processo de queratinização sofram alguma alteração, a qualidade do estojo córneo pode ficar comprometida e predispor o aparecimento de lesões em todas as estruturas dos dígitos<sup>23</sup>.

A derme ou cório é considerada uma das camadas mais importantes e nela estão localizadas as papilas ou lâminas na junção derme-epiderme<sup>10</sup>. Esta camada por ser altamente vascularizada e inervada possui funções metabólicas importantes, que conferem a eficácia na reparação de lesões que acometem o casco<sup>24</sup>. A derme também possui em sua composição fibras colágenas que formam o aparato suspensório do dígito e proporcionam estabilidade da falange distal impedindo assim que ela afunde, rotacione ou incline<sup>25</sup>. Além da derme, o subcutâneo é uma camada presente apenas em alguns segmentos do casco, como por exemplo, no bulbo ou talão. Animais portadores de laminite normalmente apoiam-se com os talões na tentativa de aliviar a dor, sendo assim a presença de gordura internamente aos talões minimizam o desenvolvimento de lesões<sup>26</sup>.

A integridade das estruturas microscópicas depende do suprimento e drenagem sanguínea adequados. Para entender a drenagem sanguínea do casco é necessário conhecer a vascularização dos membros locomotores como um todo, pois qualquer alteração em vasos principais, a irrigação e drenagem do sangue podem ficar comprometidas<sup>27</sup>. Quando se refere à

drenagem sanguínea, não se pode negligenciar que o comprometimento desta, durante a laminite, por exemplo, pode resultar em alterações na irrigação devido à presença das anastomoses arterio-venosas<sup>28</sup>.

### 2.1.3 Drenagem dos dígitos

A irrigação sanguínea dos dígitos dos pés é realizada por uma única artéria de grande calibre que é responsável por irrigar diferentes regiões do casco. No sistema venoso, diferentemente, três ou mais veias ou ramos venosos participam da drenagem destas mesmas regiões. As principais veias que drenam o sangue do casco são a V. digital dorsal comum III e duas veias laterais. Diferentemente do membro torácico, a V. interdigital possui grande participação na drenagem<sup>29</sup>.

As Vv. digitais dorsais próprias III e IV axiais que surgem da V. digital dorsal comum III, irão correr abaxialmente em direção ao dorso do casco e delas surgem os Rr. dorsais da falange média. Estes ramos prosseguem em direção à borda conorária na região dorsal do casco e formam um aumento de volume, o qual contém ramos arqueados tanto na posição superficial axial e abaxial. Os ramos arqueados que formam o aumento de volume são designados como Vv. coronais superficiais axiais e abaxiais. Estas veias participam da formação da rede superficial e parietal que se anastomosam com a V. digital própria axial e abaxial, respectivamente<sup>29</sup>.

As Vv. coronárias superficiais axiais e abaxiais enviam ramos calibrosos que percorrem até a metade da altura da parede do casco e formam anastomoses com ramos correspondentes da V. digital abaxial. Além disso, a V. coronária superficial abaxial irá enviar ramos para o forame proximal da superfície abaxial da falange distal. As anastomoses formadas correm não só paralelamente mas juntamente com Vv. parietais coletoras axiais e abaxiais. Uma veia considerada como coletora é a V. dorsal da falange distal, a mais calibrosa da margem da sola<sup>29</sup>.

As anastomoses existentes a partir da V. dorsal da falange distal vão progredir para o ápice da falange e vão unir-se com a rede venosa da sola. A rede venosa da sola recebe sangue tanto da região proximal como da região distal do cório parietal. Além disso, algumas anastomoses de Vv. coletoras distais podem unir-se a outras da borda da sola e dessa maneira formar a V. solear marginal<sup>29</sup>.

A V. digital dorsal comum III possui grande importância no entendimento da conformação das veias dos dígitos, pois recebe sangue de muitas veias e ramos diferentes. Sabe-se que da V. interdigital, no membro torácico, forma-se as Vv. digitais palmares próprias III e IV axiais que estão localizadas na superfície axial dos dedos III e IV. Estas veias vão se dividir formando as Vv. coronais profundas e Vv. falangeanas distais. Esta última ramifica para o cório parietal, bulbar e do coxim digital. As Vv. coronais profundas também dividem-se e originam ramos axiais e abaxiais que vão em direção plantar. São as anastomoses destes ramos axiais e abaxiais que formam a rede coronária profunda e parietal<sup>29</sup>.

A rede venosa bulbar, diferentemente da rede coronária profunda e parietal, surge de ramificações de Vv. dorsais e axiais que conectam-se com ramos correspondentes das Vv. abaxiais. As Vv. digitais palmares próprias III e IV abaxiais possuem participação na formação das Vv. coletoras axiais e abaxiais da parede do casco. Estas são as veias mais calibrosas da margem da sola que dão origem a veias de pequeno calibre para formar a larga rede da sola e do cório parietal. Periféricamente, a rede pré-capilar do cório origina a rede venosa do casco<sup>29</sup>.

A rede venosa do cório parietal e do cório coronário é drenada tanto pela via dorsal, que é a principal, quanto pela via axial e abaxial das Vv. digitais dorsais. A drenagem da rede venosa da sola e da rede venosa do bulbo também são feitas pelas Vv. digitais axiais e abaxiais. No bulbo, a V. digital axial une-se com algumas ramificações e formam a V. bulbar. Tanto a V. bulbar, quanto as Vv. coronárias superficiais e o R. da falange distal são semelhantes no membro torácico e pélvico<sup>29</sup>.

De forma geral, em todas as partes do casco as veias possuem valvas que são importantes para que haja o fluxo sanguíneo unidirecional dos dígitos. A particularidade é que em algumas veias da borda coronária, as valvas são mais numerosas. Além disso, existem controladores de pressão no sistema venoso e anastomoses arteriovenosas nas papilas e lâminas dérmicas. Estas anastomoses possuem fundamental importância na nutrição da derme como um todo. O fluxo sanguíneo dos dígitos ocorre não só pela presença de valvas, controladores de pressão e por anastomoses, mas também pelo movimento das estruturas quando o animal se apóia no chão<sup>29,30</sup>.

Na derme também estão presentes os capilares, que possuem padrão diferenciado nos diversos componentes do casco devido ao tamanho e formato das papilas e lâminas. Essa diferença dos capilares pode ser explicada pela função de cada uma das partes macroscópicas do casco. De forma geral, as estruturas que necessitam de maior fluxo sanguíneo por participar ativamente do crescimento e integridade do casco, como por exemplo a banda coronária, a rede vascular é mais complexa e funcional<sup>29</sup>.

## 2.2 Arteriografia/Venografia

O termo arteriografia e venografia referem-se à aplicação de contraste em uma artéria ou veia de forma que a rede arterial ou venosa seja contrastada. A técnica de arteriografia em bovinos foi descrita inicialmente por Prentice e Wix-Jones<sup>6</sup> em 1973, empregando peças de membros locomotores colhidos em abatedouro. Somente após 16 anos esta técnica foi utilizada em bovinos para estudar alterações do aparelho locomotor<sup>7</sup>. A técnica arteriográfica descrita em peças consistia na dissecação e cateterização da artéria metatarsal dorsal e da artéria metatarsal dorsal lateral e aplicação de solução salina para limpeza do vaso e retirada de todo sangue existente. Em seguida, um sistema de infusão contendo solução salina com 30% de sulfato de bário, era ativado para contrastar as artérias<sup>7</sup>.

Após uma a duas horas da infusão de solução de sulfato de bário 30%, era realizada a troca da solução por outra contendo 60% de sulfato de bário e 4% de solução tampão de formaldeído fosfatado. Esta nova solução permanecia na peça por aproximadamente 40 horas para então ser realizada as radiografias. Algumas alterações foram realizadas na técnica com o passar do tempo, como exemplo a utilização de solução salina heparinizada, modificação na concentração do sulfato de bário e adição de iodeto de sódio em glicerol e água. Outra modificação ocorreu na forma de aplicação do contraste, o qual não era mais colocado em sistema de infusão e sim injetado de uma só vez de forma lenta. Neste novo método de contraste, era injetado a quantidade de apenas 25 mL da solução e muitas radiografias eram realizadas desde o início da aplicação do mesmo<sup>31</sup>. Nos estudos mais recentes, o contraste também é o iodado mas em solução comercial e a quantidade recomendada é de 20 mL<sup>32</sup>. Outra modificação nos estudos mais atuais refere-se a artéria dissecada e cateterizada, que passou da dorsal para a plantar e palmar<sup>33</sup>.

Ainda sobre a técnica de arteriografia, pode-se dizer que esta, quase não é realizada em animais vivos, mas um estudo envolvendo diferentes afecções mostrou ser possível realizá-la, porém, os animais necessitam ser anestesiados e a artéria a ser canulada precisa ser dissecada<sup>37</sup>. Sendo assim, pode-se dizer que apenas a técnica de arteriografia realizada em peças de abatedouro é simples, mas independente da técnica, o método de diagnóstico final é eficaz para analisar as alterações circulatórias presentes nos dígitos<sup>7,31,33</sup>. Mas, ainda que estudos tenham avançado no que se refere a técnica e sua aplicação, na espécie bovina muitos detalhes precisam ser esclarecidos, como a identificação dos vasos que ocorrem as alterações e padronização do que é normal<sup>34</sup>. Na busca pelo entendimento pleno do assunto, tem sido desenvolvidos estudos com bubalinos, caprinos e até mesmo camelos<sup>35-37</sup>. Para padronizar o

exame arteriográfico, ainda é necessário esclarecer a quantidade de contraste aplicado e realizar dentro da mesma espécie em idades e pesos diferentes. Em equinos, a quantidade de contraste aplicado em relação ao peso foi estabelecida<sup>38,39</sup>.

Enquanto os estudos envolvendo a arteriografia alcançaram avanços expressivo, a venografia é pouco retratada na literatura. Em equinos, a venografia é utilizada como exame auxiliar para o diagnóstico das alterações vasculares proveniente da laminite<sup>40</sup>. Nesta espécie, este exame está consolidado e é utilizado como alternativa diagnóstica na rotina clínica<sup>41</sup>, uma vez que os primeiros estudos iniciaram 20 anos antes do que em bovinos<sup>42</sup>. Em bovinos, a técnica venográfica ainda não foi descrita em animais portadores de laminite, possivelmente pelas dificuldades em implementá-la em animais vivos. Recentemente um estudo feito com bovinos descreveu as dificuldades encontradas na execução da técnica, além da tentativa de padronizar a quantidade de contraste injetado, a melhor veia a ser canulada e o tempo necessário entre a aplicação do contraste e a realização do exame radiográfico<sup>43</sup>.

Independente da espécie, bovina ou equina, o profissional precisa ter conhecimento sólido da técnica, saber das dificuldades e dos problemas ocorridos durante a realização, pois é comum o aparecimento de artefatos de imagem. Estes achados podem ser confundidos com alterações e resultar em diagnósticos equivocados. Dentre os problemas que levam ao diagnóstico errado, a infusão retrógrada de contraste, o volume insuficiente do contraste aplicado, a aplicação frouxa do torniquete, infiltração perivascular e a saída da punção venosa são comuns na realização da venografia<sup>38,39</sup>. A infusão retrógrada e o volume insuficiente de contraste resultam em não preenchimento dos vasos e pode ser interpretada como diminuição da vascularização. Estas intercorrências são descritas na espécie equina, mas podem ser extrapoladas para a espécie bovina.

Pela venografia é possível monitorar o animal portador de laminite. De forma geral, os estudos com venografia apontam a monitoração do paciente, precisão do diagnóstico e determinação da terapêutica como vantagens deste exame, uma vez que consegue-se evidenciar a vascularização das principais regiões do casco<sup>44,45</sup>. Dessa forma, qualquer alteração no padrão do preenchimento dos vasos e capilares pode indicar a gravidade da lesão que o animal apresenta<sup>46,47</sup> e, por meio deste exame, o profissional pode antecipar medidas terapêuticas para evitar danos maiores como necrose tecidual<sup>48</sup>.

Empregando a arteriografia, também foi possível avaliar alterações vasculares decorrentes da laminite na espécie bovina<sup>7,31,32</sup>. Estes estudos indicaram irregularidades no padrão da vascularização de diferentes regiões do casco. As artérias do casco de animais doentes apresentaram alterações, como dilatação, tortuosidade, curso irregular, constrição do arco

terminal<sup>7</sup> (Figura 1, A, B, C, D e E), hipervascularização, aumento no número de ramos principais, dilatação, desaparecimento de ramos e dígitos avasculares<sup>32</sup> (Figura 2, A, B, C, D e E).



FIGURA 1 – Arteriografia de dígitos de bovinos. A: Posição latero-medial do dígito medial de uma novilha nulípara sem laminite. B: Posição latero-medial do dígito lateral de uma vaca com laminite com destaque para o alargamento de artérias do casco, desenvolvimento de anastomoses (seta) e padrão irregular na sola. C: Posição dorso ventral do dígito medial dissecado de uma vaca com laminite. Destaque para a dilatação do vaso (1). D: Posição dorso ventral do dígito lateral dissecado de uma vaca com laminite. Destaque para a tortuosidade do vaso (2). E: Posição dorso ventral do dígito lateral dissecado de uma vaca com laminite. Destaque para a constrição de ramos arteriais (3).

Fonte: Adaptado de Boosman et al.<sup>7</sup>



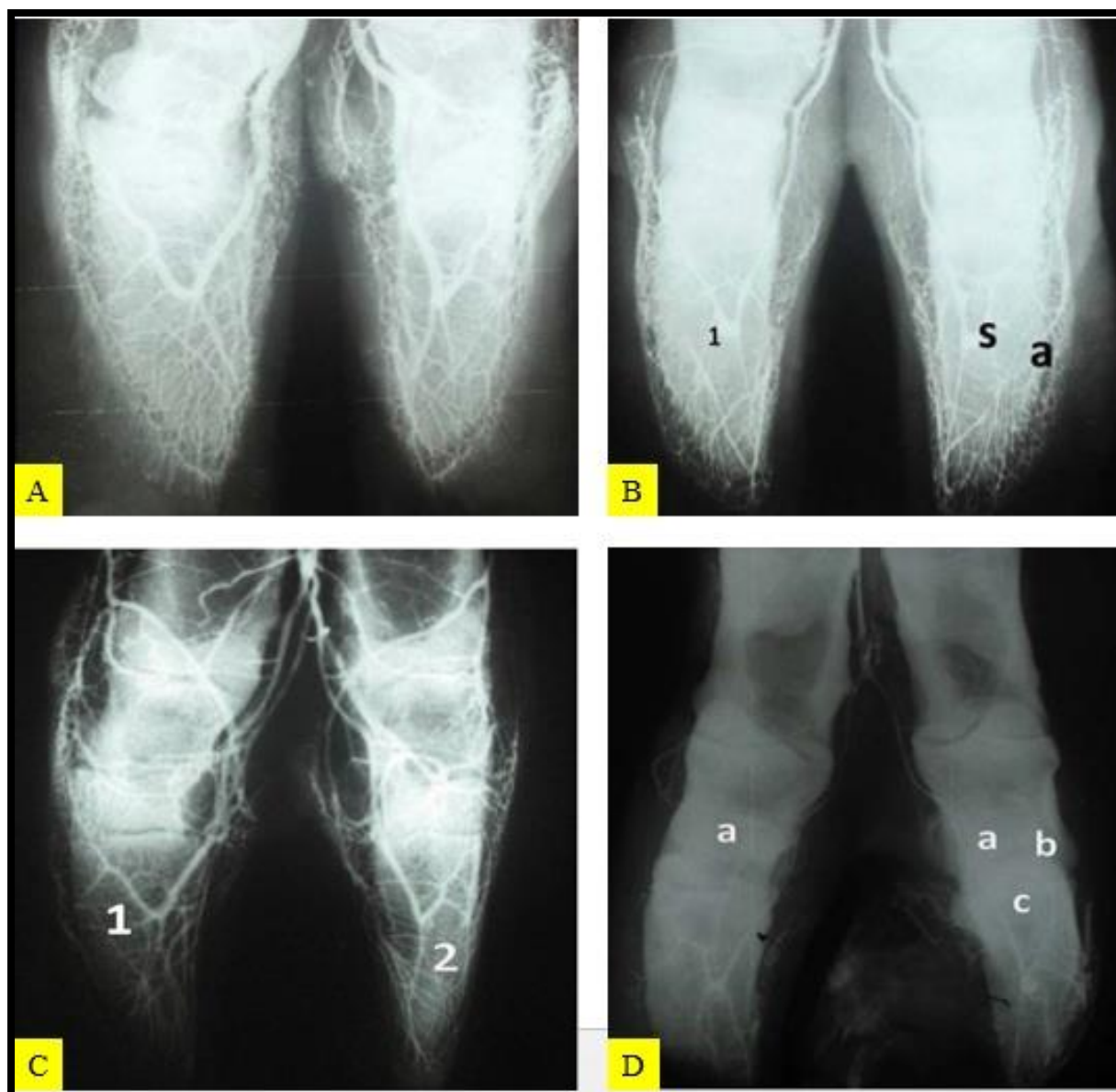


FIGURA 2 - Arteriografia dos dígitos de bovino portador de laminite na posição dorso plantar. A: Hipervascularização dos dois dígitos. B: Novos ramos (1), hipervascularização da linha branca (a) e dilatação da artéria solear (S). C: Desaparecimento de ramos principais (1 e 2). D: Desaparecimento mais grave da vascularização (a, b e c).  
Fonte: Nurbakhsh et al.<sup>32</sup>

Nos equinos, alterações semelhantes as encontradas nos bovinos foram evidenciadas pelo exame venográfico, em animais portadores de laminite, desde a instalação do quadro até a manifestação clínica da doença<sup>48</sup>. Este estudo evidenciou alterações na vascularização da região do plexo coronário ou rede do cório coronário, plexo sublaminar, ápice da falange distal e nos vasos circunflexos do plexo venoso da região solear. Foram determinados três momentos para a avaliação dos animais, sendo que 48 horas após administração de oligofrutose a vascularização das regiões não sofreu alterações. Porém, com sete dias após, houve déficit de

enchimento do plexo coronário, presença de papilas coronárias dobradas e não paralelas, plexo sublaminar mais largo e mudança no ápice da falange distal. Decorridas seis semanas, o quadro clínico da laminite tinha progredido e agravado, podendo visualizar desaparecimento do plexo coronário, evidenciando o início da não irrigação do casco, além do plexo sublaminar ter se alargado mais e o ápice da falange distal se apresentar mais afundado e abaixo da região dos vasos circunflexos (Figura 3, A, B e C)

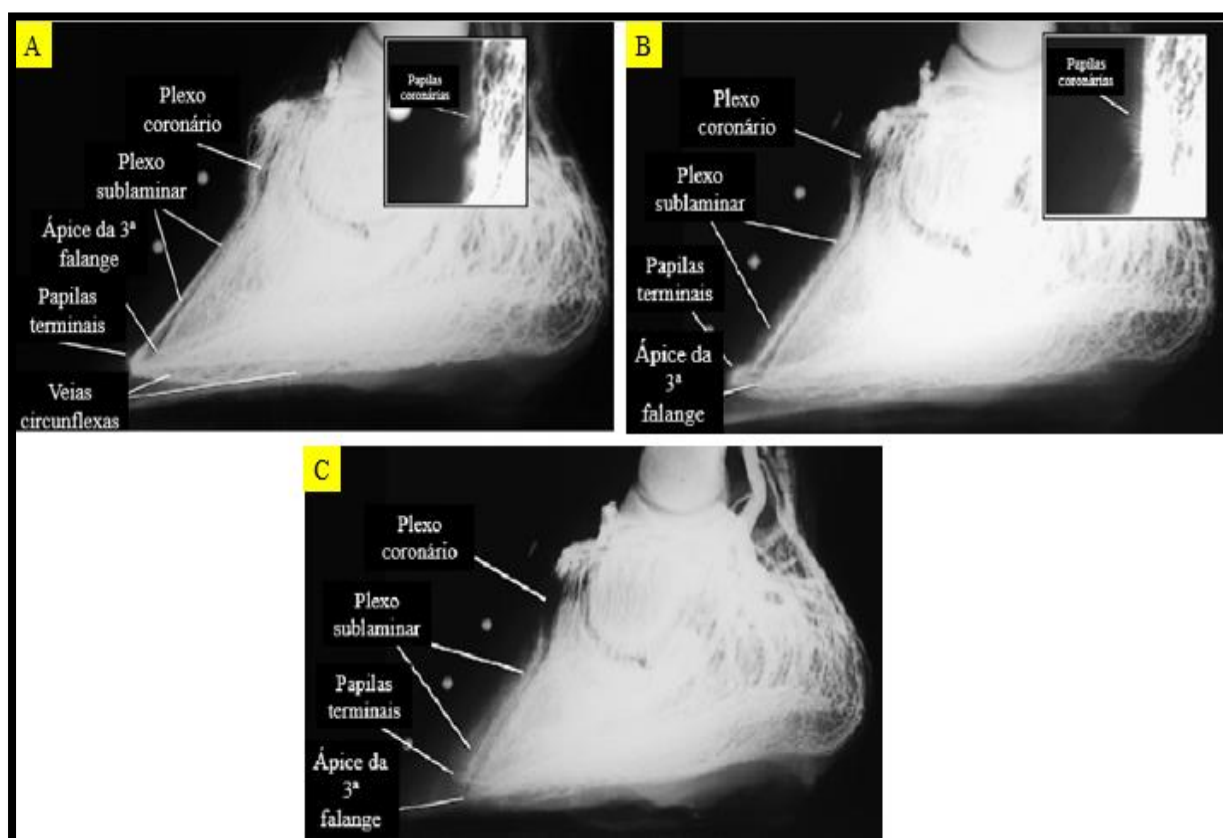


FIGURA 3 - Venografia em equinos normais e após indução de laminite. A: Venograma normal em posição latero-medial. B: Venograma com sete dias após a indução da laminite em posição latero-medial. Destaque para déficit de enchimento do plexo coronário, papilas coronárias dobradas e não paralelas a parede dorsal do casco, plexo sublaminar mais largo e borda dorsal difusa, margem distal da terceira falange abaixo da junção sublaminar e papilas terminais. C: Venograma com seis semanas após indução da laminite. Destaque para não preenchimento do plexo coronário, ampliação do plexo sublaminar, afundamento mais grave da terceira falange evidenciando sua posição ainda mais abaixo da junção sublaminar e papilas terminais.

Fonte: Baldwin e Pollitt<sup>48</sup>

Fazendo uma análise das informações obtidas com o resultado tanto do exame arteriográfico<sup>6,7,31-35</sup>, como do exame venográfico<sup>39-42</sup> em equinos e bovinos, infere-se que este

exame é eficaz na avaliação da vascularização da extremidade distal dos membros locomotores. Mesmo que isto esteja comprovado, é evidente a escassez de informações científicas sobre a padronização da anatomia vascular dos dígitos de bovinos e das alterações vasculares ocorridas nos mesmos em animais portadores de enfermidades metabólicas e digestivas que levam ao aparecimento da laminite. Isto denota que informações adicionais devem ser buscadas para complementar os achados publicados. Acredita-se que resultados encontrados após a realização da venografia dos dígitos, em diferentes momentos, de animais que tiverem a acidose ruminal induzida, seria uma forma de esclarecer o papel que as alterações vasculares dos dígitos exercem na etiopatogenia da laminite. Dentre as alternativas de indução experimental da laminite, a oligofrutose tem sido utilizada tanto em equinos quanto em bovinos<sup>48-50</sup>.

### 3 REFERÊNCIAS

1. Goff JP. Major advances in our understanding of nutritional influences in bovine health. *J Dairy Sci.* 2006;89(4):1292-1301.
2. Greenough PR. Bovine Laminitis and Lameness: a hands-on approach. 1ed. St. Louis: Saunders Elsevier; 2007.
3. Krause KM, Oestzel GR. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds - A review. *Anim Feed Sci Tech.* 2006;126(3-4):215-36.
4. Christmann U, Belknap E, Lin HC, Belknap JK. Evaluation of the hemodynamics in the normal e laminitic bovine digit. 12th International Symposium on Lameness in Ruminants; 2002 Dez; Orlando, FL, Estados Unidos da América.
5. Eastman SBS, Redden RF, Williams CA. Venograms for Use in Laminitis Treatment. *J Equine Vet Sci.* 2012;32(2):757-9.
6. Prentice DE, Wix-Jones G. A technique lot angiography of the bovine foot. *Res Vet Sci.* 1973;14(2):85-90.
7. Boosman R, Nemeth F, Gruys E, Klarenbeek A. Arteriographical and pathological changes in chronic laminitis in dairy cattle. *Vet Quart.* 1989;11(3):144-54.
8. Monte FN, Galotta J. Anatomía del pie bovino. 14<sup>th</sup> International Symposium e Conference of Lameness in Ruminants; 2006; Colonia del Sacramento, Uruguai.
9. Nicoletti JLM.. Manual de Podologia Bovina. Barueri: Manole; 2004. 126p.
10. Demirkan I, Murray RD, Carter SD. Skin diseases of the bovine digit associated with lameness. *Vet Bull.* 2000;70(2):149-71.
11. Van Amstel SR, Palin FL, Rorhbach BW, Shearer JK. Ultrasound measurement of sole horn thickness in trimmed claws of dairy cows. *J Am Vet Med Assoc.* 2003;223:492-4.
12. Van Amstel SR, Palin FL, Shearer JK. Measurement of the thickness of the corium and subcutaneous tissue of the hind claws of dairy cattle by ultrasound. *Vet Rec.* 2004;155:630-3.
13. Sanders AH, Shearer JK, De Vries A. Seasonal incidence of lameness and risk factors associated with thin soles, white line disease, ulcers, and sole punctures in dairy cattle. *J Dairy Sci.* 2009;92:3165-74.
14. Mulling C, Budras KD. The hoof. In: Budras KD, Habel RE. *Bovine Anatomy.* 3ed. Hannover: Schlutersche GmbH; 2003. p. 26-7.
15. Kujala M, Dohoo IR, Soveri T. White-line disease and haemorrhages in hooves of Finnish dairy cattle. *Prev Vet Med.* 2010;94:18-27.

16. Bragulla H, Budras KD, Mulling C, Reese S, König HE. The digit. In: König HE, Liebich HG. *Veterinary Anatomy of Domestic Mammals*. Stuttgart: Schattauer GmbH; 2004. p.585-636.
17. Bicalho RC, Machado VS, Caixeta LS. Lameness in dairy cattle: A debilitating disease or a disease debilitated cattle? A cross-sectional study of lameness prevalence and thickness of the digital cushion. *J Dairy Sci*. 2009;92:3175-84.
18. Berlingieri MA, Catellan WJ, Baraldi Artoni MS. Aspectos morfológicos da face flexora dos dígitos de novilhas mestiças da raça nelore. *Ars Vet*. 2011;27:66-72.
19. Desrochers A, Anderson DE. Anatomy of the distal limb. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*. 2001;17(1):25-37.
20. Cormack DH. *Fundamentos de Histologia*. 2 ed. São Paulo: Guanabara Koogan; 2003.
21. Tomlinson DJ, Mulling CH, Fakler TM. Invited Review: Formation of keratins in the bovine claw: Roles of hormones, minerals, and vitamins in functional claw integrity. *J Dairy Sci American Dairy Science Association*. 2004;87:797-809.
22. Bragulla HH, Homberger DG. Structure and functions of keratin proteins in simple, stratified, keratinized and cornified epithelia. *J Anat*. 2009;214:516–59.
23. Vermunt JJ, Greenough PR. Structural characteristics of the bovine claw: horn growth and wear, horn hardness and claw conformation. *Brit Vet J*. 1995;151:157-80.
24. Tarlton JF, Holah DE, Evans KM, Jones S, Pearson GR, Webster AJ. Biomechanical and histopathological changes in the support structures of the bovine hooves around the time of first calving. *Vet J*. 2002;163(2):196-204.
25. Maierl J, Bohmisch R, Dickomeit M, Liebich HG. A method of biomechanical testing the suspensory apparatus of the third phalanx in cattle: a technical note. *Anat Histol Embryol*. 2002;31(6):321-25.
26. Mulling CKW, Greenough PR. *Applied Physiopathology of the Foot*. 24th World buiatrics congress; 2006; Nice, França.
27. Vermunt JJ, Leach DH. A scanning electron microscopic study of the vascular system of the bovine hind limb claw. *N Z Vet J*. 1992;40:146-54.
28. Van Amstel SR. Noninfectious disorders of the foot. In: Anderson DE, Rings DM. *Current veterinary practice in food animal practice*. 5ed. St. Louis: Saunders Elsevier; 2009. p.222-34.
29. Schummer A, Wilkens H, Vollmerhaus B, Habermehl KH. *The Anatomy of the Domestic Animals. The Circulatory System, the Skin, and the Cutaneous Organs of the Domestic Mammals*. 3ed. Berlin: Verlag Paul Parey; 1981.
30. König HE, Liebich HG. *Anatomia dos animais domésticos: Texto e atlas colorido*. 5ed. Porto Alegre: Artmed; 2011.

31. Singh SS, Ward WR, Murray RD. An angiographic evaluation of vascular changes in sole lesions in the hooves of cattle. *Br Vet J*. 1994;150:41-51.
32. Nurbakhsh M, Nazhvani SD, Parizi AM, Tadjalli M. Arteriographic evaluation of laminitis digitis in the hind limbs of dairy cattle. *Iran J Vet Surgery*. 2009;4(10-11):19-23.
33. Sadeghi MM, Nazhvani FD, Nazhvani SD, Sudbaksh S. Digital Vascular Variations in Normal and Laminitic Foot in Dairy Cattle. *Proceedings of the International Lameness in Ruminants Symposium*; 2008, Kuopio, Finland.
34. Gogoi SN, Nigam JM, Singh AP. Angiographic evaluation of bovine foot abnormalities. *Veterinary Radiology*. 1982;23(4):171-4.
35. Dehghani S. Digital vascular variations in normal and laminitic foot in dairy cattle. *15th International Symposium on Lameness in Ruminants*; 2008, Kuopio, Finland.
36. Manohar M, Kumar R, Bhargava AK, Tyagi RPS. Angiografic studies of the bovine (*Bubalus bubalis*) foot. *J Am Vet Radiol*. 1973;14:81-6.
37. Nazhvani SD, Abbasi S, Tadjalli M. Arteriographical evaluation of normal digit and hoof in goat. *Iran J Vet Surgery*. 2007;2(4):43-7.
38. Dehghani SN, Kohkiloyehzadeh M, Sazmand A. Digital angiography of camel foot. *J Camel Pract Res*. 2011;18(1):119-21.
39. Rucker A. Aspects of the normal digital venogram: anatomy, parameters and variations. *16th Bluegrass Laminitis Symposium*; 2003a, Louisville, Kentucky, United States.
40. Rucker A. Interpreting venograms: normal or abnormal artifacts that may be misinterpreted. *16th Bluegrass Laminitis Symposium*; 2003b, Louisville, Kentucky, United States.
41. Redden RF. The use of venograms as a diagnostic tool. *7th Bluegrass Laminitis Symposium*; 1993, Louisville, Kentucky, United States.
42. Redden RF. A technique for performing digital venography in the standing horse. *Equine Vet Edu*. 2001a;5:172–8.
43. Loureiro MG. Estudo da técnica de venografia dos dígitos de vacas. [Tese]. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia; 2013.
44. D'Arpe L, Bernardini D. Digital venography in horses and its clinical application in Europe. *Vet Clin Equine*. 2010;26:339-59.
45. Redden RF. Possible therapeutic value of digital venography in two laminitic horses. *Equine Vet Educ* 2001b;13:128-34.
46. Rucker A, Redden RF, Arthur EG, Reed SK, Hill BW, Dziuban EM, Renfro DC. How to perform the digital venogram. *Am Assoc Equine Pract*. 2006;(52):526-30.

47. Hood DM. The pathophysiology of developmental and acute laminitis. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 1999;15:321–43.
48. Baldwin GI, Pollitt CC. Progression of Venographic Changes After Experimentally Induced Laminitis. *Vet Clin Equine.* 2010;26:135–40.
49. Thoenes MB, Pollitt CC, Van Eps AW, Milinovich GJ, Trott DJ, Wattle O, Andersen PH. H. Acute bovine laminitis: a new induction model using alimentary oligofructose overload. *J Dairy Sci.* 2004;8(9):2932-40.
50. Danscher AM, Enemark JM, Telezhenko E, Capion N, Ekstrøm CT, Thoenes MB. Oligofructose overload induces lameness in cattle. *J Dairy Sci.* 2009;92(2):607-16.

## **CAPÍTULO 2 – VENOGRAFIA DOS DÍGITOS DE BOVINOS JOVENS ANTES E APÓS INDUÇÃO DA ACIDOSE RUMINAL**

Redigido de acordo com as normas da PLOS ONE (ANEXO I)

### **Venografia dos dígitos de bovinos jovens antes e após indução de acidose ruminal**

#### **Resumo**

O comprometimento da irrigação e da drenagem sanguínea dos dígitos uma relação com diversas alterações que acometem os dígitos dos bovinos. Esse estudo objetivou descrever os achados venográficos dos dígitos dos pés de bovinos jovens, mestiços (*Bos indicus* X *Bos taurus*), antes e após aplicação intrarruminal de oligofrutose. O projeto foi aprovado pelo Comitê em Ética no Uso de Animais (CEUA/UFG), protocolo número 026/2013. No estudo empregou-se sete animais, machos, inteiros, de  $12,6 \pm 0,9$  meses de idade e peso de  $156 \pm 37,8$  quilogramas. Os bovinos foram alocados por sorteio em dois grupos (GI e GII) que receberam 13 e 17 g/kg de oligofrutose via intrarruminal, respectivamente. Realizou-se venografia dos dígitos pélvicos dos animais, em cinco momentos distintos, sendo 15 dias antes (M0), 36 horas (M1), sete (M2), quinze (M3) e trinta (M4) dias após aplicação intrarruminal do carboidrato de alta fermentação. A venografia teve a finalidade de avaliar a anatomia topográfica e possíveis alterações vasculares envolvendo as veias principais e as encontradas nas regiões do cório coronário e rede bulbar, dos dígitos pélvicos dos bovinos, tendo o M0 como controle. Paralelamente, escolheram-se três veias, a V. digital dorsal comum III, R. plantar para o coxim digital e V. dorsal da falange distal para proceder a mensuração dos seus diâmetros cujos valores foram analisados utilizando-se a Análise de Variância (ANOVA) e o Teste t, com nível de significância de 5%. Identificaram-se alterações na vascularização nos diferentes momentos, como vasodilatação com 36 horas após aplicação de oligofrutose e vasoconstrição nos demais momentos, nas veias principais e nas localizadas nas regiões do cório coronário e rede bulbar. Nos animais do GII as alterações foram mais acentuadas. Houve diferença estatística para a V. digital dorsal comum III entre M1 e M4 dentro de cada grupo, sendo que em M1 estava dilatada e em M4 estava constrita. Para o ramo plantar para o coxim digital do dígito medial a diferença existente foi entre os grupos no momento M4, sendo a constrição desta veia mais acentuada no GII. Concluiu-se que o exame venográfico dos dígitos dos membros pélvicos de bovinos jovens,



mestiços (*Bos indicus* X *Bos taurus*), realizado antes e após aplicação intrarruminal de oligofrutose possibilitou a descrição da anatomia vascular local e identificou alterações compatíveis com a laminite nessa espécie animal.

**Palavras-chave:** Anatomia, claudicação, laminite, oligofrutose, radiografia.

## Abstract

Comprising of blood perfusion and draining from the digit is related to many disorders affecting bovine digits. This study intended to describe venographic findings in crossberd (*Bos indicus* X *Bos taurus*) steers before and after intrarruminal administration of oligofrutose. The Project was approved by the Ethical Committee on the Use of Animals (CEUA/UFG), with protocol number 026/2013 and in the study were used seven crossberd (*Bos indicus* X *Bos taurus*) non castrated steers aging  $12,6 \pm 0,9$  months and weighting  $156 \pm 37,8$  kg. Animals were sorted in two groups (GI and GII) receiving 13 and 17 g/kg respectively of oligofrutose trough the rumen. Venographs of pelvic distal limbs were done in five diferente moments, 15 days before (M0), 36 hours (M1), seven (M2), 15 (M3) and 30 (M4) days after intrarruminal administration of the highly fermentable carboidrate. With venograph it was intended to evaluate topographic anatomy and possible changes involving main veins and that observed in coronary corium and bulbar regions of bovine pelvic digits, having M0 as control. At the same time were chosen three veins, common digital dorsal vein III, plantar branch to digital cushion and dorsal distal phalanx vein to measure its diameters, values evaluated using ANOVA and T test, all at 5% of significance. The main veins and those from coronary corium, at the diferente moments, were evaluated descriptvely. Were identified changes in vascularization at diferente moments, like vasodilation with 36 hours of oligofrutose administration and vasoconstriction at other times, in the main veins e those located at coronary corium and bulbar net. On animals from GII changes were more proeminentes. There were statistical difference for distal dorsal digital vein III between M1 and M4 in each group with vasodilation in M1 and vasoconstriction in M4. To the plantar branch of digital cushion of medial digit there was difference between groups at M4, with more vasoconstriction in GII. It could be concluded that venographic exam of pelvic limb digits in crossbred (*Bos indicus* X *Bos taurus*) steers, before and after intrarruminal administration of oligofrutose made possible description of local vascular anatomy and identified changes compatible to laminitis in this specie.

**Key words:** Anatomy, lameness, laminitis, oligofrutose, radiograph

## Introdução

A laminite é uma doença complexa, multifatorial e alguns fatores de risco envolvidos na gênese do problema ainda são motivos de especulações [1-3]. Nessas circunstâncias, para melhor compreensão dos mecanismos envolvidos na constituição da doença nos bovinos, os estudos precisam ser aprofundados. Uma alternativa seria a indução da doença, pois na rotina das propriedades, as evidências clínicas sobrepõem ao sequenciamento de eventos que ocorrem internamente nos dígitos, limitando o entendimento da sua etiopatogenia.

A oligofrutose, carboidrato de alta fermentação, tem sido empregada como alternativa a indução da laminite. Estudos científicos indicam que a acidose ruminal desencadeada pelo produto permite estudar algumas alterações sequenciadas que ocorrem durante a instalação da doença [4,5,3]. Como a acidose ruminal nos bovinos pode resultar num quadro de endotoxemia [6], as endotoxinas liberadas causam alterações vasculares nos dígitos [7]. Estas alterações, ao progredirem, desencadeiam necrose da derme, epiderme e membrana basal do casco, alterações na junção derme-epiderme, separação da falange distal e estojo córneo e, consequente, necrose das lâminas do casco [8].

O exame radiográfico contrastado vem sendo usado como opção ao estudo da vascularização do casco dos bovinos, apresentando resultados promissores. Achados obtidos pela arteriografia realizada nas extremidades distais dos membros locomotores dessa espécie, obtidas em matadouros, revelaram alterações vasculares importantes que ocorrem nos dígitos de animais com laminite [9,10]. Igualmente, a venografia realizada em animais vivos tem revelado modificações importantes que ocorrem nos vasos sanguíneos do dígito de equinos portadores da afecção [11,12]. Porém, informações existentes envolvendo a anatomia vascular dos dígitos de bovinos, saudáveis e portadores de laminite, e as alterações que ocorrem desde a instalação da doença até a fase crônica são insuficientes para a compreensão de todos os mecanismos envolvidos na gênese do processo.

O presente estudo objetivou descrever os achados venográficos dos dígitos dos pés de bovinos jovens, mestiços (*Bos indicus* X *Bos taurus*), antes e após aplicação intrarruminal de oligofrutose.

## Material e Métodos

### Animais e delineamento experimental

O estudo foi desenvolvido no Setor de Grandes Animais do Hospital Veterinário da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (SGA/HV/EVZ/UFG), após o projeto ter sido aprovado pelo Comitê em Ética no Uso de Animais (CEUA), processo número 26/2013 (Anexo II). Foram empregados na pesquisa, sete animais mestiços (*Bos indicus* X *Bos taurus*), machos, inteiros, com  $12,6 \pm 0,9$  meses de idade e peso de  $156 \pm 37,8$  kg, manejados em piquetes com gramínea *Brachiaria decumbens* e água a vontade, oferecida em bebedouro do tipo australiano. Primeiramente, os animais foram submetidos à ruminostomia para colocação de cânulas, seguindo a técnica de Hendrickson [13]. Na sequência, após cicatrização clínica da ferida cirúrgica e exame clínico geral dos animais, distribuiu-se aleatoriamente os animais em dois grupos distintos (GI e GII), de acordo com a dose de oligofrutose (Oligofrutose®, Viafarma, São Paulo, Brasil) recebida via intrarruminal. As doses foram de 13 g/kg para os quatro animais que compuseram o grupo GI e de 17 g/kg para os três animais do grupo GII, sendo que eram divididas em três doses iniciais que compreendiam 30% do total e uma dose final (indução da acidose) com os 70% restante. As doses foram escolhidas de acordo com protocolo utilizado por Thoenes et al. [4].

A venografia dos dígitos dos bovinos foi realizada, antes e após a aplicação da oligofrutose, com a finalidade de avaliar a anatomia vascular e possíveis alterações vasculares dos dígitos dos pés destes animais. No estudo, devido ao insucesso de conseguir realizar a

venografia no membro torácico de muitos animais em muitos momentos, empregou-se apenas o membro pélvico esquerdo. O exame venográfico foi realizado, empregando-se apenas o membro pélvico esquerdo, em cinco momentos distintos, sendo 15 dias antes (M0), 36 horas (M1), sete (M2), 15 (M3) e 30 (M4) dias após a administração da oligofrutose. O momento M0 de cada animal serviu como controle para as avaliações subsequentes da vascularização dos pés. Todas as avaliações venográficas foram realizadas no período da manhã. Paralelamente, para certificar se ocorreu acidose ruminal e metabólica, foram realizadas avaliações do pH ruminal e hemogasometria. As avaliações aconteceram antes e a cada seis horas após oferecimento da oligofrutose, até completar 36 horas. Foi feito também teste de claudicação antes e a cada 12 horas por 72 horas após aplicação intrarruminal de oligofrutose. Todas essas avaliações foram realizadas na tentativa de evidenciar sinais clínicos de laminite aguda.

## **Venografia, anatomia vascular e mensuração dos vasos**

Para a realização da venografia, os animais foram sedados com 0,1 a 0,2 mg/kg de cloridrato de xilazina 2% (Calmiun®, Agener União - Saúde Animal, São Paulo, Brasil) e contidos em decúbito lateral direito com os membros imobilizados por cordas. O membro pélvico esquerdo foi imobilizado manualmente por um auxiliar para que o exame pudesse ser realizado. Após, foi realizada a tricotomia da extremidade distal na região da quartela, antissepsia e canulação da V. digital dorsal comum III, com *scalp* nº 21. O acesso à veia foi realizado de forma cuidadosa na região dorsal da articulação metatarsofalangeana, sendo aplicado um garrote de borracha na região metatársica para dificultar o retorno venoso e dissipação do contraste. Após a canulação, fixou-se o *scalp* com esparadrapo para manter a via de acesso e aplicou-se aproximadamente dois mililitros de solução heparinizada 1% para evitar a formação de coágulos.

Dando continuidade certificava-se que os dois chassis estavam identificados e ao alcance do outro auxiliar, enquanto com uma seringa, o terceiro auxiliar aspirava a quantidade de sangue que era possível e aplicava 20 mL de contraste iodado Iopamidol 300 mg (Iopamiron®, Bayer, Rio de Janeiro, RJ) de forma lenta. Uma pinça hemostática foi empregada para prender o *scalp* e evitar o refluxo de sangue ou do próprio contraste. Ato contínuo, duas radiografias foram feitas, pelo quarto auxiliar, sendo uma primeira em projeção dorso-plantar e logo em seguida uma látero-medial. As radiografias eram reveladas somente após o término do exame nas duas posições. Foi utilizado um aparelho portátil (Orange 1060 HF VET®, Ecoray, Seoul, Coréia do Sul, programado para 125 kVp e 25 mAs) e em todas as radiografias utilizou-se 48 kVp, 2.5 mAs e uma distância de 70 cm entre o aparelho e os dígitos do animal. O tempo gasto para a realização das duas radiografias foi anotado. Finalmente, o garrote era solto e o *scalp* retirado cuidadosamente para se evitar o rompimento da veia e consequentes prejuízos nas próximas avaliações.

Após concluir a sequência de avaliações de todos os sete bovinos nos diferentes momentos e de posse de todas as imagens radiográficas, as películas foram analisadas em negatoscópio para descrição dos vasos contrastados baseados nas descrições de Schummer et al. [14]. Concluída essa etapa, escolheu-se três veias principais para proceder a mensuração dos seus diâmetros, tomando como base estudo realizado por Gogoi et al. [15]. Uma veia foi mensurada no dígito lateral e medial, pois foi facilmente detectada nos dois dígitos. Duas veias, por terem sido melhor identificadas em apenas uma posição radiográfica, obtiveram apenas uma medida. A medida realizada em todos os vasos foi o diâmetro.

O vaso que teve mensuração nos dígitos medial e lateral foi o R. plantar para o coxim digital. Este vaso foi avaliado na radiografia em posição dorso-plantar. As veias com única mensuração foram a V. digital dorsal comum III e a V. dorsal da falange distal, sendo as duas avaliadas nas radiografias em posição látero-medial. A V. dorsal da falange distal foi mensurada

no dígito medial. Em todas as veias houve um padrão no local de mensuração. Para a V. dorsal da falange distal, mediu-se o comprimento total do vaso e aferiu-se o diâmetro no ponto médio. Da mesma forma aconteceu com o R. plantar para o coxim digital, porém o comprimento total foi feito até a bifurcação. A V. digital dorsal comum III, teve o diâmetro aferido no ponto de encontro com a V. interdigital.

Para a mensuração das veias, as radiografias foram fotografadas, digitalizadas e compactadas em formato JPEG (Joint Photographic Experts Group) e posteriormente analisadas utilizando o *software ImageJ*, versão 1.36b para Windows.

## **Análise estatística**

A vascularização dos dígitos dos animais nos diferentes momentos, tendo o M0 como controle foi avaliada de forma descritiva. Na avaliação priorizou-se as veias principais ou regiões como a rede do cório coronário. Adotou-se como modelo o estudo realizado por Baldwin & Pollitt [12].

As mensurações das veias três veias principais foram realizadas em Delineamento Inteiramente ao Acaso em esquema de Parcelas Subdivididas. As três veias foram avaliadas nos dois grupos e mensuradas em quatro momentos. Foi feita Análise de Variância (ANOVA) e a comparação das médias foi feita pelo Teste t, com nível de significância de 5%. O momento M3 foi excluído por haver insucesso na realização da venografia em mais de um animal, inviabilizando sua inclusão na análise estatística. Em cada uma das veias comparou se havia diferença no diâmetro entre os grupos e dentro do grupo nos diferentes momentos. Para as análises utilizou-se o *software R* (*R Development Core Team, 2011*).

## **Resultados**

### **Acidose ruminal, metabólica e teste de claudicação**

A oligofructose apresentou-se como um método alternativo eficaz para a indução da acidose ruminal e metabólica. Todos os animais que receberam o carboidrato de alta fermentação, independente da dose oferecida, apresentaram acidose ruminal e metabólica, confirmadas pela aferição do pH do líquido ruminal e pela hemogasometria. O grupo GI obteve valor médio de pH ruminal de  $5.47 \pm 0.83$ , e pH metabólico  $7.26 \pm 0.08$ , em todos os momentos. No grupo GII, a média de todos os momentos foi de  $5.29 \pm 0.67$  para pH ruminal e  $7.20 \pm 0.10$  para pH metabólico. O valor mínimo aferido do pH ruminal foi de 3,67 e de 6,98 para pH metabólico. Ambos valores foram encontrados um animal que recebeu a maior dose.

Mesmo os animais apresentando acidose ruminal e metabólica consideradas graves, nenhum animal claudicou durante as 72 horas posteriores à administração da oligofructose intrarruminal. Ainda que o quadro clínico fosse grave, a aplicação de solução de bicabornato a 7%, 36 horas após a aplicação da oligofructose evitou o óbito. Mas, a desidratação foi intensa em todos os animais, comprovada pela diarreia profusa, exoftalmia, mucosas normocoradas, secas e apatia.

### **Técnica de venografia dos dígitos**

A realização do exame venográfico dos dígitos do membro pélvico em bovinos vivos mostrou-se ser de fácil realização, mas a necessidade de sedação, contenção em decúbito lateral e imobilização para evitar a movimentação foram consideradas fatores limitantes importantes. Quando a imobilização não foi precisa, a movimentação dificultou a canulação da veia e interferiu na condução do exame radiográfico.

Durante o exame foram necessárias quatro auxiliares para sistematizar as ações, incluindo o manuseio do aparelho, contenção do animal, imobilização do membro locomotor a ser radiografado, canulação da V. digital dorsal comum III, aplicação do contraste e posicionamento do chassi. O treinamento prévio da equipe foi fundamental para a obtenção das imagens radiográficas.

Analisando os cinco momentos de avaliação, em um animal (14,28%) não se conseguiu fazer o exame com 36 horas após administração de oligofrutose, pois não foi possível canular a V. digital dorsal comum III. O momento M3 (quinze dias) foi o que apresentou maior insucesso na tentativa de canulação do vaso. Em dois animais (28,57%) não foi possível realizá-la. Aos 30 dias (M4), em um bovino (14,28%) esse exame também não foi realizado. Dos sete animais (100%), em quatro (57,14%) foi possível realizá-la sem problemas nos cinco momentos.

A venografia na posição dorso-plantar mostrou-se mais fácil de ser realizada do que a látero-medial, pois nessa posição não se conseguiu separar os dois dígitos de forma completa, ocorrendo sobreposição de imagens.

A quantidade de 20 mL de contraste foi suficiente para contrastar os vasos dos dígitos de cada animal e o tempo médio para a realização do exame nas duas posições radiográficas foi de  $54,25 \pm 12,63$  segundos. O kVp utilizado e o mAs mostrou-se adequado para a realização do exame considerando o peso médio e o tamanho dos animais. Em dois animais foi necessário repetir a aplicação do contraste e, para isso, respeitou-se um tempo médio de dez minutos para a segunda aplicação.

## **Anatomia vascular**

Os vasos contrastados e identificados pelo exame venográfico dos dígitos de bovinos jovens, apesar de algumas diferenças individuais, foram considerados como tendo um padrão anatômico. Desta forma, foi possível descrever anatomicamente os vasos visualizados nas



radiografias em posição dorso-plantar (Fig. 1) e em posição látero-medial (Fig. 2). Um achado durante a análise das radiografias é que mesmo aplicando o contraste por via intravenosa, algumas artérias foram contrastadas e identificadas.

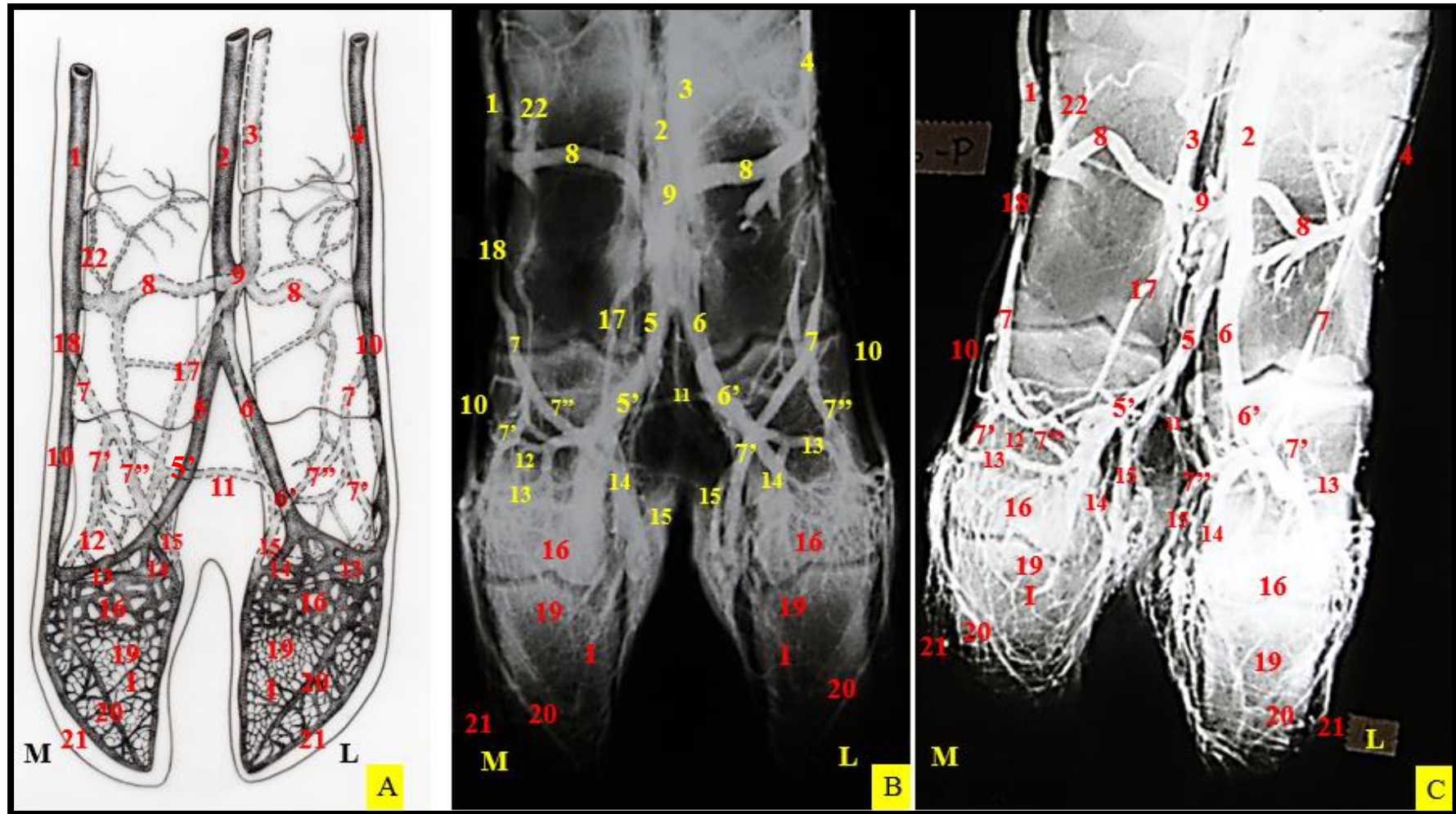


Figura 1 – Vasos do pé de bovinos jovens em posição dorso-plantar. (A) Esquema. (B) e (C) Imagens radiográficas.

1: V. digital plantar comum II. 2: V. digital dorsal comum III; 3: V. digital plantar comum III; 4: V. digital plantar própria IV abaxial; 5: V. digital dorsal própria III axial; 6: V. digital dorsal própria IV axial; 5' e 6': Rr. dorsais da falange média; 7: R. plantar para o coxim digital; 7': R. plantar para o coxim digital abaxial; 7'': R. plantar para o coxim digital axial; 8: R. plantar da falange proximal; 9: V.

interdigital; 10: V. do coxim digital ou V. bulbar; 11: R. anastomótico interdigital; 12: R. para o plexo coronário; 13: R. abaxial da V. coronal superficial; 14: R. axial da V. coronal superficial; 15: V. coronal profunda; 16: Rede venosa do cório coronário; 17: V. digital plantar própria III axial; 18: V. digital plantar própria III abaxial; 19: Rede venosa dorsal do cório parietal; 20: V. dorsal da falange distal; 21: V. solear marginal; 22: V. digital plantar própria II axial; I: Arco terminal.  
M: dígito medial (dedo III). L: dígito lateral (dedo IV).

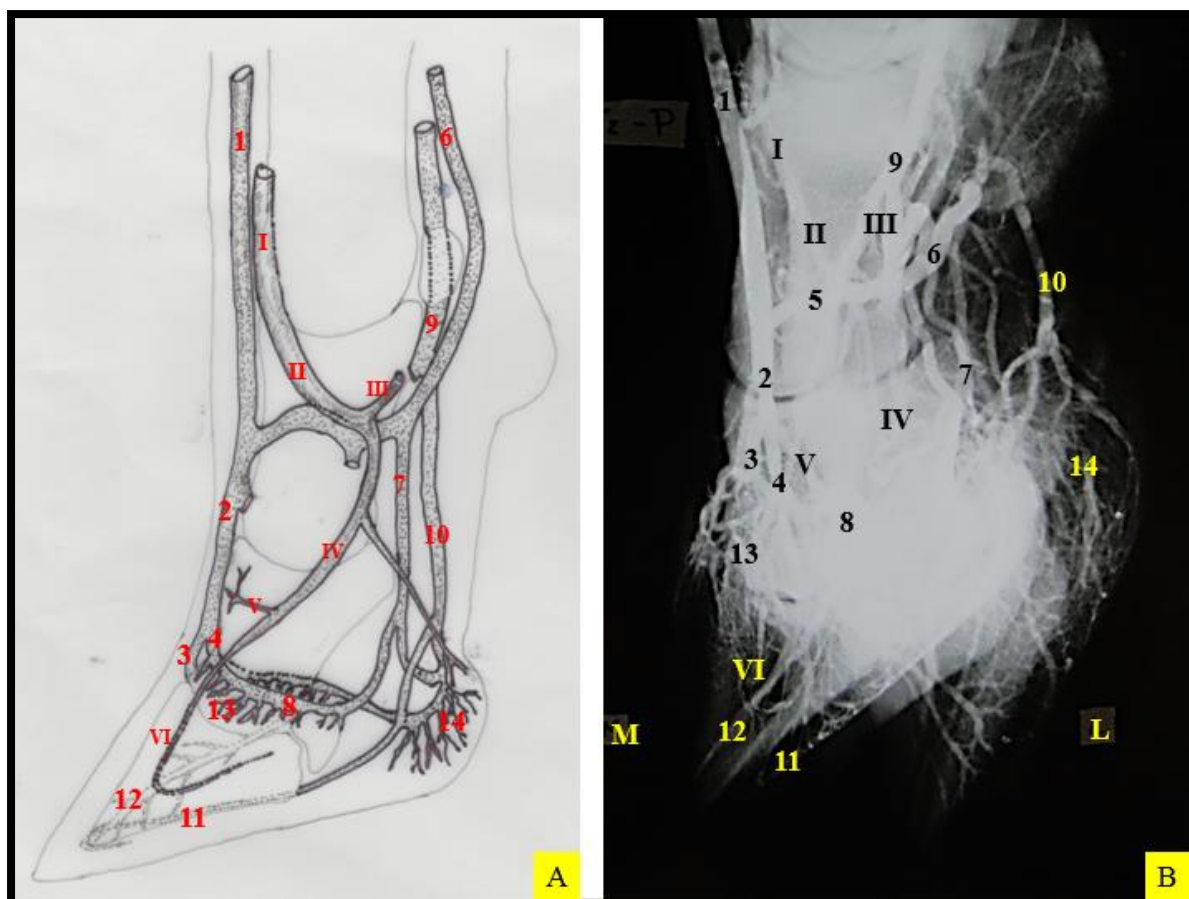


Figura 2 – Vasos do pé de bovinos jovens em posição látero-medial. (A) Esquema com remoção do dedo III. (B) Imagem radiográfica.

1: V. digital dorsal comum III; 2: V. digital dorsal própria IV axial; 3: R. abaxial da V. coronal superficial; 4: R. axial da V. coronal superficial; 5: V. Interdigital; 6: V. digital plantar comum III; 7: V. digital plantar própria IV axial; 8: V. coronal profunda; 9: V. digital plantar própria IV abaxial; 10: V. do coxim digital ou V. bulbar; 11: V. solear marginal; 12: V. dorsal da falange distal; 13: Rede venosa do cório coronário; 14: Rede bulbar; I: A. metatársica dorsal III; II: A. interdigital; III: A. digital plantar comum III; IV: A. digital plantar própria IV axial; V: R. Dorsal da flange média; VI: Arco terminal.

M: dígito medial (dedo III). L: dígito lateral (dedo IV).

## **Avaliação da vascularização dos dígitos dos animais nos diferentes momentos**

O padrão radiográfico da vascularização dos sete animais apresentou algumas particularidades antes e depois da aplicação da oligofrutose. Dentre as particularidades inclui-se a progressão do contraste, o preenchimento dos vasos do dígito medial e lateral, presença de anastomoses e pequenas diferenças anatômicas da vascularização dos dígitos.

Em um animal (14,28%) a progressão do contraste não foi satisfatória em todos os momentos. Noutro bovino (14,28%) os vasos do dígito lateral não foram contrastados adequadamente. Em outro (14,28%), esta intercorrência aconteceu no dígito medial. Nesses dois animais, o problema foi identificado em todos os momentos.

Em dois animais (28,57%) ocorreu constrição dos vasos com 36 horas após a aplicação da oligofrutose e persistiu até a última avaliação (M4). Nos demais animais (71,43%), com 36 horas, o diâmetro dos vasos mensurados mostrou-se aumentado e foi diminuindo nos momentos subsequentes (Fig. 3). Em dois animais (28,57%) notou-se o desaparecimento da vascularização dos dígitos no momento M4. A vascularização da rede do cório coronário e da rede bulbar também mostrou-se deficiente com o passar do tempo em todos os animais (Fig. 4), mas o problema foi melhor identificado no dígito lateral. Nos animais que compuseram o GII todas essas as alterações vasculares foram mais evidentes.

Reforça-se que, como o contraste distribui-se tanto em veias como em artérias foi necessário consultar material bibliográfico das artérias e de veias dos pés dos bovinos como auxiliar na diferenciação dos vasos.



Figura 3 – Imagens radiográficas dorso-plantares dos dígitos dos pés de bovino, mostrando a vascularização antes e após indução de acidose ruminal.

(A) Momento antes da indução mostrando a vascularização padrão. (B) – Trinta e seis horas após indução de acidose ruminal, destaque para o aumento da vascularização (círculo). (C) Momento sete dias após indução da acidose ruminal, início da constrição de vasos principais, destaque para o dígito lateral com desaparecimento da vascularização (círculo). (D) Momento 15 dias após, semelhante aos sete dias, porém com aparecimento de alguns vasos que haviam desaparecido (seta). (E) Momento 30 dias após, semelhante aos 15 dias após.

M: dígito medial (dedo III). L: dígito lateral (dedo IV).



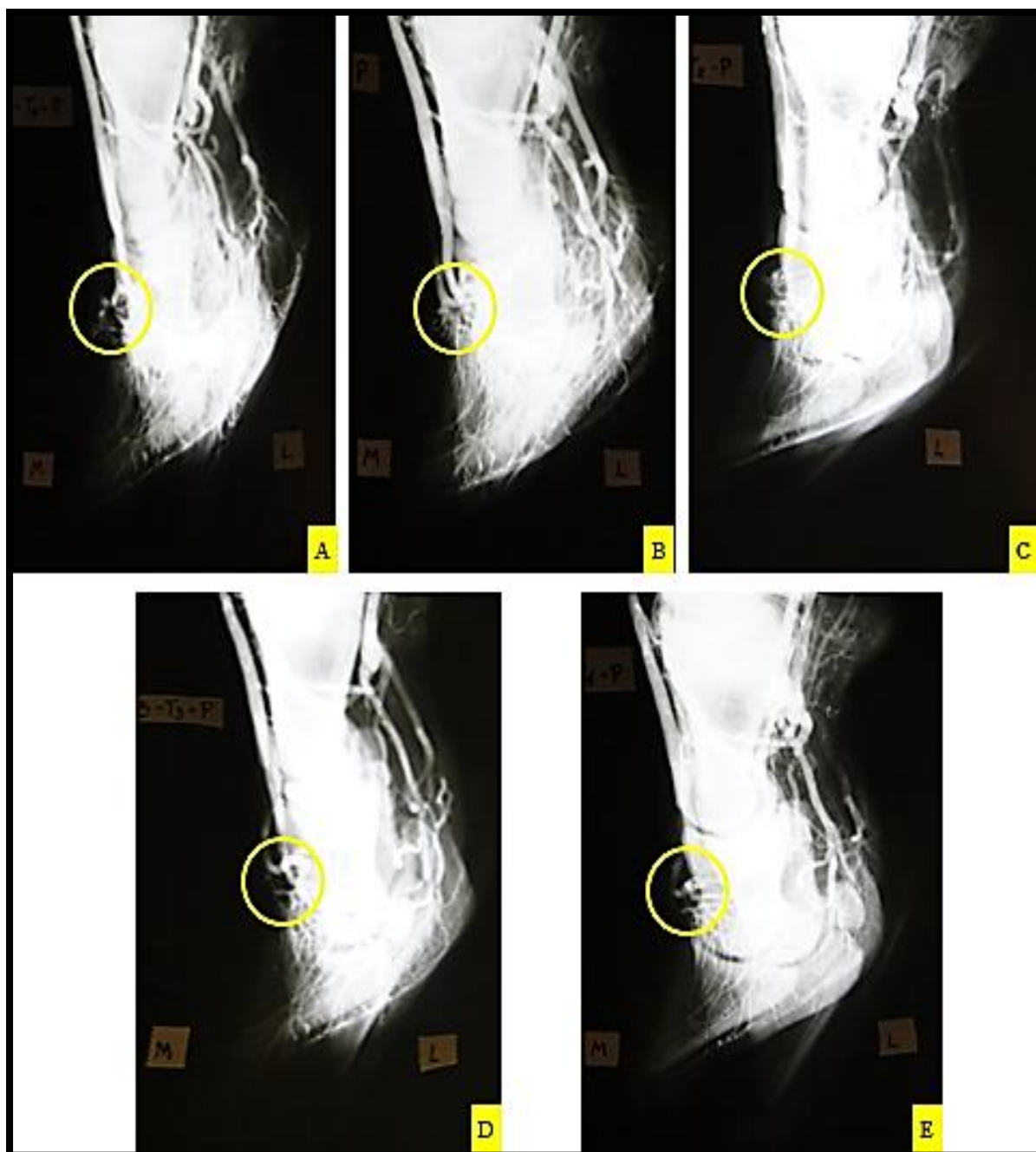


Figura 4 – Imagens radiográficas látero-mediais dos dígitos do pé de bovino, mostrando a vascularização antes e após acidose ruminal.

(A) Momento antes da indução, padrão controle da vascularização. (B) Trinta e seis horas após indução da acidose ruminal, destaque para o aumento da vascularização. (C) Momento sete dias após indução da acidose ruminal, constrição da rede do cório coronário. (D) Momento 15 dias após, semelhante aos sete dias. (E) Momento 30 dias após, semelhante aos quinze e sete dias.

M: dígito medial (dedo III). L: dígito lateral (dedo IV).

Os resultados da mensuração das quatro veias principais, antes e após indução da acidose ruminal, nos quatro momentos distintos, incluídos na análise estatística, e nos dois grupos estão dispostos na Tabela 1.

**Tabela 1– Média e desvio padrão do diâmetro das diferentes veias dos animais nos momentos antes (M0) da aplicação e 36 horas (M1), sete (M2) e 30 dias (M4) após aplicação intrarruminal de oligofrutose de acordo com os grupos, Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, agosto de 2014.**

Veias	Grupos	Momentos			
		M0	M1	M2	M4
<b>DDCIII</b>	GI	0.387±0.023 <sup>abA</sup>	0.479±0.103 <sup>aA</sup>	0.342±0.035 <sup>abA</sup>	0.378±0.063 <sup>bA</sup>
	GII	0.406±0.084 <sup>abA</sup>	0.445±0.085 <sup>aA</sup>	0.389±0.028 <sup>abA</sup>	0.341±0.029 <sup>bA</sup>
<b>RCDL</b>	GI	0.120±0.063 <sup>aA</sup>	0.197±0.037 <sup>aA</sup>	0.105±0.071 <sup>aA</sup>	0.119±0.082 <sup>aA</sup>
	GII	0.102±0.022 <sup>aA</sup>	0.133±0.080 <sup>aA</sup>	0.158±0.090 <sup>aA</sup>	0.144±0.144 <sup>aA</sup>
<b>RCDM</b>	GI	0.181±0.033 <sup>aA</sup>	0.204±0.031 <sup>aA</sup>	0.190±0.029 <sup>aA</sup>	0.195±0.032 <sup>aA</sup>
	GII	0.190±0.018 <sup>aA</sup>	0.155±0.041 <sup>abA</sup>	0.141±0.033 <sup>bcA</sup>	0.087±0.079 <sup>cB</sup>
<b>VDFD</b>	GI	0.134±0.020 <sup>aA</sup>	0.119±0.031 <sup>aA</sup>	0.101±0.071 <sup>aA</sup>	0.109±0.035 <sup>aA</sup>
	GII	0.082±0.071 <sup>aA</sup>	0.109±0.002 <sup>aA</sup>	0.147±0.045 <sup>aA</sup>	0.104±0.013 <sup>aA</sup>

O teste estatístico foi feito para cada veia individualmente. Letras minúsculas diferentes na linha diferem estatisticamente pelo Teste t. Letras maiúsculas diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo Teste t. DDCIII: V. digital dorsal comum III. RCDL: R. plantar para o coxim digital do dígito lateral. RCDM: R. plantar para o coxim digital do dígito medial. VDFD: V. dorsal da falange distal



Comparando os resultados obtidos para a mensuração do diâmetro dos vasos, em GI e GII, não ocorreu diferença estatística entre os grupos, mas dentro dos grupos houve diferença na mensuração da V. digital dorsal comum III, entre 36 horas e 30 dias após indução da acidose ruminal. Com 36 horas evidenciou-se dilatação do vaso e com 30 dias ocorreu constrição.

No R. plantar para o coxim digital do dígito medial também houve algumas diferenças estatísticas. Entre os grupos, houve diferença entre GI e GII no momento 30 dias após indução da acidose ruminal, mostrando que a constrição deste vaso foi mais intensa nos animais que receberam 17 g/kg da oligofrutose.

Analisando os resultados dentro dos grupos para o R. plantar para o coxim digital do dígito medial, apenas no grupo GII houve diferença entre os momentos. O momento antes da indução da acidose (M0) foi diferente do momento sete dias (M2) e do momento 30 (M4) dias após indução. Com sete dias ocorreu constrição do vaso que se agravou aos 30 dias. Houve diferença estatística também quando se comparou 36 horas (M1) com 30 dias (M4) após indução da acidose ruminal, sendo que com 36 horas o vaso estava dilatado e com 30 dias o mesmo encontrava-se muito constrito.

Para a V. dorsal da falange distal não houve diferença estatística entre os grupos e os momentos avaliados. O padrão da vascularização pode ser observado na Fig. 5, ficando evidente que, na maioria dos animais houve dilatação inicial com 36 horas e posterior constrição nos momentos subsequentes. Essas alterações foram mais evidentes nas veias dos animais do grupo II, sugerindo que a dose exerceu alguma influência sobre o diâmetro dos vasos avaliados.

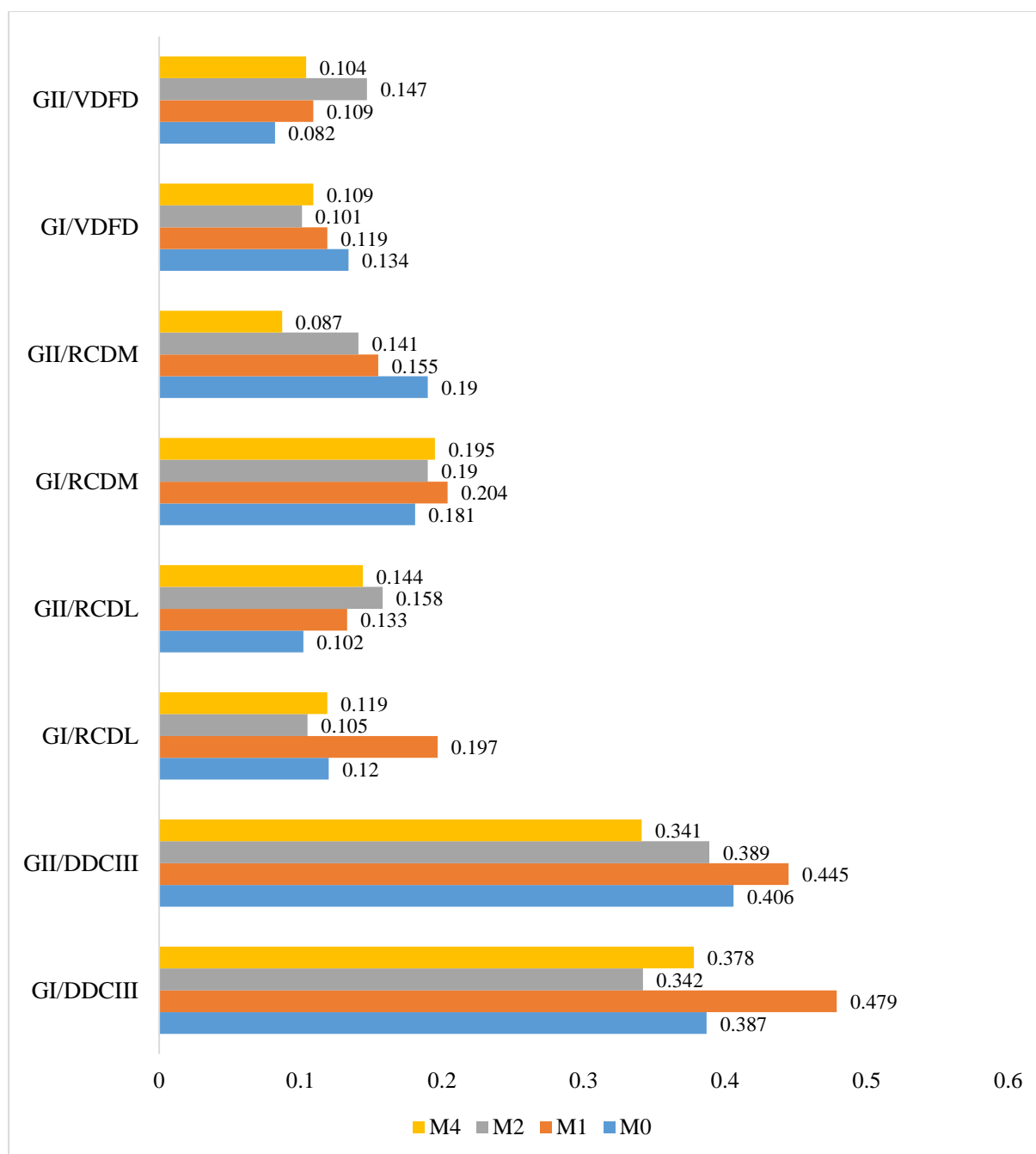


Figura 5 - Média do diâmetro das veias nos momentos M0, M1, M2, M4 de acordo com os grupos.

GI/VDFD: Grupo um, V. dorsal da falange distal. GII/VDFD: Grupo dois, V. dorsal da falange distal. GI/RCDM: Grupo um, R. plantar para o coxim digital do dígito medial. GII/RCDM: Grupo dois, R. plantar para o coxim digital do dígito medial. GI/RCDL: Grupo um, R. plantar para o coxim digital do dígito lateral. GII/RCDL: Grupo dois, R. plantar para o coxim digital do dígito lateral. GI/DDCIII: Grupo um, V. digital dorsal comum III. GII/DDCIII: Grupo dois, V. digital dorsal comum III.

## Discussão

Ainda que tenha ficado comprovado que a oligofrutose, nas doses de 13 e 17 g/kg, é uma alternativa viável para indução de acidose ruminal em bovinos jovens, alguns aspectos relacionados à evolução do quadro clínico ainda precisam ser elucidados. A primeira reflexão deve ser voltada para o quadro clínico desencadeado, já que a maior dose do carboidrato de alta fermentação intensificou os sinais clínicos, como desidratação, apatia e diarreia, mas, ainda não foi suficiente para desencadear claudicação nos animais avaliados. Esse resultado pode ser consequência da administração de solução de bicarbonato 36 horas após a indução do quadro clínico de acidose, que evitou o possível óbito dos bovinos, mas pode ter interrompido a materialização de uma sequência de eventos metabólicos necessários a efetivação da claudicação. Os resultados do presente estudo contrastam os de Thoenner et al. [4], pois o tratamento realizado com solução de bicarbonato evitou o óbito dos animais e não evitou a claudicação. Outra possibilidade dos animais não terem claudicado, seria o baixo peso dos bovinos, pois a mesma dose empregada nos animais do presente estudo desencadeou claudicação em novilhas com média de peso maior [3].

O manejo dos animais do presente estudo, que foi realizado em piquetes, pode ter influenciado na ausência de claudicação, sendo outra indagação a ser analisada. É provável que a mesma metodologia adotada no presente estudo, porém, manejando os animais em piso de concreto, poderia proporcionar um ambiente mais favorável ao aparecimento da claudicação. Uma vez que este tipo de piso é importante no desenvolvimento da laminite [16,17]. Além disso, se associasse o piso ao maior peso dos bovinos e a não aplicação de bicarbonato, o cenário observado na pesquisa aqui realizada poderia se modificar. Diferentemente do que foram os achados do presente estudo, uma pesquisa científica comprovou que doses de 13 e 17 g/kg de oligofrutose foram suficientes para desencadear claudicação em bovinos com sinais de dor e desconforto compatíveis com o quadro clínico de laminite [4]. Todavia, os fatores de risco

apontados na presente pesquisa como possíveis participantes na gênese da afecção, não foram considerados pelos autores.

Portanto, as implicações decorrentes da indução da acidose ruminal e metabólica e, conseqüentemente, o quadro clínico de laminite em bovinos, ainda precisam ser melhor avaliadas. O assunto é complexo e sugere que nem todos os eventos envolvidos na gênese da laminite foram elucidados. Nessas circunstâncias, a busca pelo esclarecimento de todos os fatores relacionados no processo deve ser norteada, criando novas alternativas que podem ser mais esclarecedoras. Assim, a reprodução experimental da laminite em bovinos pode ser considerada uma alternativa a ser seguida, permitindo avançar substancialmente as pesquisas. À semelhança do que foi realizado no presente trabalho, alguns autores têm direcionado seus estudos para esclarecer o papel das alterações vasculares decorrentes da laminite [12,18].

Logo, ponderando sobre a influência exercida pela acidose ruminal nas alterações vasculares dos dígitos, a venografia se apresenta como uma alternativa viável no estudo da etiopatogenia da laminite, pois as imagens contrastadas permitem mapear tanto vasos sanguíneos íntegros como alterados. Neste trabalho, as principais alterações evidenciadas foram dilatação, vasoconstricção e o desaparecimento de vasos no decorrer dos momentos. Poucas pesquisas foram desenvolvidas envolvendo o assunto, mas em equinos, as avaliações venográficas encontram-se em estágios mais avançados [19]. Assim, para implementá-las em bovinos foi necessário fazer alguns ajustes. Dentre os mais importantes, foi necessário conter os animais em decúbito lateral, pois algumas tentativas de canular a V. digital dorsal comum III, mantendo os bovinos em posição quadrupedal em bretes, foi impossível devido à inquietude dos animais. Outras adaptações, como a quantidade de contraste, também foram implementadas e utilizou-se como referência Loureiro [20], que testou em vacas as doses de 10 e 20 mL, sendo a dose maior a que resultou em imagens de melhor qualidade.

O insucesso na realização da venografia no momento M3 pode estar relacionado ao fato de repetidas canulações aumentar a fragilidade do vaso. Apesar da dose de 20 mL de contraste ter sido testada em vacas, o mesmo volume mostrou-se adequado para bovinos jovens. Este volume aplicado na V. digital dorsal comum III, em um tempo médio de  $54,25 \pm 12,63$  segundos, originou imagens de boa qualidade. Estudos em equinos recomendam obter as imagens radiográficas entre 30 e 45 segundos após aplicação do contraste [21]. Loureiro [20], utilizando bovinos adultos como modelo experimental, afirmou que o tempo de até 120 segundos é compatível com imagens radiográficas de qualidade. Além da quantidade de contraste e do tempo de realização da radiografia, o kVp, mAs e distância do foco com o filme foram adaptados de trabalhos realizados em equinos [19, 22] mostraram-se suficientes para visualizar estruturas de menor densidade, como a veia solear marginal.

Ainda que adaptações tenham sido realizadas na técnica venográfica do estudo aqui desenvolvido, problemas como a falta de preenchimento vascular e extravasamento de contraste por rompimento da veia canulada ou por perda da conexão venosa, foram semelhantes aos visualizados em equinos [21,23,24]. Nos casos que resultou em perda da conexão venosa do *scalp* e, conseqüentemente, extravasamento de contraste, a canulação foi refeita, e respeitou-se um tempo mínimo de dez minutos para a reaplicação do produto. Contudo, ao reaplicar o contraste e obter as imagens radiográficas nas duas posições, dorso-plantar e latero-medial, percebeu-se que ainda existia um pequeno volume de contraste depositado no tecido perivascular, mas sem impedir que os vasos fossem contrastados. Sendo assim, não necessariamente deve aguardar o tempo de 48 a 72 horas para repetir o exame [19], pois pequenas quantidades de contraste não comprometem a visualização dos vasos.

A falta de preenchimento vascular mencionada ocorreu em alguns animais em apenas um dígito. Esta alteração não foi descrita em bovinos [20], mas em equinos, esta falha está relacionada à venocompressão temporária pelo excesso de apoio no membro durante a

contenção e realização do exame [24]. Como no presente estudo não utilizava-se o membro apoiado ao solo para realizar a venografia, pode ser que esta explicação não seja aplicada para justificar a falta de preenchimento vascular. Apesar dos trabalhos nesta área terem sido realizados em equinos [25,26] e a metodologia nortear os estudos em bovinos [20], nem sempre as mesmas intercorrências são evidenciadas. Como nos bovinos a sedação e imobilização em decúbito lateral não foram suficientes para limitar todos os movimentos dos animais durante o exame, alguns problemas, como a perda do acesso venoso e consequente insucesso na execução do exame em determinados momentos foi um achado que se repetiu.

O mínimo de quatro auxiliares para conduzir o exame venográfico foi suficiente para sistematizar a sequência de ações e garantir que toda a metodologia fosse executada. Como o exame realizado em animal vivo requer manuseio do aparelho, contenção do animal, imobilização do membro locomotor a ser radiografado, canulação da veia digital dorsal comum III, aplicação do contraste e posicionamento do chassi, um número menor de auxiliares poderia demandar mais tempo para as avaliações, comprometendo a qualidade das imagens. Não menos importante do que o número de auxiliares, encontra-se a capacitação da equipe executora, que foi previamente treinada. Embora a equipe constituída tenha sido fundamental para realizar o exame, muitos autores [22-26] não abordaram este aspecto em suas pesquisas.

Apesar de todas as dificuldades inerentes à técnica de venografia empregando animais vivos, o exame representa um avanço no estudo da anatomia e das alterações vasculares dos dígitos dos bovinos. Ainda assim, a escassez de informações sobre a anatomia da vascularização dos dígitos dos bovinos, compromete a interpretação dos achados. Portanto, para que os estudos possam trazer informações que contribuam de fato para o estudo da etiopatogenia de determinadas doenças do casco, é preciso padronizar a anatomia vascular. No presente estudo, ao tentar descrever a anatomia dos vasos dos dígitos do membro pélvico de bovinos, empregando a venografia, uma dificuldade técnica foi a sobreposição dos vasos plantares e

dorsais, além de contrastar simultaneamente algumas artérias. A explicação encontrada para o aparecimento de artérias nas imagens radiográficas pode ser a presença de anastomoses arteriovenosas [7,14,27].

Após a identificação da anatomia vascular, adotando como base os achados venográficos, foi possível avaliar as alterações ocorridas na vascularização dos dígitos em diferentes momentos depois da manifestação clínica da acidose ruminal. Dentre as alterações, supõe-se que a vasodilatação das veias principais dos dígitos, averiguada com 36 horas após aplicação da oligofrutose, está relacionada com a liberação de histamina e a endotoxemia causada pela acidose ruminal [6,28]. Como nas avaliações subsequentes, os vasos apresentaram-se constrictos ou ausentes, estes achados são condizentes com os encontrados em equinos [29-30,12] e em bovinos [10,18,31] portadores de laminite. Independente dos animais do presente estudo não terem manifestado a claudicação, sinal presente na laminite, as alterações vasculares foram semelhantes às encontradas na afecção.

Ponderando sobre a diferença estatística encontrada entre os diâmetros da V. digital dorsal comum III nos diferentes momentos de avaliação, isso indica que a vasodilatação inicial, e posterior vasoconstrição, coincidem com os eventos vasculares dos dígitos, apontados nos diferentes trabalhos, sobre a laminite [10,12]. Argumenta-se ainda que a intensidade da vasoconstrição foi dose dependente, quanto maior a dose, maior a diminuição do lúmen vascular. Embora nenhum estudo tenha feito a comparação das alterações vasculares após aplicação de diferentes doses de oligofrutose, Thoenes et al. [4] foram os únicos a mencionar que quanto maior a dose do carboidrato de alta fermentação oferecido, mais grave são as alterações gerais decorrentes da acidose ruminal.

A diminuição da vascularização da região do cório coronário com o decorrer do tempo após a indução da acidose ruminal foi outro achado compatível com as alterações decorrentes da laminite. Resultado semelhante foi encontrado por Baldwin e Pollitt [12], que também

utilizaram a oligofrutose para induzir experimentalmente a laminite em equinos. Nesses animais, além das alterações vasculares eles manifestaram o quadro clínico de laminite, incluindo a claudicação. Esses resultados diferem, em parte, dos aqui encontrados, pois os bovinos apenas apresentaram as alterações vasculares.

Por último, analisando os resultados encontrados no presente estudo e confrontando com os achados publicados nas pesquisas conduzidas com equinos e bovinos, fica evidente a complexidade da etiopatogenia da laminite, sendo que este estudo é de grande importância para entender melhor os eventos da laminite e torna-se relevante na padronização da anatomia vascular das extremidades distais dos membros locomotores.

## Conclusões

O exame venográfico dos dígitos de bovinos jovens, mestiços (*Bos indicus* X *Bos taurus*), permite estudar a vascularização e identificar alterações vasculares dos dígitos dos membros pélvicos de bovinos, antes e após aplicação intrarruminal de oligofrutose.

A aplicação intrarruminal de oligofrutose desencadeou acidose ruminal, metabólica e alterações vasculares nos dígitos dos pés dos bovinos semelhantes à laminite aguda.

## Agradecimentos

Ao CNPq pela disponibilização de recurso financeiro que permitiram a realização do projeto.

À empresa Agropecuária Boi Gordo de Itapuranga por ceder os animais e a ração para alimentá-los durante o estudo.

À Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás pelo espaço, aparelhos e instalações.



## Referências

1. Bergsten C. Causes, risk factors, and prevention of laminitis and related claw lesions. *Acta Vet Scand.* 2003;98(S88):157-66.
2. Mulling CKW, Greenough PR. Applied physiopathology of the foot. 24th World buiatrics congress; 2006; Nice, França.
3. Danscher AM, Enemark JM, Telezhenko E, Capion N, Ekstrøm CT, Thoefner MB. Oligofructose overload induces lameness in cattle. *J Dairy Sci.* 2009;92(2):607-16.
4. Thoefner MB, Pollitt CC, Van Eps AW, Milinovich GJ, Trott DJ, Wattle O et al. Acute bovine laminitis: a new induction model using alimentary oligofructose overload. *J Dairy Sci.* 2004;8(9):2932-2940.
5. Thoefner MB, Wattle O, Pollitt CC, Frenck KR, Nielsen SS. Histopathology of Oligofructose-induced acute laminitis in heifers. *J Dairy Sci.* 2005;88(8):2774-2782.
6. Nocek JE. Bovine acidosis: implications in laminitis. *J Dairy Sci.* 1997;80(5):1005-28.
7. Greenough PR. Bovine Laminitis and Lameness: a Hands on Approach. 1ed. St. Louis: Saunders Elsevier; 2007.
8. Lischer CJ, Ossent P. Pathogenesis of sole lesions attributed to laminitis in cattle. In: International Symposium on Lameness in Ruminants; 2002; Orlando, FL, United States.
9. Boosman R, Nemeth F, Gruys E, Klarenbeek A. Arteriographical and pathological changes in chronic laminitis in dairy cattle. *Vet Quart.* 1989;11(3):144-154.
10. Nurbakhsh M, Nazhvani SD, Parizi AM, Tadjalli M. Arteriographic evaluation of laminitis digitis in the hind limbs of dairy cattle. *Iran J Vet Surgery.* 2009;4(10-11):19-23.
11. Redden RF. Possible therapeutic value of digital venography in two laminitic horses. *Equine Vet Educ* 2001a;13:128-34.
12. Baldwin GI, Pollitt CC. Progression of Venographic Changes After Experimentally Induced Laminitis. *Vet Clin Equine.* 2010;26:135–40.
13. Hendrickson DA. Técnicas Cirurgicas em Grandes Animais. 3 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan; 2010.
14. Schummer A, Wilkens H, Vollmerhaus B, Habermehl KH. The Anatomy of the Domestic Animals. The Circulatory System, the Skin, and the Cutaneous Organs of the Domestic Mammals. 3ed. Berlin: Verlag Paul Parey; 1981.
15. Gogoi SN, Nigam JM, Singh AP. Angiographic evaluation of bovine foot abnormalities. *Veterinary Radiology.* 1982;23(4):171-4.

16. Cook NB, Nordlund KV, Oetzel GR. Environmental influences on claw horn lesions associated with laminitis and subacute ruminal acidosis in dairy cows. *J Dairy Sci.* 2004;87(S1):E36-E46.
17. Cook NB, Nordlund KV. The influence on environment on dairy cow behavior, claw health and herd lameness dynamics. *Vet Journal*; 2009;179(3):360-9, 2009.
18. Sadeghi MM, Nazhvani FD, Nazhvani SD, Sudbaksh S. Digital Vascular Variations in Normal and Laminitic Foot in Dairy Cattle. *Proceedings of the International Lameness in Ruminants Symposium*; 2008, Kuopio, Finland.
19. Rucker A, Redden RF, Arthur EG, Reed SK, Hill BW, Dziuban EM et al. How to perform the digital venogram. *Am Assoc Equine Pract.* 2006;(52):526-30.
20. Loureiro MG. Estudo da técnica de venografia dos dígitos de vacas. [Tese]. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia; 2013.
21. Redden RF. A technique for performing digital venography in the standing horse. *Equine Vet Edu.* 2001b;5:172–8.
22. D'Arpe L, Coppola LM, Bernardini D. How to do a digital venography in a standing horse. *Proceedings of the 10th International Congress of World Equine Veterinary Association*; 2008, Moscow, Russia.
23. Rucker A. Interpreting venograms: normal or abnormal artifacts that may be misinterpreted. *16th Bluegrass Laminitis Symposium*; 2003b, Louisville, Kentucky, United States.
24. D'Arpe L, Bernardini D. Digital venography in horses and its clinical application in Europe. *Vet Clin Equine.* 2010;26:339-59.
25. Rucker A. Equine Venography and Its Clinical Application in North America *Vet Clin Equine.* 2010a;26:167 – 77, 2010.
26. Rucker A. Clinical Applications of Digital Venography. *J Equine Vet Sci.* 2010b; 30(9):491 – 502.
27. Reese S, Budras KD, Bragulla H, Mulling CKW, König HE. Tegumento comum. In: König HE, Liebich HG. *Anatomia dos animais domésticos – Texto e Atlas colorido.* 12ed. Porto Alegre: Artmed; 2012. p.645-679.
28. Danscher AM, Thoenen MB, Heegaard PMH, Ekstrom CT, Jacobsen S. Acute phase protein response during acute ruminal acidosis in cattle. *Livest Sci.* 2011;135(1):62-9.
29. Hood DM. The pathophysiology of developmental and acute laminitis. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 1999;15:321–43.
30. Pollitt CC, Davies CT. Equine laminitis: its development coincides with increased sublamellar blood flow. *Equine Vet J Suppl.* 1998;26:125-32.

31. Dehghani S. Digital vascular variations in normal and laminitic foot in dairy cattle. 15th International Symposium on Lameness in Ruminants; 2008, Kuopio, Finland.

### **CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os estudos envolvendo fatores de risco, alterações e diferenças entre várias doenças podais têm sido conduzidos em todo o mundo, visto que tanto em bovinos de aptidão leiteira como de corte, o casco é muito afetado. Mesmo que as pesquisas nessa área tenham conseguido avanços substanciais ainda não foram suficientes para responder todos os questionamentos sobre a etiopatogenia de muitas enfermidades que acometem os dígitos desses animais. Dentre as principais doenças estudadas, a laminite em bovinos ainda é considerada como uma enfermidade complexa e de etiopatogenia não esclarecida em sua plenitude.

Em tempos atuais, no estudo da laminite, as avaliações clínicas convencionais têm sido substituídas por pesquisas que propõem reproduzir experimentalmente a doença, na tentativa de responder questionamentos envolvidos na gênese da enfermidade. Contudo, pesquisas mais recentes têm revisitado as áreas básicas do conhecimento, como histologia, fisiologia e morfologia, na tentativa de esclarecer o que é normal para então comparar com o que pode ser ou não uma alteração anatômica, morfológica ou fisiológica. Dentre as áreas básicas priorizadas, estudos envolvendo os mecanismos de formação do estojo córneo digital, composição do estojo córneo, formação do cório laminar e a anatomia da vascularização dos dígitos tem ganhado destaque.

As publicações sobre a descrição da anatomia vascular do casco dos bovinos ainda abordam o assunto de forma superficial. Muito do que foi alcançado fundamentou-se em estudos realizados com equinos, espécie cujas pesquisas sobre laminite alcançaram progressos importantes. Uma área que vem se destacando é a imagenologia, especialmente a venografia, empregada no mapeamento de toda a vascularização dos dígitos em equinos com laminite. A técnica evidencia alterações vasculares importantes que ocorrem desde a instalação da laminite até alterações do processo crônico. Portanto, acredita-se que após ter conhecimento pleno da anatomia vascular dos dígitos dos bovinos poderá agregar outros benefícios ao exame venográfico da região e, conseqüentemente, responder outros questionamentos sobre a laminite bovina.

Estudos científicos que realizaram a indução experimental da laminite comprovaram que a venografia auxilia no diagnóstico precoce de alterações relacionadas a enfermidade e permite implementar medidas terapêuticas mais rápidas e de forma eficaz. Além disso, o exame possibilita o acompanhamento da evolução do quadro clínico e definição do prognóstico da afecção. Assim, pondera-se que a falta de padronização do exame venográfico nos dígitos de bovinos pode gerar questionamentos sobre a execução e interpretação dos resultados e também na identificação de todas as alterações vasculares pertinentes a laminite. Acrescente-se que,

dentre outras vantagens da venografia, o exame pode ser fundamental na padronização da anatomia vascular dos dígitos de bovinos de raças distintas, dentro de uma mesma raça, em animais de diferentes faixas etárias e ainda em bovinos com alterações vasculares dos dígitos decorrentes de diferentes doenças podais, incluindo a laminite.

Por último, novas perspectivas ao estudo da laminite precisam ser consideradas. A começar com a avaliação de novos protocolos na indução da acidose ruminal, pois a administração intrarruminal da oligofructose induz a acidose, mas, nem sempre desencadeia sintomatologia clínica da laminite, como a claudicação. Assim, é preciso persistência na tentativa de desvendar todos os processos envolvidos na gênese da laminite bovina. Atualmente, a interpretação e aplicação dos resultados obtidos ainda constituem em desafio para os pesquisadores, tendo em vista que muitos questionamentos ainda não foram adequadamente respondidos enquanto que outros vão surgindo, tornando complexo o esclarecimento pleno da etiopatogenia de várias enfermidades podais dos bovinos, incluindo a laminite.

## **ANEXOS**

## ANEXO I



MANUSCRIPT BODY FORMATTING GUIDELINES

Modified January 2015

**Abstract**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Vestibulum adipiscing urna ut lectus gravida, vitae blandit tortor interdum. Donec tincidunt porta sem nec hendrerit. Vestibulum nec pharetra quam, vitae convallis nunc. Mauris in mattis sapien. Fusce sodales vulputate auctor. Nam lacus felis, fermentum sit amet nulla ac, tristique ultrices tellus. Integer rutrum aliquet sapien, eu fermentum magna pellentesque vitae. Integer semper viverra mauris vel pulvinar. Suspendisse sagittis malesuada urna. Praesent mauris diam, fringilla id fringilla ac, posuere non lorem. Vestibulum mauris ante, fringilla quis tortor sit amet, accumsan fermentum quam. Nulla dictum consectetur leo. Ut vulputate ipsum purus, a interdum nibh viverra et. Praesent aliquam sapien vel massa sodales bibendum. Nulla interdum accumsan lectus, sed auctor elit accumsan a. Suspendisse quis rhoncus nibh. The verum est de illic.

**Introduction**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Vestibulum adipiscing urna ut lectus gravida, vitae blandit tortor interdum. Donec tincidunt porta sem nec hendrerit. Vestibulum nec pharetra quam, vitae convallis nunc.

**Materials and Methods**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Vestibulum adipiscing urna ut lectus gravida, vitae (Fig. 1) interdum. Donec tincidunt porta sem nec hendrerit. Vestibulum nec pharetra quam, vitae convallis nunc. Mauris in mattis sapien. Fusce sodales vulputate auctor. Nam sit amet nulla lacus a, Figs. 1 and 2 ultrices tellus. Integer rutrum aliquet sapien, eu fermentum magna pellentesque vitae.

**Fig. 1.** This is the Fig. 1 Title. This is the Fig. 1 legend.

**Fig. 2.** This is the Fig. 2 Title. This is the Fig. 2 legend.

**File Naming for Figures**

- Figure files should be saved as "Fig1.tif", "Fig2.eps", etc.
- Acceptable file formats for figures are ".tif", ".tiff", and ".eps"
- Figures should be uploaded separately as individual files.

**Level 1 Heading**

- Use Level 1 heading for all major sections (Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, etc.).
- Bold type, 18pt font.
- Only use italics and text formatting where needed (e.g. genus and species names, genes, etc.).
- Do not use ALL CAPS.

**NOTE:** Do not cite figures, tables, supporting information, or references in the Abstract.

**Figure Citations**

- Cite figures as "Fig. 1", "Fig. 2", etc.
- Cite figures and tables in order.
- Do not cite "Fig. 2" before "Fig. 1".
- Cite multiple figures as "Figs. 1 and 2", "Figs. 1-3", etc.

**Figure Legends**

- Each figure legend should appear directly after the paragraph in which they are first cited or listed at the end of the manuscript.
- Do not include tables within legends.
- Use bold type for the figure titles.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Vestibulum adipiscing urna ut lectus gravida, vitae blandit tortor interdum. Donec  $p^2$  et  $q^2$  tincidunt porta sem nec hendrerit.

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1 \quad (1)$$

Vestibulum nec pharetra quam, vitae convallis nunc. Mauris in mattis sapien. Fusce sodales vulputate auctor. Nam lacus felis, fermentum sit amet nulla ac, tristique ultrices tellus. Integer rutrum aliquet sapien, eu fermentum magna pellentesque vitae. Integer semper viverra mauris vel pulvinar dolor sit amet en  $(p+q)^2 - 1$ .

## Genotyping

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Vestibulum adipiscing urna ut lectus gravida, vitae blandit tortor interdum. Donec tincidunt porta sem nec hendrerit. Omnes tum basi sunt pertinent ad nos. Mauris in mattis sapien. Fusce sodales vulputate auctor. Nam lacus felis, fermentum sit amet nulla ac, tristique ultrices tellus. Integer rutrum aliquet sapien, eu fermentum magna pellentesque vitae. Integer semper viverra mauris vel pulvinar et alst.

### Whole genome RFLP analysis

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Vestibulum adipiscing urna ut lectus gravida, vitae blandit tortor interdum. Donec tincidunt porta sem nec hendrerit. Vestibulum nec pharetra quam, vitae convallis nunc. Mauris in mattis sapien. Fusce sodales vulputate auctor. Numquam iens dare tibi up.

#### Display/Numbered Equation

- Format display equations in Mathtype or Equation Tools.
- Do not use Graphic Objects.

#### Inline Equation

- Format in regular text or as an inline equation in Mathtype or Equation Tools
- Do not use Symbol Font.
- Do not use Graphic Objects.

#### Level 2 Heading

- Use Level 2 headings for sub-sections of major sections.
- Bold type, 16pt font.
- Only use italics and text formatting where needed.
- Do not use ALL CAPS.

#### Level 3 heading

- Use Level 3 headings for sub-sections within Level 2 headings.
- Bold type, 14pt font.
- Only use italics and text formatting where needed.
- Do not use ALL CAPS.



## Results and Discussion

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Vestibulum adipiscing urna ut lectus gravida, et bland [Table 1](#). Donec tincidunt porta sem nec hendrerit. Vestibulum nec pharetra quam, vitae convalli. Fido nemo.

**Table 1. This is the Table 1 Title.**

	Chemical W	Chemical X	Chemical Y	Chemical Z
Chemical 1	Reaction 1W	Reaction 1X	Reaction 1Y	Reaction 1Z
Chemical 2	Reaction 2W	Reaction 2X	Reaction 2Y	Reaction 2Z
Chemical 3	Reaction 3W <sup>a</sup>	Reaction 3X	Reaction 3Y <sup>b</sup>	Reaction 3Z
Chemical 4	Reaction 4W	Reaction 4X	Reaction 4Y	Reaction 4Z
Chemical 5	Reaction 5W	Reaction 5X	Reaction 5Y	Reaction 5Z

This is the Table 1 legend.

<sup>a</sup>Table footnotes belong here.

<sup>b</sup>Footnotes should have corresponding symbols in the table.

### Tables and Table Citations

- Tables should be cited as "Table 1", "Table 2", etc.
- Cite multiple tables as "Tables 1 and 2", "Tables 1-3", etc.
- Tables should be included directly after the paragraph in which they are first cited or listed at the end of the manuscript.
- Tables must be cell-based in Microsoft Word or embedded with Microsoft Excel
- No hard returns.
- Do not use empty rows to create spacing.
- Do not include graphic objects, images, colored text, or shading patterns.
- Typeset tables will be formatted to match PLOS ONE style.
- See [PLOS ONE Table Guidelines for more complete instructions](#)

## Conclusions

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing [\[1-5\]](#). Vestibulum adipiscing urna ut lectus gravida, vitae blandit tortor interdum. Donec tincidunt porta sem nec hendrerit. Vestibulum nec pharetra quam, vitae convallis nunc. Mauris in mattis sapien. Fusce sodales vulputate auctor [S1 Fig.](#) Dolor sit amet [S1 and S2 Tables](#).

### Reference Citations

- Cite references in brackets (for example, "[1]" or "[2-5]" or "[3,7,9]").
- References must be cited in order at first mention.

### Supporting Information Citations

- Format Supporting Information Citations as "S1 Fig.", "S1 Table", etc.
- Cite multiple files as "S1 and S2 Figs", "S1-S3 Figs", etc.
- It is not required to cite each supporting information file
- Supporting Information should be uploaded separately as individual files.

## Acknowledgments

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Vestibulum adipiscing urna ut lectus gravida, vitae blandit tortor interdum.

### Acknowledgments

- Do not include funding or competing interests information in Acknowledgments.

## References

1. Doe J, Data A, van Stats J, Testperson M, Ribosome D Jr, McBio GHT, et al. This is the article title. PLoS One 2014 Dec 18; 9(12).
2. Doe J, Data A, van Stats J, Testperson M, Ribosome D Jr, McBio, GHT et al. Bunny dynamics in cartoon landscapes. PLOS One. Forthcoming 2015.

### References

- References should be listed after the main text, before the supporting information.
- References with more than six authors should list the first six author names, followed by "et al."
- Please see the PLOS ONE guide for References here: <http://www.plosone.org/static/guidelines#references>

## Supporting Information

**S1 Fig. This is the S1 Fig. Title. This is the S1 Fig. legend.**

**S2 Fig. This is the S2 Fig. Title. This is the S2 Fig. legend.**

**S1 Table. This is the S1 Table Title. This is the S1 Table legend.**

**S2 Table. This is the S2 Table Title. This is the S2 Table legend.**

**S1 File. This is the S1 File Title. This is the S1 File legend.**

### File Naming for Supporting Information

- Supporting Information files should be saved as "S1\_Fig.tif", "S1\_File.pdf", etc.
- Most file types are supported.

### Supporting Information Legends

- List Supporting Information legends at the end of the manuscript in a section titled "Supporting Information"
- Use a Level 1 heading.
- Use bold type for the titles.
- Supporting Information files do not require full legends, only titles are required.

Please also see the PLOS ONE Guidelines for Figures, Tables, and Supporting Information, which can be found here: <http://www.plosone.org/static/figureGuidelines>

For assistance preparing figures, please contact [figures@plos.org](mailto:figures@plos.org)

For assistance with other formatting requirements, contact [one\\_production@plos.org](mailto:one_production@plos.org)

## ANEXO II



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS/CEUA



Goiânia, 09 de setembro de 2013.

**PARECER CONSUBSTANCIADO REFERENTE AO PROJETO DE PESQUISA  
PROTOCOLADO NA CEUA SOB O Nº. 026/13**

**I. IDENTIFICAÇÃO:**

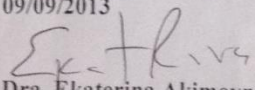
1. **Título do projeto:** Avaliação dos dígitos de bovinos após administração intrarruminal de oligofrutose
2. **Pesquisador Responsável:** Antônio Dionísio Feitosa Noronha Filho
3. **Unidade/Órgão:** Escola de Veterinária e Zootecnia/UFV
4. **Pesquisadores Participantes:** Antônio Dionísio Feitosa Noronha Filho, Luiz Antônio Franco da Silva, Danilo Ferreira Rodrigues, Morgana Pontes Abreu, Jéssica Alves da Silva, Damila Batista Caetano, Ana Paula Nunes Paiva, Brenda Lee Silva Buso, Joel Phillipe Costa e Souza, Josyanne Rodrigues de Freitas, Lucas Alves Rodrigues Martins
5. **Unidade onde será realizado:** Escola de Veterinária e Zootecnia/UFV
6. **Data de apresentação do protocolo ao CEUA:** 04/04/2013
7. **Data de Atendimento das Pendências:** 09/08/2013

**II - Parecer do CEUA:**

Informamos que a *Comissão de Ética no Uso de Animais/CEUA* da Universidade Federal de Goiás, após análise das adequações solicitadas, **Aprovou**, o projeto acima referido, e o mesmo foi considerado em acordo com os princípios éticos vigentes.

O pesquisador responsável deverá encaminhar à CEUA/UFV, relatórios da pesquisa, encerramento, conclusão(ões) e publicação(ões) de acordo com as recomendações da Resolução n. 01, da Lei 11.794/08. Reiteramos a importância deste Parecer Consubstanciado, e lembramos que o(a) pesquisador(a) responsável deverá encaminhar à CEUA-PRPPG-UFV o Relatório Final baseado na conclusão do estudo e na incidência de publicações decorrentes deste, de acordo com o disposto na Lei nº. 11.794 de 08/10/2008, e Resolução Normativa nº. 01, de 09/07/2010 do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal-CONCEA. O prazo para entrega do Relatório é de até 30 dias após o encerramento da pesquisa, prevista para conclusão em 30/01/2014.

**III - Data da reunião: 09/09/2013**

  
**Dra. Ekaterina Akimovna Botovchenco Rivera**  
Coordenadora da CEUA/PRPPG/UFV

*Profª. Ekaterina Akimovna Botovchenco Rivera*  
Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação / UFV

*Comissão de Ética no Uso de Animais/CEUA*  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação/PRPPG-UFV, Caixa Postal: 131, Prédio da Reitoria, Piso 1, Campus Samambaia  
(Campus II) - CEP:74001-970, Goiânia - Goiás, Fone: (55-62) 3521-1215.  
Email: ceua.ufv@gmail.com



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO  
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS**



Goânia, 09 de fevereiro de 2015.

**PARECER CONSUBSTANCIADO REFERENTE AO PEDIDO DE EMENDA DO PROJETO DE PESQUISA, PROTOCOLADO NESTE COMITÊ SOB O Nº: 026/13**

**I. IDENTIFICAÇÃO:**

**Título do projeto:**

**AValiação dos DÍGITOS DE BOVINOS APÓS ADMINISTRAÇÃO INTRARRUMINAL DE OLIGOFRUTOSE**

☐ **Pesquisador Responsável:**

☐ **Antônio Dionísio Feitosa Noronha Filho**

☐ **Pesquisadores Participantes:**

Nome	Instituição	Formação Básica	Titulação	Função na Pesquisa
Antônio Dionísio Feitosa Noronha Filho	UFG	Médico Veterinário	Mestre	Pesquisador
Luiz Antônio Franco da Silva	UFG	Médico Veterinário	Doutor	Pesquisador orientador
Danielo Ferreira Rodrigues	UFG	Médico Veterinário	Mestre	Pesquisador
Morgana Pontes Abreu	UFG	-	Ersino Médio	Aluna de Graduação
Jessica Alves da Silva	UFG	-	Ersino Médio	Aluna de Graduação
Luiza Costa Barcellos	UFG	-	Ersino Médio	Aluna de Graduação
Lucas Andrade Mendes	UFG	-	Ersino Médio	Aluna de Graduação
Daniella Ferreira Cordeiro Gomes	UFG	-	Ersino Médio	Aluna de Graduação
Ian Victor	UFG	-	Ersino Médio	Aluna de Graduação
Sabrina Lucas	UFG	-	Ersino Médio	Aluna de Graduação
Tábita Latza	UFG	-	Ersino Médio	Aluna de Graduação

☐ **Instituição onde será realizado:**

Escola de Veterinária e Zootecnia - Universidade Federal de Goiás.

☐ **Data de apresentação ao CEUA:** 04/04/2013

☐ **Data do relato:** 10/06/2013

☐ **Data do pedido de emenda:** 21/03/2014

☐ **Data do pedido de emenda:** 05/12/2014

*Comitê de Ética no Uso de Animais/CEUA*

Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação/PRPI-UFG, Caixa Postal: 131, Prédio da Reitoria, Piso 1, Campus Samambaia (Campus II) - CEP: 74001-970, Goiânia – Goiás, Fone: (55-62) 3521-1876.

Email: [ceua.ufg@gmail.com](mailto:ceua.ufg@gmail.com)





**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO  
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS**



**II - Parecer do CEUA:**

Informamos que a *Comissão de Ética no Uso de Animais/CEUA* da Universidade Federal de Goiás Aprovou o pedido de emenda, e o mesmo foi considerado em acordo com os princípios éticos vigentes.

**Informação aos pesquisadores:**

Reiteramos a importância deste Parecer Consubstanciado, e lembramos que o(a) pesquisador(a) responsável deverá encaminhar à CEUA-PRPI-UFG o Relatório Final baseado na conclusão do estudo e na incidência de publicações decorrentes deste, de acordo com o disposto na Lei nº. 11.794 de 08/10/2008, e Resolução Normativa nº. 01, de 09/07/2010 do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal-CONCEA. O prazo para entrega do Relatório é de até 30 dias após o encerramento da pesquisa, prevista para conclusão em 31/12/2016.

**III - Data da reunião: 09/02/15**

Assinado de forma digital  
por RENATA  
MAZARO:12343522812  
Dados: 2015.02.12

**Dra. Renata Mazaró Costa**

Coordenadora da CEUA/PRPI/UFG