

**ANDRÉ LANG**

**ESCANEAMENTO INTRAORAL DIGITAL 3D EM ODONTOLOGIA EQUINA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*

Orientadora: Andrea Pacheco Batista Borges

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2022**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

L269e  
2022 Lang, André, 1977-  
Escaneamento intraoral digital 3D em odontologia equina / André Lang. - Viçosa, MG, 2022.  
1 tese eletrônica (86 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexos.

Orientador: Andrea Pacheco Batista Borges.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Veterinária, 2022.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.196>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Odontologia veterinária. 2. Oclusão (Odontologia). 3. Ajuste Oclusal. I. Borges, Andrea Pacheco Batista, 1961-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Veterinária. Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária. III. Título.

CDD 22. ed. 636.08976

Bibliotecário(a) responsável: Renata de Fátima Alves CRB6/2578

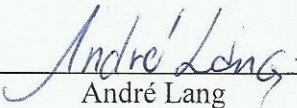
ANDRÉ LANG

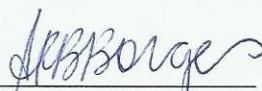
ESCANEAMENTO INTRAORAL DIGITAL 3D EM ODONTOLOGIA EQUINA

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*

APROVADA: 28 de janeiro de 2022.

Assentimento:

  
\_\_\_\_\_  
André Lang  
Autor

  
\_\_\_\_\_  
Andrea Pacheco Batista Borges  
Orientadora

Ao meu pai, Georges (*in memoriam*) e à minha mãe, Dalva.

Aos meus filhos Mateus e Felipe, dedico.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelos bons exemplos e pelo empenho em me proporcionar verdadeiros tesouros para toda a vida: educação e conhecimento.

À minha esposa, Tatiana, pela amável, gentil e compreensiva companhia.

Aos meus filhos, Mateus e Felipe, por darem outra dimensão à minha vida.

Aos meus irmãos, Patrícia e Alexandre, pelo apoio e pelos momentos compartilhados.

À minha orientadora, Andrea Pacheco Batista Borges, pelo exemplo de profissionalismo, pela compreensão e pelos ensinamentos.

À 3Shape Brasil, e seus especialista Danilo Calciolari e à Ligia Bueno, por nos oferecerem o treinamento, acesso ao laboratório e participarem da primeira etapa deste estudo.

Ao CPT Cursos Presenciais por oferecer a estrutura e animais.

Ao Giancarlo, à Raquel, Geraldinho e Edymar por contribuírem para que a prática com os animais acontecesse.

Aos membros da Banca Avaliadora, Mitzem Sathler Bretas, Tatiana Schmitz Duarte, Emily Correna Carlo Reis e Fabricio Luciani Valente, por dedicarem-se às contribuições ao trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Veterinária.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Aos cavalos.

“Hegyeket nézek

A hazát ott találod lovaknak szemében,  
Felszántott föld szagában, gyümölcsök ízében,  
A himnusz bánatában, temetők csendjében,  
Apám minden szavában s...”

(Nyerges Attila)

“Eu olho para as montanhas

Você encontrará sua pátria nos olhos dos cavalos,  
No cheiro da terra arada, no sabor da fruta,  
Na tristeza do hino, no silêncio dos cemitérios,  
Em cada palavra do meu pai ...”

(Nyerges Attila)

## RESUMO

LANG, André, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2022. **Escaneamento Intraoral Digital 3D em Odontologia Equina**. Orientadora: Andrea Pacheco Batista Borges.

A odontologia equina tem sido cada vez mais valorizada como um cuidado de saúde essencial para cavalos e, portanto, recebendo um alto nível de investimento econômico. A tecnologia digital promove avanços em todos os campos das ciências da saúde e o procedimento de escaneamento intraoral (IOS) 3D aprimora a odontologia de precisão moderna. Apesar dos avanços da tecnologia digital nas ciências da saúde, o uso da digitalização em medicina veterinária ainda é escasso e não há publicação científica de escaneamento digital intraoral 3D em odontologia equina até o momento. As características anatomofisiológicas dentárias e da dinâmica mastigatória proporcionam uma série de alterações identificáveis na cavidade oral e coroas dentárias do equino, valorizando seu estudo com precisão. O objetivo deste estudo pioneiro é empregar a IOS 3D em equinos e averiguar sua funcionalidade, avaliando sua segurança e compatibilidade dimensional entre cavidade oral e equipamentos, a sua eficiência na formação de modelo digital, padrões de varredura e padrões de operação na espécie. Para isto realizou-se um estudo descritivo observacional transversal em duas etapas, sendo o estudo inicial feito em crânios e posteriormente em animais vivos. Na etapa inicial foram utilizados dois equipamentos de escaneamento intraoral digital, o Trios3 *wireless* da 3Shape e o CS3500 da CareStream, para escaneamento das arcadas de dois crânios de equinos adultos, posicionados com espéculo oral, e manuseados por 4 diferentes operadores. Não houve dificuldade para a realização da técnica, mesmo para operadores inexperientes e as dimensões dos crânios foram compatíveis com o acesso dos equipamentos. Foi possível produzir os moldes digitais das arcadas de forma parcial, um molde dos incisivos, outro molde dos pré-molares e molares de um antímero e em um terceiro molde dos pré-molares e molares do outro antímero. O equipamento 3Shape mostrou-se mais rápido e eficiente. Os programas utilizados permitiram a aplicação de seus recursos e a exportação em formato stl para programas mais completos. Não foi possível construir um molde digital da arcada completa, nem a elaboração de um colormap oclusal e simulação da dinâmica mastigatória. A partir da conclusão da primeira etapa, foi possível conduzir com segurança a segunda etapa, com a aplicação da técnica em animais vivos. Utilizou-se o equipamento CS3500 da CareStream em 10 equinos mestiços, com idade de 2 a 20 anos, sedados com detomidine ou detomidine associada a diazepam, e contidos com espéculo oral autostático. Os moldes obtidos foram

exportados para o programa ExocadDental BD 3D. Os protocolos de sedação foram suficientes para a realização da técnica IOS 3D de forma segura em equinos, sem danos aos equipamentos. Em função do tempo houve necessidade de reaplicações dos sedativos. Foi confirmada compatibilidade entre as dimensões do equipamento e o espaço da cavidade oral dos animais testados. De forma inédita, foi possível analisar precisamente as dimensões através de planos de corte em todas as direções e realizar o colormap oclusal para determinação das áreas de contato. A velocidade de escaneamento e falhas na obtenção de imagens para construção do modelo digital consumiram muito tempo e não foi possível construir o molde digital da arcada completa em um único arquivo e nem em um único procedimento, uma vez que o programa é desenvolvido para humanos e há necessidade de adaptações no programa para uso equinos. Os resultados aqui apresentados comprovam que a IOS 3D é uma técnica factível, viável e útil em cavalos e este estudo pioneiro contribui para uma etapa de transformação digital na odontologia equina e nas pesquisas científicas. São necessários mais estudos em animais vivos com diferentes tamanhos e variadas alterações dentárias, além do emprego de diferentes dispositivos de escaneamento.

Palavras-chave: Ajuste oclusal. Dentista de cavalos. Digitalização. IOS 3D. Odontoplastia. Transformação Digital.

## ABSTRACT

LANG, André, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, January, 2022. **Digital Intraoral 3D Scanning in Equine Dentistry**. Advisor: Andrea Pacheco Batista Borges.

Equine dentistry has been increasingly valued as an essential health care for horses and therefore receiving high level of economic investment. Digital technology advances in all fields of health science and the 3D intraoral scanning (IOS) procedure enhances modern precision dentistry. Despite advances in digital technology in the health sciences, the use of digitalization in veterinary medicine is still scarce and there is no scientific publication of 3D digital intraoral scanning in equine dentistry so far. The dental anatomophysiological characteristics and masticatory dynamics provide a series of identifiable changes in the oral cavity and dental crowns of the equine, enhancing their precise study. The aim of this pioneering study is to employ 3D IOS in horses, evaluating its safety and dimensional compatibility, its efficiency in digital model formation, scanning patterns and operating patterns in the species. For this, a descriptive cross-sectional observational study was carried out in two stages, with the initial study carried out on skulls and later on live animals. In the initial stage, two digital intraoral scanning equipment, 3Shape's Trios3 wireless and CareStream CS3500, were used to scan the arches of two adult equine skulls, positioned with an oral speculum, and handled by 4 different operators. There was no difficulty in performing the technique, even for inexperienced operators, and the dimensions of the skulls were compatible with the access to the equipment. It was possible to produce partial digital molds of the arches, a mold of the incisors, another mold of the premolars and molars on one side and a third mold of the premolars and molars on the other side. The 3Shape equipment proved to be faster and more efficient. The programs used are open and allowed the application of its resources and the export in stl format for more complete programs. It was not possible to build a digital mold of the complete arch, nor to prepare an occlusal colormap and simulation of masticatory dynamics. From the conclusion of the first stage, it was possible to safely conduct the second stage, with the application of the technique in live animals. CareStream CS3500 equipment was used in 10 crossbred horses, aged 2 to 20 years, sedated with detomidine or detomidine plus diazepam, and restrained with an autostatic oral speculum. The molds obtained were exported to the ExocadDental BD 3D program. The sedation protocols were sufficient to carry out the 3D IOS technique safely in horses, without damage to the equipment. Depending on the time, there was a need for reapplication of sedatives.

Compatibility between the dimensions of the equipment and the space of the oral cavity of the animals tested was confirmed. In an unprecedented way, it was possible to precisely analyze the dimensions through cutting planes in all directions and perform the occlusal colormap to determine the contact areas. The scanning speed and failures in obtaining images for the construction of the digital model consumed a lot of time and it was neither possible to build the digital mold of the complete arcades in a single file nor in a single procedure. The results presented here prove that 3D IOS is a feasible, viable and useful technique in horses and this pioneering study contributes to a step of digital transformation in equine dentistry and scientific research. More studies are needed in live animals with different sizes and varied dental changes, in addition to the use of different scanning devices.

Keywords: Digital transformation. Digitalization. IOS 3D. Occlusal adjustment. Odontoplasty.

## LISTA DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO I – Odontologia equina e o potencial do IOS 3D	
Figura 01. A) Escaner intraoral; B) Imagem digital 3D; C) Unidade portátil com monitor (Modificado de BOSIO et al., 2017).	20
Figura 02. Escaneamento intraoral e escaneamento de molde em gesso. (Modificado de FLÜGGE et al., 2013).	21
Figura 03. Diferentes padrões de escaneamento, percorrendo diferentes trajetos conforme as setas (Modificado de LATHAM et al., 2020).	22
Figura 04. Comparação entre um dente de equino, hipsodonte, e um dente de humano, braquiodonte. Note a diferença na proporção entre coroa e raízes (arquivo pessoal).	26
Figura 05. Ilustração das numerações dos dentes pelo sistema Triadan (arquivo pessoal).	27
Figura 06. Corte longitudinal de tomografia computadorizada em molar maxilar, proporção entre esmalte, dentina e área do infundíbulo de acordo com a região do dente (adaptado de ENGLISCH, et al., 2017).	29
Figura 07. Exemplo da morfologia do tecido pulpar distribuído nos forames apicais (I, II, III e IV), câmaras pulpares e ramificações nos cornos pulpares (1 a 8) em dentes 111 de equino com 11,5 anos e 311 de equino com 13,5 anos (Adaptado de WINDELEY et al., 2009).	30
Figura 08. Detalhe da região periodontal. Legenda: G (gengiva), OEA (osso esponjoso alveolar), LD (lâmina dura), LP (ligamento periodontal), C (cimento), E (esmalte e D (dentina) (Modificado de STEINFORT, et al., 2019).	31
Figura 09. Vetores e amplitude dos movimentos mastigatórios (adaptado de BONIN et al., 2006).	33
Figura 10. Ocorrência de DGL/ 4 provocando mordida diagonal (arquivo pessoal).	36
Figura 11. A) Transpasse vertical, ou sobremordida superior e B) Inferior (arquivo pessoal).	37
Figura 12. Exame radiográfico de potro portador de Wry nose (arquivo pessoal).	37
Figura 13. Ocorrência de PEED nos PMs e Ms do 1º quadrante (arquivo pessoal).	39

Figura 14. Ocorrência de Degrau com borda afiada em 207 (seta), associado a diastema antagonista.	40
Figura 15. Presença de ganchos rostrais (setas) em 106 e 206 (arquivo pessoal).	41
CAPÍTULO II - <i>Technical Note</i> Potential of digital intraoral scanning in equine dentistry: <i>ex vivo</i> preliminary study	
Figure 1. Vestibular view of premolars and molars from the fourth quadrant, highlighting a chip fracture associated with caries in 409 (blue arrow) and an artifact in the coloring of the image in 411 (red arrow).	55
Figure 2. Rostral view and a cutting longitudinal plane view of the neutral occlusion of the premolars and molars from the first and fourth quadrant. The premature contact areas are showed within red circles.	57
CAPÍTULO III - <i>Original Article</i> Digital intraoral scanning as a digital transformation on equine dentistry: <i>in vivo</i> evaluation.	
Figure 1. A) Sedated horse with oral speculum and the oral scanner connected to a notebook. B) Detail of CareStream oral scan in use.	66
Figure 2. Rostral view photograph of an incisor superior trespass. Red and blue marks were made to help the scan image acquisition.	67
Figure 3. Screen capture from the digital model of maxillary incisors, occlusal surface. (CareStream software).	68
Figure 4. Screen capture from the digital model of mandibulary incisors, occlusal surface. (CareStream software).	68
Figure 5. Screen capture from the digital model of incisors occlusion, right lateral oblique view. Note the horizontal trespass of maxillary incisors. (CareStream Software).	69
Figure 6. Screen capture from the digital model of incisors occlusion. Occlusal colorimetric map and plan section analysis of the horizontal trespass of maxillary incisors.(ExocadDental BD Software).	69
Figure 7. Oblique rostral view photograph of an incisor superior supranumerary clinical case.	70
Figure 8. Occlusal colormap of an incisor superior supranumerary clinical case. Note the contact of antagonist with most caudal 102 teeth (detail). (ExocadDental BD Software)	70
Figure 9. Screen capture from the digital model of maxillary premolars and molars, occlusal surface. Note periodontal disease between 108 and 109 teeth	

(arrow). (CareStream Software)	71
Figure 10. Screen capture from the digital model of mandibular premolars and molars, occlusal surface. Note the partial loss of 411 occlusal surface. (CareStream Software)	71
Figure 11. Screen capture from the digital model of premolars and molars occlusion. Occlusal colorimetric map and transverse plan section analysis of occlusion contact areas. (ExocadDental BD Software)	72
Figure 12. Screen capture from the digital model of premolars and molars occlusion. Occlusal colorimetric map and longitudinal plan section analysis of occlusion contact areas. (ExocadDental BD Software)	72

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I – Introdução Geral	15
Introdução	19
Escaneamento intraoral 3D	19
O potencial do escaneamento intraoral 3D na odontologia equina	23
Considerações anatômicas	25
Os tecidos que compõem os dentes e periodonto de equinos	28
A dinâmica mastigatória	31
Mecanismos de compensação do desgaste dentário	33
Alterações ortodônticas e do desgaste dos incisivos	35
Alterações do desgaste dos dentes caninos	38
Alterações do desgaste dos dentes pré-molares e molares	38
Complicações das ADDs	41
Considerações finais	42
Referências bibliográficas	43
CAPÍTULO II - <i>Technical Note</i> Potential of digital intraoral scanning in equine dentistry: <i>ex vivo</i> preliminary study	51
References	59
Capítulo III - <i>Original Article</i> Digital intraoral scanning as a digital transformation on equine dentistry: <i>in vivo</i> evaluation	63
1. Introduction	65
2. Material and methods	66
3. Results and discussion	67
3.1. Sedation protocols	73
3.2. Scanner size	73
3.3. Time consuming	73
3.4. Scan patterns and flow	74

3.5. Accuracy	74
3.6. Cost and portability	75
3.7. Potentialities	75
Conclusion	76
References	76
Conclusões gerais	81
ANEXO I – Certificado da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA)	82
ANEXO II - Equine Veterinary Journal author guidelines	83

## **Capítulo I – Introdução Geral**

### **O potencial do escaneamento intraoral digital 3D na odontologia equina**

Lang A., Carvalho, T.B., Duarte T.S., Carlo Reis E.C., Valente F.L., Bretas, M. S., Borges A.P.B.

## RESUMO

### **O potencial do escaneamento intraoral digital 3D na odontologia equina**

Lang A., Borges A.P.B., Carvalho, T.B., Duarte T.S., Carlo Reis E.C., Valente F.L., Bretas, M. S.

A espécie equina evoluiu como um animal herbívoro, especializando-se no pastejo contínuo e desenvolvendo estratégias para compensar o desgaste dentário excessivo, contando com a formação de dentes grandes, de erupção contínua e dinâmica mastigatória complexa, com a capacidade de mascarar condições dolorosas na cavidade oral. Considerados heterodontes, bifiodontes, elodontes, hipsodontes e anisognatas, possuem 24 dentes decíduos e de 36 a 44 dentes permanentes. A estrutura dentária é composta principalmente por hidroxiapatita, colágeno e água, em uma organização elaborada de esmalte, dentina associada ao tecido pulpar e cimento em associação ao ligamento periodontal que o fixa à estrutura óssea. O processo de erupção prolongada é relacionado à síntese de cimento e remodelação do ligamento periodontal. A dinâmica mastigatória associa movimentos dorsoventrais, laterolaterais e rostrocaudais, tendo uma frequência em torno de 100 movimentos mastigatórios por minuto, a depender do tipo de alimento, durante aproximadamente 75% do dia em criações extensivas. As forças de fechamento e atrito são cerca de 250 N e 870 N, respectivamente. As taxas de desgaste e erupção, para se manterem em equilíbrio, são em torno de 4 mm ao ano. Uma série de alterações ortodônticas e do desgaste dentário pode ocorrer, como transpasses dos incisivos, mordida diagonal, pontas excessivas de esmalte, ondas, degraus, rampas e ganchos. Prejuízo ao bem-estar, mal aproveitamento dos alimentos e dificuldade em manutenção da condição corporal, queda no desempenho atlético e predisposição a distúrbios digestivos são consequências das alterações dentárias. O tratamento destas alterações é feito primordialmente por odontoplastia e ajuste oclusal seguindo padrões qualitativos empíricos e sem exame objetivo para mensurações e planejamento. O escaneamento intraoral digital 3D (IOS 3D) é um recurso revolucionário de imagem na odontologia humana que permite a visualização detalhada de coroas dentárias, gengiva e palato, com o armazenamento e compartilhamento de grande quantidade de dados, além de fornecer funcionalidades úteis no diagnóstico, planejamento terapêutico e acompanhamento de fraturas dentárias, doença periodontal, diastemas, defeitos nas arcadas, defeitos de oclusão, identificação precoce de cáries, entre outras. Correções ortodônticas, fabricação de

alinhadores e implantodontia utilizando CAD/CAM têm aplicação exponencial do IOS 3D. A aplicação desta técnica é de grande importância na odontologia equina, especialmente pelas dificuldades anatômicas para a inspeção da cavidade oral longa, estreita e afunilada dos equinos, bem como para realização de mensurações precisas. Na odontologia equina, a odontoplastia e o ajuste oclusal são os procedimentos mais frequentes e ainda seguem parâmetros meramente empíricos, valorizando o estudo de exames quantitativos precisos nas mensurações da superfície dentária, arquitetura das arcadas dentárias e contato da superfície oclusal. Espera-se que o IOS 3D em equinos seja empregado na identificação precoce e acompanhamento do tratamento de cáries, diagnóstico quantitativo e acompanhamento de tratamentos ortodônticos, estímulo à implantodontia, bem como no processo dinâmico de aprendizagem, com interface lúdica interativa e menor risco aos animais vivos em aulas. Esta nova tecnologia permitirá, enfim, a digitalização dos processos empregados em pesquisa, ensino-aprendizagem e prestação de serviços na odontologia equina como um caminho para a transformação digital.

**Palavras-chave:** Ajuste oclusal. Digitalização. IOS 3D. Odontoplastia. Transformação Digital.

### ABSTRACT

**The potential of digital intraoral 3D scanning in equine dentistry.** Lang A., Borges A.P.B., Carvalho, T.B., Duarte T.S., Carlo Reis E.C., Valente F.L., Bretas, M. S.

The equine species evolved as prey, specializing in continuous grazing and developing strategies to compensate for excessive tooth wear, such as the formation of large teeth, prolonged eruption, complex masticatory dynamics and the ability to mask painful conditions in the oral cavity. Considered heterodont, biphodont, elodon, hypsodont and anisognathic, they have 24 deciduous teeth and 36 to 44 permanent teeth. The dental structure is mainly composed of hydroxyapatite, collagen and water, in an elaborate organization of enamel, dentin associated with the pulp tissue and cementum in association with the periodontal ligament that fixes it to the bone structure. The prolonged eruption process is related to cementum synthesis and periodontal ligament remodeling. The masticatory dynamics associate dorsoventral, lateral and rostrocaudal movements, with a frequency around 100

masticatory movements per minute, depending on the type of food, during approximately 75% of the day in extensive creations. The closing and frictional forces are about 250 N and 870 N, respectively. The wear and eruption rates, to keep them in balance, are around 4mm per year. A series of orthodontic and disorders of dental wear can occur, such as incisor overbite and underjet, diagonal bite, large enamel overgrows, waves, steps, ramps and hooks. Impaired well-being, impaired feeding performance and difficulty in maintaining body condition, decreased athletic performance and predisposition to digestive disorders are consequences of dental changes. The treatment of these changes is primarily done by odontoplasty and occlusal adjustment although empirical standards and no objective technics for measurement and planning. The 3D digital intraoral scanning (3D IOS) is a revolutionary imaging resource in human dentistry that allows detailed visualization of dental crowns, gums and palate, with the storage and sharing of large amounts of data, useful features in diagnosis, therapeutic planning and monitoring of dental fractures, periodontal disease, diastemas, arch defects, occlusion defects, early identification of caries, and more. Orthodontic corrections, fabrication of aligners and implant dentistry using CAD/CAM have exponential application of IOS 3D. The application of this technique is unprecedented in veterinary medicine. In equine dentistry, odontoplasty and occlusal adjustment are the most common procedures and still follow merely empirical parameters, emphasizing the study of precise quantitative exams in measuring the tooth surface, arch architecture and contact of the occlusal surface. The 3D IOS can be performed in the early identification and monitoring of caries treatment, quantitative diagnosis and monitoring of orthodontic treatments and implant techniques enhancing, as well as in the dynamic learning process, with an interactive playful interface and less use of live animals in classes. This new technology will allow, finally, the digitalization of the processes used in research, teaching-learning and provision of services in equine dentistry as a path towards digital transformation.

**Keywords:** Digital transformation. Digitalization. IOS 3D, Occlusal adjustment. Odontoplasty.

## **INTRODUÇÃO**

A odontologia equina tem sido reconhecida e valorizada como um cuidado de saúde essencial para cavalos e, portanto, recebendo grande investimento econômico. Equipamentos e tecnologias têm sido desenvolvidos com objetivos de melhorar a qualidade do exame clínico, identificar precisamente as diferentes alterações, planejar e executar tratamentos de alta complexidade. A atuação especializada do profissional tem sido progressivamente pautada nas evidências científicas em detrimento às antigas crenças embasadas em experiências empíricas subjetivas.

O Escaneamento Intraoral Digital 3D (IOS 3D) apresenta-se como uma tecnologia revolucionária em odontologia humana, proporcionando avanços na qualidade dos diagnósticos e tratamentos, bem como o incremento no uso da tecnologia digital de informação, porém, nenhuma publicação científica relacionada ao emprego da técnica IOS 3D em odontologia equina está disponível até o momento atual. Assim, o objetivo deste estudo pioneiro é investigar a empregabilidade da técnica a partir da experimentação em equinos, estabelecendo padrões operacionais fundamentais que poderão contribuir para estudos futuros e maior emprego da tecnologia digital.

## **ESCANEAMENTO INTRAORAL 3D**

O emprego de recursos de tecnologia da informação e as soluções digitais estão transformando a sociedade e as atividades humanas, oferecendo um amplo horizonte de possibilidades especialmente na área médica (ELENKO et al., 2015; BOSIO et al., 2017; KONTTILA et al., 2019). Os termos “medicina digital” e “odontologia digital” estão sendo amplamente utilizados e o mesmo deve acontecer com a “medicina veterinária digital”, nas mais diversas especialidades.

O escaneamento intraoral digital 3D, ou IOS 3D, permite a visualização detalhada de uma grande área da cavidade oral, incluindo as coroas dentárias, gengiva e palato (figura 01). O armazenamento, manipulação de imagens e compartilhamento de grande quantidade de dados oferecem diversas funcionalidades úteis no diagnóstico, planejamento terapêutico participativo em equipe, tratamento e acompanhamento em diversas situações clínico-cirúrgicas, além de oferecer ferramentas para a comunicação entre os profissionais envolvidos (TING-SHU e JIAN, 2015).

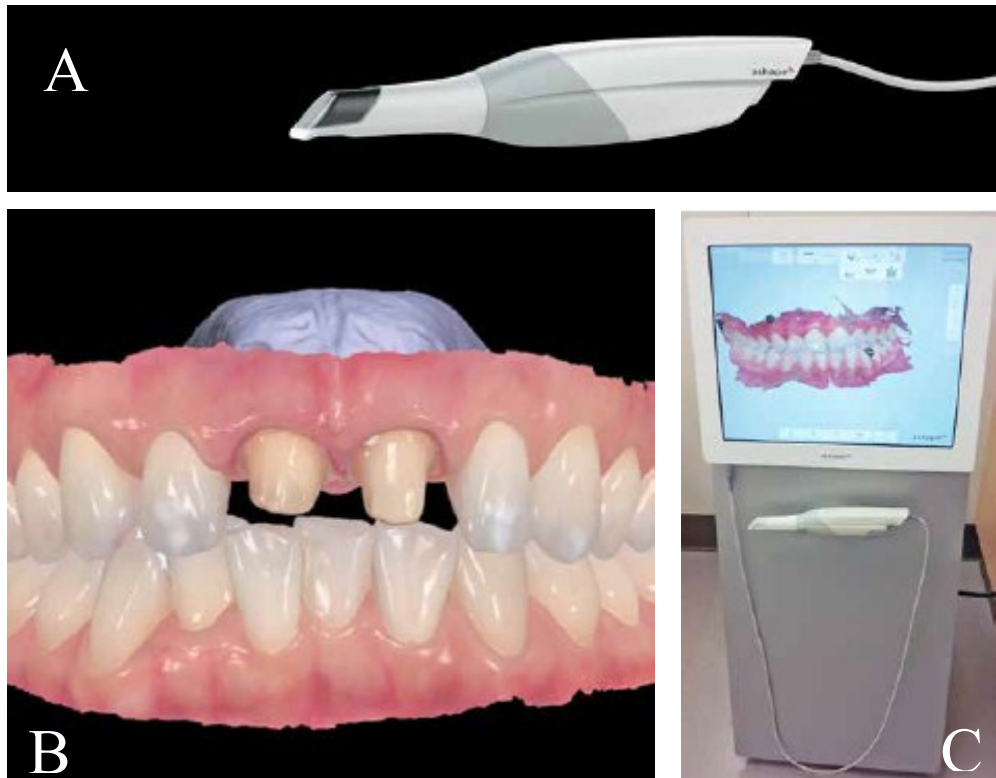


Figura 01. A) Escaner intraoral; B) Imagem digital 3D; C) Unidade portátil com monitor (Modificado de BOSIO et al., 2017)

A qualidade de imagem e a dinâmica 3D, com possibilidade de simular a evolução de tratamentos, proporciona uma relação com o cliente totalmente diferente, com muito mais envolvimento, valorização e satisfação, facilitando o convencimento por determinados procedimentos e a manutenção da fidelidade do cliente (BOSIO et al., 2017).

A técnica de IOS (figura 02) é considerada um divisor de águas na odontologia humana, especialmente na implantodontia e ortodontia, e tem grande aplicação no fluxo de produção de próteses pelo sistema CAD/CAM (Computer aided design / Computer aided manufacturing). A técnica oferece muitas vantagens em relação à técnica de preparação de moldagens com impressão intraoral e posterior preparação dos moldes em gesso, como tempo reduzido para o procedimento, conforto ao paciente, higiene e arquivamento digital (FLÜGGE et al., 2013). As técnicas de moldes a partir de materiais de impressão para moldagem têm sido realizadas em equinos para pesquisa ou planejamento de procedimentos ortodônticos (LIZZIE, 2018).

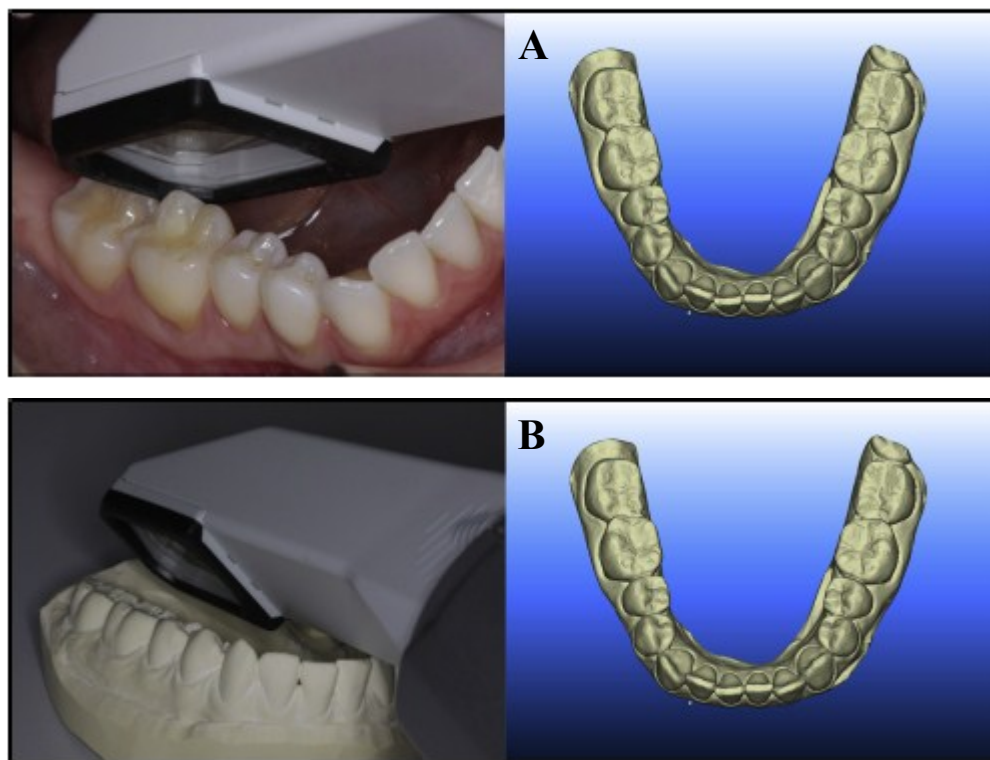


Figura 02. Escaneamento intraoral (A) e escaneamento de molde em gesso (B) e seus respectivos modelos digitais (à direita). (Modificado de FLÜGGE et al., 2013).

Como recurso de imagem é extremamente útil na avaliação das coroas dentárias, identificação de cáries, fraturas dentárias, doença periodontal, diastemas, defeitos nas arcadas, defeitos de oclusão e planejamento do tratamento ortodôntico (ENDER e MEHL, 2013; GAN et al., 2016).

Outras aplicações estão relacionadas à ortodontia e ajuste oclusal, auxiliando na produção de alinhadores (NILSSON et al., 2016). Cirurgias ortognatas e ortodônticas podem ser planejadas em imagens digitais combinadas com radiografias e tomografias tridimensionais (PLOOIJ et al., 2011; KRAVITZ et al., 2014; ELNAGAR et al., 2019).

A utilização pedagógica de novas tecnologias digitais, especialmente imagens 3D, como recursos didáticos oferece uma interface lúdica extremamente atrativa aos aprendizes. Em um contexto que favorece cada vez mais os processos de ensino e aprendizagem remotos, quer por conveniência ou por medidas sanitárias, há necessidade da familiarização e incremento de recursos interativos em ambiente virtual (TING-SHU e JIAN, 2015). Aulas de graduação, pós-graduação e cursos de treinamento avançado serão favorecidas com a utilização desta técnica, que também poderá ser ferramenta importante na metodologia de pesquisas e na obtenção de dados experimentais precisos.

Os equipamentos podem diferir entre si em características como princípio de funcionamento, com triangulação de luz ou coerência óptica, fonte de luz diodo azul LED, azul pulsátil ou laser vermelho. Pode ser necessária a preparação da superfície ou não, alguns mais antigos necessitando a pulverização de dióxido de titânio em pó para reduzir e dispersão da luz. Para o processo operacional pode-se acionar o funcionamento por pedais ou botões na manopla do escaner e a transmissão de dados pode ser por fios ou *wireless*. O formato do arquivo da digitalização é variado, predominando o “Standard Triangle Language” ou STL, e os ambientes de software podem ser fechados ou abertos, enriquecidos com muitos recursos operacionais e permitindo interação com outros arquivos (TING-SHU e JIAN, 2015; BOSIO et al., 2017; LATHAM et al., 2020).

A qualidade e acurácia do IOS pode variar de acordo com o equipamento utilizado, presença de saliva e bolhas na superfície, iluminação do ambiente, programas utilizados para processamento de dados, arcada edentada, padrão de escaneamento (figura 03), habilidade e experiência do operador (GAN et al., 2016; REVILLA-LEÓN et al. 2019; LATHAM et al., 2020).

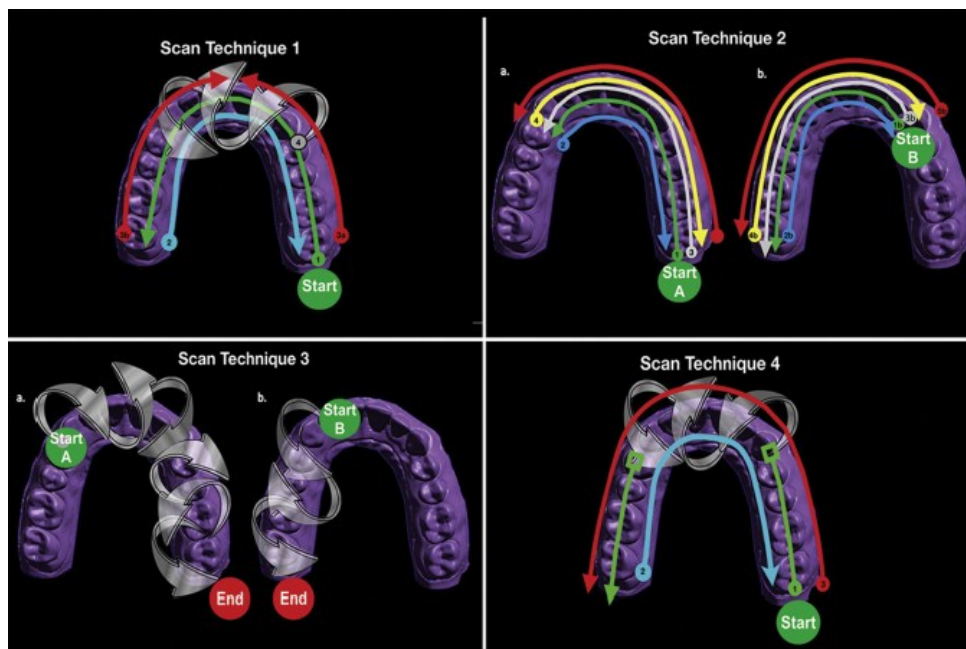


Figura 03. Diferentes padrões de escaneamento, percorrendo diferentes trajetos conforme as setas (Modificado de LATHAM et al., 2020).

## **O POTENCIAL DO ESCANEAMENTO INTRAORAL 3D NA ODONTOLOGIA EQUINA**

Inicialmente deve-se demonstrar que a técnica é factível em espécies animais de interesse na medicina veterinária. As dimensões dos equipamentos e do espaço intraoral e interoclusal devem ser compatíveis e permitir a movimentação adequada pelo operador a fim de conseguir o escaneamento completo das estruturas de interesse.

A compatibilidade entre as dimensões dos dentes e da cavidade oral de espécies grandes e o campo de formação de imagens pelos softwares é outra característica a ser analisada. O fato de arcadas edentadas em humanos influenciarem na qualidade e acurácia do escaneamento, evidenciado por Kim et al. (2016) e Revilla-León et al. (2019) serve como prerrogativa para a avaliação de arcadas que apresentam diastemas naturalmente em sua anatomia, como equinos e bovinos.

A segurança para o operador, para o animal e para o equipamento está entre as principais preocupações ainda no planejamento do emprego da técnica. Os protocolos adequados de contenção farmacológica já empregados rotineiramente, com graus adequados de sedação para equinos e, eventualmente anestésias gerais de curta duração para cães e gatos, devem ser indicadas como parte do protocolo, nada diferente do que acontece quando se tem por objetivo uma detalhada inspeção da cavidade oral.

Os padrões de escaneamento em humanos são comparados, especialmente com relação à rota que percorrem com o escaner sobre as arcadas (BOSIO et al., 2017; MENNITO et al., 2018; LATHAM et al., 2019). Estes padrões ainda precisam ser definidos para as espécies animais, assim como a influência da experiência do operador, uma vez que ainda não há treinamento entre os médicos veterinários.

O emprego da técnica terá aplicabilidade em diversas situações na rotina clínico-cirúrgica veterinária. Os recursos aplicados na odontologia humana oferecem benefícios tanto funcionais quanto estéticos e, embora os aspectos estéticos não sejam a maior preocupação na odontologia veterinária, a funcionalidade mastigatória e o bem-estar dos animais certamente são.

Em odontologia humana o IOS 3D é um recurso excelente para implantodontia com aplicação no fluxo de produção de próteses pelo sistema CAD/CAM. Uma arcada edentada oferece uma série de prejuízos como mau posicionamento, exposição e traumas na língua, deformidade das arcadas e problemas de oclusão, alteração na dinâmica mastigatória e dor na articulação temporomandibular. Em medicina veterinária existem trabalhos escassos de

implantodontia em cães e algumas espécies silvestres, porém com a técnica artesanal para obtenção de moldagem e produção posterior de moldes e escaneamento destes moldes em escaners de bancada laboratorial (COLLINS et al, 2015; MESTRINHO et al, 2019) .

Esta tecnologia é extremamente útil na avaliação das coroas dentárias, contribuindo não só para o diagnóstico, mas também para o planejamento e acompanhamento dos tratamentos em casos de cálculos dentários, fissuras e fraturas dentárias, identificação e mensuração de alterações do desgaste dentário como pontas excessivas de esmalte dentário, cristas transversais excessivas, ganchos, rampas e degraus.

Em equinos, devido à erupção contínua de seus dentes, as alterações do desgaste dentário promovem uma série de defeitos na coroa clínica e o escaneamento terá grande importância no diagnóstico preciso e na tomada de decisão para a realização da odontoplastia. O objetivo de uma odontoplastia adequada é proporcionar o ajuste oclusal e evitar o contato precoce em determinadas áreas da superfície oclusal, mas a avaliação de sua indicação e de seus resultados são meramente empíricos e qualitativos.. Até os dias atuais, não há mecanismo utilizado na rotina para se avaliar objetivamente o contato oclusal em função do tempo nesta espécie, sendo um dos recursos de maior valor que o IOS 3D proporcionará, conforme descreve Nilsson et al. (2016) com modelo humano.

A detecção de cáries é outro aspecto relevante, principalmente porque sua prevalência é muito alta na espécie equina e sua cavidade oral oferece dificuldade para inspeção direta. As cáries periféricas ocorrem principalmente na face lingual dos pré-molares e molares inferiores, portanto uma região profunda e em contato com a língua dificultando a observação, que também é limitada nas cáries interdentais. O padrão de escaneamento pode promover o deslocamento da língua e melhorar a visualização destas cáries, facilitando sua classificação, a adequada mensuração e acompanhamento dos tratamentos, assim como de cáries infundibulares. Um recurso recente do IOS é a tecnologia fluorescente acoplada que possibilita a identificação de atividade bacteriana cariogênica de forma precoce (STOOKEY e GONZÁLEZ-CABEZAS, 2001; GIMENEZ et al., 2013; MOREIRA et al.,2020).

Na doença periodontal também pode haver contribuição através da identificação e mensuração das retrações gengivais, bolsas periodontais, diastemas e acúmulo de material alimentar.

Cirurgias ortognatas e ortodônticas podem ser planejadas em imagens digitais, sendo de grande relevância nos casos de transpasses e sobremordidas (prognatismo/bagnatismo) e alterações congênitas que afetem a mordida, como *Campylorrhinus lateralis* (Wry Nose), e na monitoração por “time-lapse” de tratamentos ortodônticos de longa duração. Podem-se

associar as imagens 3D de exames radiográficos ou tomográficos com o escaneamento intraoral de forma complementar.

O custo dos equipamentos, bem como do acesso a softwares e atualizações específicas, é um fator que limita o acesso a esta tecnologia. A modalidade ainda é crescente na odontologia humana, mas vem ganhando cada vez mais espaço. É de se esperar que a limitação financeira para o investimento seja mais impactante no caso da medicina veterinária, mas não justifica que a experimentação de seu uso em animais não seja realizada. Os altos preços são promovidos pela novidade no mercado, reduzida concorrência, patentes operacionais e de desenvolvimento de softwares, portanto é de se esperar que os custos tenham trajetória decrescente ao longo do tempo devido à concorrência entre fabricantes, queda de patentes e o rápido desenvolvimento de novos softwares, que marcam os tempos atuais.

Para Kravitz et al. (2014), o valor desta tecnologia supera o investimento inicial de aquisição. De forma semelhante ao que ocorre em odontologia humana, a aquisição de equipamentos e licenças de uso de software deverá ser feita por empresas dedicadas à prestação de serviços de diagnóstico por imagem para os demais profissionais, assim como ocorre há algum tempo com exames radiográficos e ultrassonográficos, tornando o emprego da técnica de IOS 3D muito mais acessível e em maior escala para a medicina veterinária, a um baixo custo para os proprietários.

## **CONSIDERAÇÕES ANATÔMICAS**

De acordo com a sua dentição, os equinos são classificados como heterodontes, bifiodontes, elodontes e hipsodontes. Assim como a maioria dos mamíferos, são heterodontes por possuírem quatro tipos de dentes diferentes: incisivos (I), caninos (C), pré-molares (PM) e molares (M). O que os caracteriza como bifiodontes é a produção de uma dentição decídua e outra dentição permanente. O fato de apresentarem erupção dentária por tempo bastante prolongado para I, PM e M, os caracteriza como elodontes e a conformação dentária com coroas bastante longas em relação às raízes, justifica o termo hipsodonte (figura 04). Apresentam anisognatia, com a mandíbula cerca de 30% mais estreita que a maxila (OMURA, 2003; DIXON, 2005; PAGLIOSA et al., 2006).

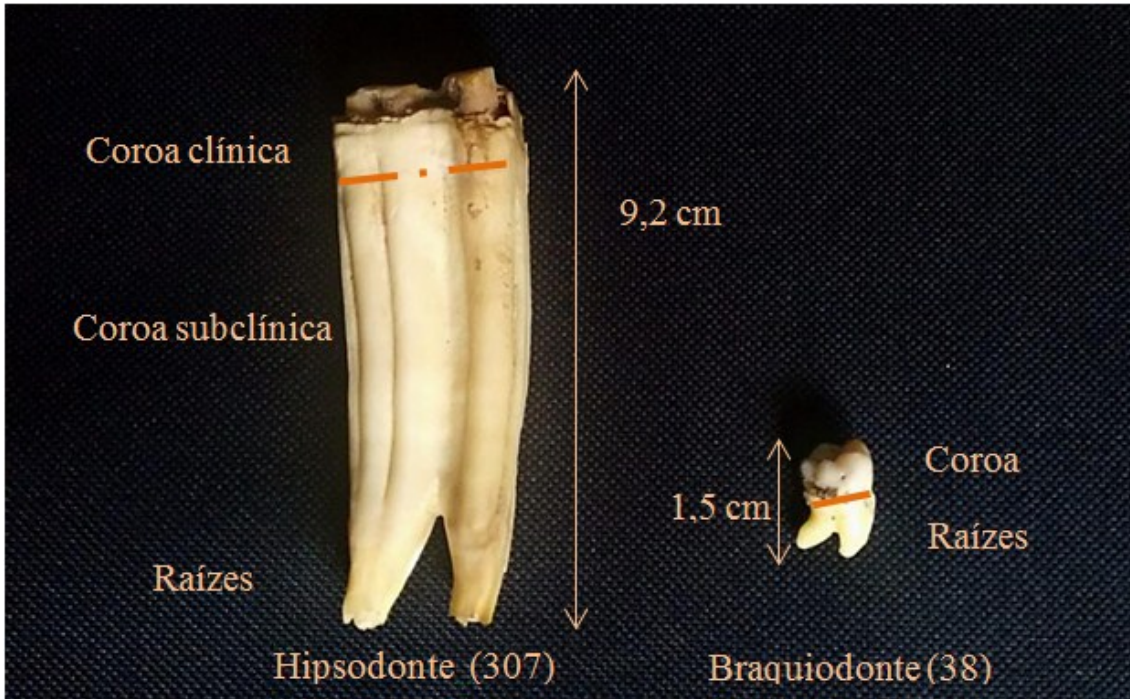


Figura 04. Comparação entre um dente de equino, hipsodonte, e um dente de humano, braquiodonte. Note a diferença na proporção entre coroa e raízes (arquivo pessoal).

Cada elemento dentário é dividido em coroa clínica (visível acima da gengiva), coroa de reserva (dentro do alvéolo dentário) e raiz que é única nos incisivos, caninos e 1º PM, em número de duas (mesial e distal) nos PMs e Ms mandibulares e em três (palatal, bucal mesial e bucal distal) nos PMs e Ms maxilares (DIXON e Du TOIT, 2010).

A dentição decídua tem um total de 24 dentes, composta por 12 I e 12 PM, ambos em número de três em cada hemiarcada. A dentição permanente pode variar de 36 a 44 dentes, sendo os decíduos substituídos por permanentes e acrescidos de 12 M, 3 em cada hemiarcada, e os facultativos C e 1º PM, um de cada por hemiarcada (BAKER e EASLEY, 2005; DIXON e Du TOIT, 2010).

Utiliza-se o Sistema Triadan (Figura 05), assim como em humanos, para melhor identificação dos dentes, sendo que cada elemento dentário recebe um número com três dígitos exclusivos. As arcadas são divididas em quadrantes 1, 2, 3 e 4 para hemiarcada direita da maxila, hemiarcada esquerda da maxila, hemiarcada esquerda da mandíbula e hemiarcada direita da mandíbula, respectivamente. O primeiro dígito refere-se ao quadrante em que o dente se localiza e depois conferem-se os números de 01 a 11 para cada dente no sentido distal. Para os dentes decíduos utiliza-se os números 5, 6, 7 e 8 para os quadrantes, seguidos dos mesmos números dos dentes permanentes (DIXON e du TOIT, 2010; GALLOWAY, 2010).

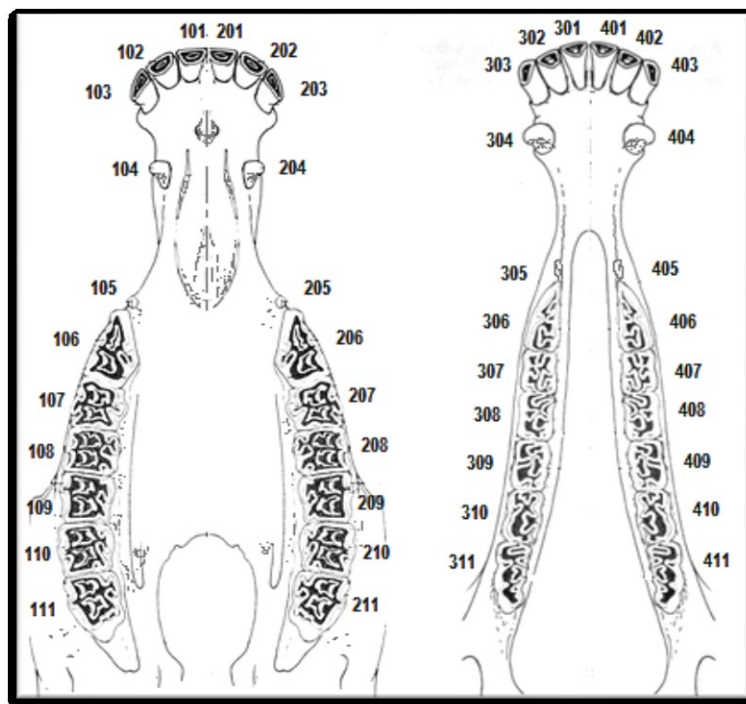


Figura 05. Ilustração das numerações dos dentes pelo sistema Triadan (arquivo pessoal).

Os incisivos (dentes 01, 02 e 03) possuem a função de prensão. Estão localizados na posição rostral da cavidade oral. Este grupo é composto por 12 dentes, 06 deles localizados na arcada mandibular e 06 localizados na arcada maxilar. Cada incisivo possui, em sua superfície mastigatória ou oclusal, uma cavidade, ou infundíbulo, circundado por esmalte revestido por cimento (DIXON e Du TOIT, 2013; PAGLIOSA et al., 2006; OMURA, 2003).

Os caninos (dentes 04) são vestigiais e nem sempre estão presentes. Quando os caninos ocorrem, apresentam um elemento em cada hemiarcada, portanto 4 caninos. São completamente envolvidos por esmalte na coroa clínica à semelhança dos braquiodontes, porém diferem destes por serem cobertos também por cimento em sua coroa clínica e sua erupção é prolongada (DIXON e DuTOIT, 2010). Frequentes nos machos, mas incomuns nas fêmeas, possuem raízes mais longas, têm como principal função esgarçar os alimentos e são utilizados também em conflitos para conquista de território (OMURA, 2003; DIXON e Du TOIT, 2013; PAGLIOSA et al., 2006; ALLEN, 2008).

Os pré-molares (dentes 05, 06, 07 e 08) num total de 16 dentes, sendo 04 em cada hemiarcada, e os molares (dentes 09, 10 e 11) num total de 12 dentes, 03 em cada hemiarcada, compõem uma sequência de dentes justapostos em fileira apropriados para a trituração dos alimentos, recebendo mais estresse durante a mastigação e com risco maior de alterações

dentárias. À semelhança dos incisivos, os pré-molares e molares maxilares apresentam infundíbulo, mas em número de dois, um mesial e outro distal (OMURA, 2003; DACRE et al., 2008; DIXON e Du TOIT, 2013; BORKENT et al., 2015).

O dente 05 é vestigial e o único dente braquiodonte nos equinos, sendo chamado *dente-de-lobo*, tem conformação pontiaguda e reduzida, não participando da oclusão mastigatória. Com erupção entre 6 e 12 meses de idade, sua importância está na possibilidade de comprometer a qualidade da equitação por dor ao contato com embocaduras. Há possibilidade da ocorrência de agenesia, assim como pode ser produzido e não erupcionar à gengiva, ou mesmo ser perdido, eventualmente em processo conjunto com a eliminação do dente 07 decíduo. Com dimensões, formatos e localizações variados, é mais frequente nas hemiarcadas superiores, adjacente à face mesial dos dentes 07, com coroa em torno de 1 a 2 cm e raiz de praticamente ausente até 3 cm, por vezes oblíquo ou curvado (DIXON e Du TOIT, 2010).

## **OS TECIDOS QUE COMPÕEM OS DENTES E PERIODONTO DE EQUINOS**

As substâncias estruturais dos dentes são: cimento, esmalte e dentina (figura 06), que apesar de possuírem os mesmos componentes, a proporção de matriz mineral (hidroxiapatita), orgânica (colágeno) e água é diferente para cada substância (DIXON e du TOIT, 2010; ENGLISCH et al., 2017).

O cimento, apesar de ser classificado como periodonto está intimamente ligado à estrutura dentária, compõe grande parte da periferia do dente e também está presente no infundíbulo, cavidade da superfície oclusal nos dentes incisivos (apenas um), pré-molares e molares maxilares (duas, sendo mesial e distal). O cimento é avascular, secretado constantemente pelos cementoblastos, formado por 55% de minerais e 45% de matéria orgânica em humanos e 66% e 33% nos equinos, respectivamente, e sua composição se assemelha ao osso. É um tecido vivo apenas na porção subgengival, onde os cementoblastos são nutridos pela vasculatura do ligamento periodontal. Desempenhando papel essencial à erupção prolongada, neste processo os cementoblastos perdem seu aporte vascular fazendo do cimento da coroa clínica um tecido inerte. O cimento participa do periodonto, conectando o dente ao osso alveolar através dos ligamentos periodontais compostos por tecido conjuntivo fibroso organizado em fibras multidirecionais, as fibras de Sharpei (MITCHELL et al., 2003; DIXON e Du TOIT, 2010; PAGLIOSA et al., 2006; SAHARA, 2014, STASZYK et al. 2015).

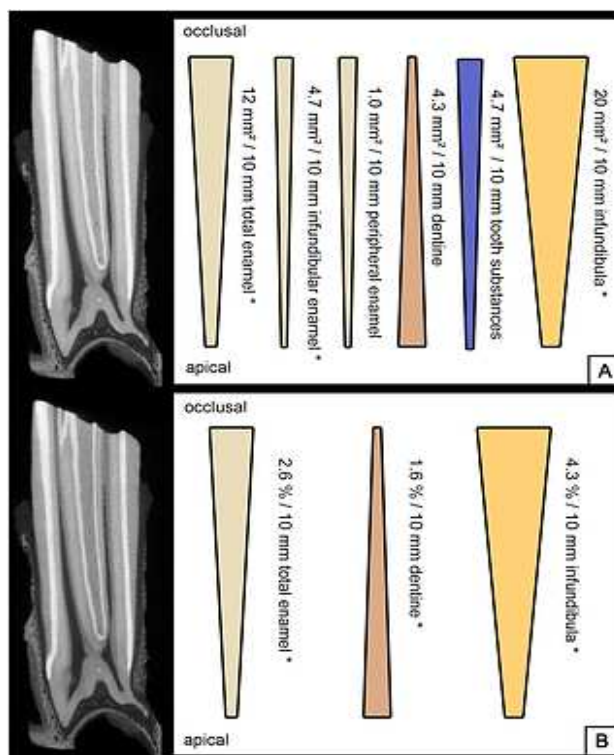


Figura 06. Corte longitudinal de tomografia computadorizada em molar maxilar, proporção entre esmalte, dentina e área do infundíbulo de acordo com a região do dente (adaptado de ENGLISCH, et al., 2017).

O esmalte é produzido pelos ameloblastos apenas nos dentes em desenvolvimento, antes da erupção dentária, e a partir de então é inerte e avascular. Tem como particularidades ser, duro, denso, brilhante, permeável, translúcido e branco, e é composto por 95% de minerais e 5% de matéria orgânica. É a substância mais resistente do dente e de todo o organismo e está disposto em feixes prismáticos que fluem da superfície oclusal em direção à raiz, podendo ser em arranjos paralelos (tipo 1) ou tridimensionais (tipo 2) (KILIC et al., 1997; DIXON e Du TOIT, 2013).

A dentina encontra-se ao redor do canal pulpar, protegendo a polpa, e constitui a maior parte do dente. É sintetizada continuamente pelos odontoblastos e é constituída aproximadamente de 65% de minerais e 35% de matéria orgânica. Sua matriz contém glicoproteínas e colágeno, além de cristais de hidroxiapatita (PAGLIOSA et al., 2006).

A polpa é um plexo de tecidos moles incluindo vasos sanguíneos, nervos e tecidos conjuntivos. Preenche o forame apical ou radicular, os canais pulpares, nos incisivos e caninos, e também a câmara pulpar e os cornos pulpares nos dentes PMs e Ms (figura 07). O tamanho e forma da cavidade de polpa mudam ao longo da vida do cavalo, sendo muito maior

no cavalo jovem e mínima no dente completamente maduro do cavalo geriátrico, com pouca coroa de reserva restante (DIXON e Du TOIT, 2013; PAGLIOSA et al., 2006, WINDLEY et al., 2009, STASZYK et al. 2015).

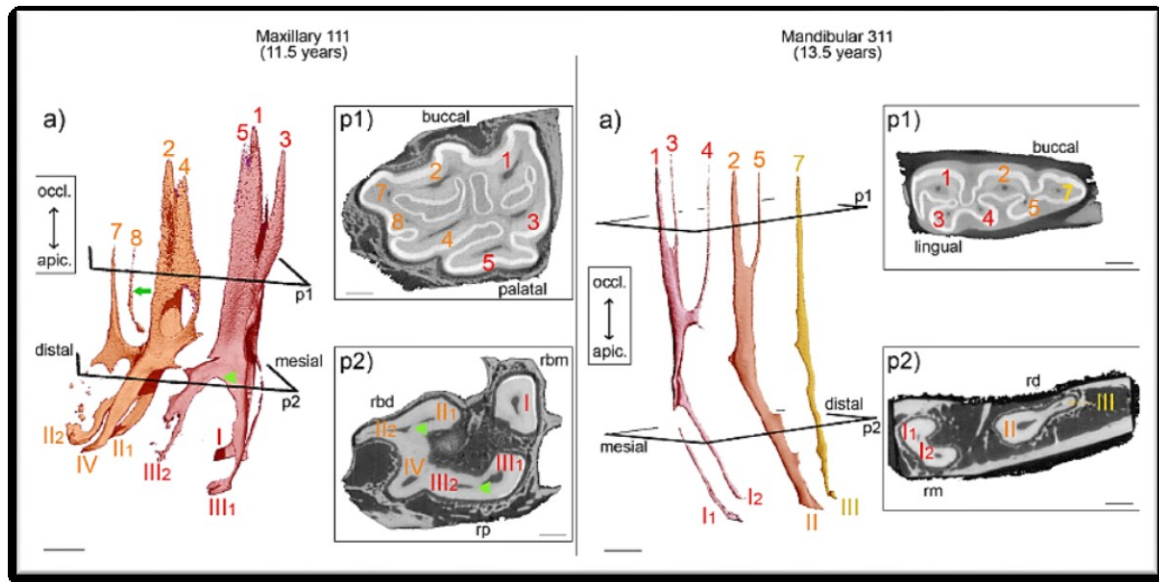


Figura 07. Exemplo da morfologia do tecido pulpar distribuído nos forames apicais (I, II, III e IV), câmaras pulpares e ramificações nos cornos pulpares (1 a 8) em dentes 111 de equino com 11,5 anos e 311 de equino com 13,5 anos (Adaptado de WINDELEY et al., 2009).

O periodonto tem por função fixar, com alguma flexibilidade, os dentes aos ossos e é classificado como periodonto de proteção, composto por gengiva, e como periodonto de sustentação, formado pelo conjunto de osso alveolar, ligamento periodontal e cemento (figura 08). A gengiva é um tecido conjuntivo bastante vascularizado, coberto por uma membrana mucosa que recobre os dentes em formação e os contorna após a erupção. No osso alveolar encontra-se a lâmina dura, que é uma fina porção de osso compacto sobre o osso basal esponjoso e serve de superfície para fixação do ligamento periodontal. O ligamento periodontal é formado por fibroblastos e feixes organizados de fibras de colágeno, denominadas fibras de Sharpey, proporcionam vascularização sanguínea à superfície do cemento dentário e o fixam à lâmina dura. A atividade dos cementoblastos na produção de cemento na coroa de reserva associada à remodelação do ligamento periodontal são os princípios fundamentais que possibilitam a erupção prolongada dos dentes (MITCHEL et al., 2003; STASZYK et al., 2015; HORBAL et al., 2016, STEINFORT et al., 2019).

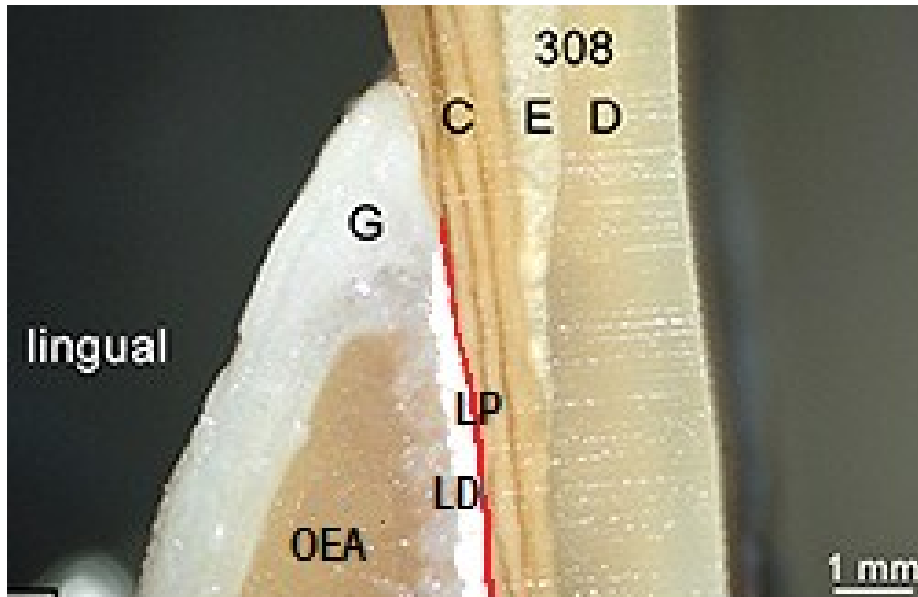


Figura 08. Detalhe da região periodontal. Legenda: G (gengiva), OEA (osso esponjoso alveolar), LD (lâmina dura), LP (ligamento periodontal), C (cimento), E (esmalte e D (dentina) (Modificado de STEINFORT, et al., 2019).

## A DINÂMICA MASTIGATÓRIA

O sistema mastigatório, ou sistema estomatognata, é o conjunto de diversas estruturas em relação intrínseca complexa em diferentes combinações coordenadas para a realização da preensão e trituração dos alimentos, composto por articulações, aparato dentoalveolar e complexo neuromuscular. Além das estruturas dentárias e da língua, destacam-se as duas articulações temporomandibulares (ATM), os músculos orbicular da boca, incisivo mandibular, elevador nasolabial, elevador do lábio superior, zigomático, masseter, pterigóide medial e lateral, temporal, bucinador e os músculos suprahióides (digástrico, milohióide e glenohióide). A inervação é representada principalmente pelo nervo trigêmeo, com ramificação mandibular, nervo alveolar inferior e ramo maxilar do nervo interorbital (KURYSZKO e LYCSEWSKA-MAZURKIEWICZ, 2004; DIXON E DU TOIT, 2013).

As ATMs são constituídas por dois compartimentos sinoviais, uma articulação discotemporal maior (DTJ) e uma articulação discomandibular menor (DMJ, também conhecida como compartimento ventral da ATM), separada por um disco intra-articular bicôncavo espesso (CARMALT e TUKER, 2020). A estrutura da articulação temporomandibular do equino permite, além da movimentação dorsoventral, também a excursão lateral e rostrocaudal da mandíbula durante a mastigação. Principalmente a

movimentação lateral permite maior pressão dos pré-molares e molares sobre a forragem. Essa pressão é possível porque os músculos masseter e pterigóideo medial são mais desenvolvidos que o temporal. A movimentação rostrocaudal da mandíbula é discreta e ocorre devido à contração principalmente do músculo zigomático quando a boca se fecha (KURYSZKO e LYCSEWSKA-MAZURKIEWICZ, 2004).

Em condições naturais de comportamento, um equino mastiga por um tempo que equivale até 75% do dia, ou 18 horas, o que permite inferir que a mastigação é um ato necessário e prevalente na vida do cavalo. Os dentes incisivos são especialmente desenvolvidos para a apreensão, enquanto os pré-molares e molares são apropriados para a trituração, recebendo maior impacto e pressão durante a mastigação, conseqüentemente com risco maior de alterações dentárias. Na mastigação do alimento fibroso, os dentes incisivos são responsáveis pela apreensão e arrancamento, ou ruptura, enquanto os dentes pré-molares e molares exercem a compressão, a trituração e ruptura das fibras promovendo a ruptura da parede celular e exposição do conteúdo das células vegetais de parte do alimento, iniciando a digestão mecânica (PAGLIOSA, 2006; DIXON E DU TOIT, 2013).

O ciclo mastigatório é um processo unilateral, devido à anisognatia, desde o início da mastigação de um determinado bolo alimentar até que seja deglutido. Consiste em três fases distintas, sendo a fase de *abertura* caracterizada pelo movimento ventral da mandíbula, a fase de *fechamento* com a movimentação da mandíbula no sentido dorsal até contato oclusal entre os dentes e a fase de *atrito* com o deslizamento dos dentes em contato na superfície oclusal pela excursão lateral da mandíbula no sentido lingual pelo referido lado em que está acontecendo a mastigação (BAKER e EASLEY, 2005).

O material alimentar percorre uma trajetória espiralada ao longo da superfície oclusal de uma hemiarcada no sentido da orofaringe, encaminhado pelos movimentos mastigatórios e o relevo da superfície oclusal com cristas transversais, combinados aos movimentos da língua, da região vestibular e auxiliado também pelas pregas palatinas transversais (DIXON E DU TOIT, 2013).

Os movimentos mastigatórios variam em frequência de acordo com o comprimento das fibras, sendo que para feno de fibras longas o número de movimentos mastigatórios por minuto (mmm) varia de 73-92, então 1 kg de feno longo requer cerca de 3.000-3.500 mmm, enquanto 1 kg de feno requer 800-1.200 mmm. A velocidade de ingestão dos equinos depende

da natureza do alimento, podendo levar cerca de 10 minutos para ingerir 1 kg de aveia ou alimento peletizado, e até 40-50 minutos para ingerir 1 kg de feno (MEYER, 1995).

Conforme Pagliosa et al. (2006), o tipo de alimento influencia na biomecânica mastigatória, sendo que os tempos de ingestão encontrados foram de  $18 \pm 6$  minutos por quilo para o volumoso picado e de  $20 \pm 5$  minutos por quilo para o concentrado e a frequência de mastigações foi de  $95 \pm 10$  movimentos por minuto para o tanto para o volumoso picado quanto para o alimento concentrado, além disto, o desgaste corretivo das pontas excessivas de esmalte dentário aumentou a digestibilidade dos nutrientes de dietas de equinos.

A força média mensurada por Staszuk et al. (2006) foi de 248 N (Newton) durante o fechamento e de 875 N na fase de atrito e Bonin et al. (2006) identificaram que forragens necessitam maior trituração, com maior amplitude de movimentos mandibulares (figura 09) durante ingestão de feno, comparado a pellets de concentrado, promovendo contato completo das superfícies oclusais de PM e M.

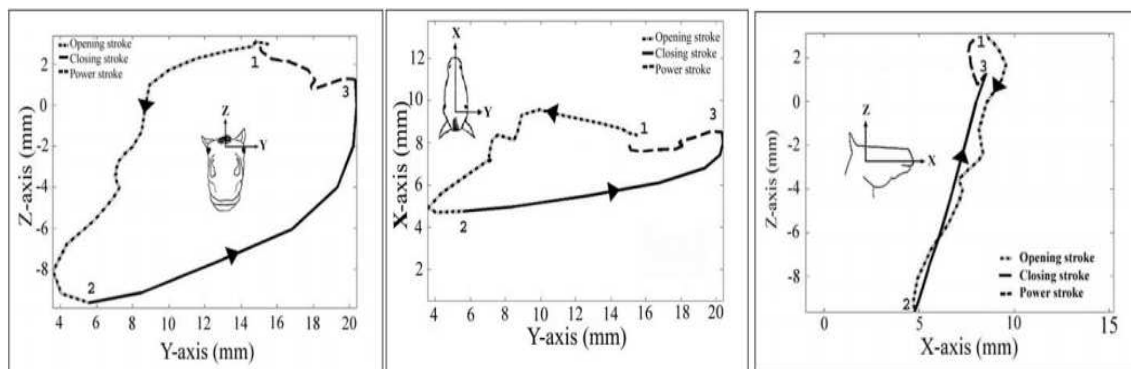


Figura 09. Vetores e amplitude dos movimentos mastigatórios (adaptado de BONIN et al., 2006)

## MECANISMOS DE COMPENSAÇÃO DO DESGASTE DENTÁRIO

O hábito de pastejo contínuo, rasteiro e seletivo é característico da espécie equina. A evolução e seleção da espécie lhe proporcionou grande capacidade de trituração do alimento fibroso, com a erupção prolongada de dentes longos compensando o desgaste intenso (BAKER e EASLEY, 2005).

A evolução do cavalo exigiu sua adaptação a uma dieta herbívora com alimentação grosseira, fibrosa, com certa quantidade de sílica e outros elementos do solo que promovem um alto grau de atrito e desgaste de seus dentes durante longos períodos diários de

mastigação, por toda sua vida. De forma compensatória, seus dentes tornaram-se resistentes e alongaram-se possibilitando a erupção contínua ao longo de anos. No entanto, os dentes dos equinos não possuem a capacidade de formação de coroas ao longo de toda a vida como nos hipselodontes, por exemplo, os incisivos de roedores, presas de elefante e dentes caninos de javalis, mas continuam a ter produção de esmalte e cimento por cerca de 5 a 10 anos após a erupção, formando verdadeiramente as raízes dos PM e M (STASZYK et al. 2015).

A erupção prolongada acontece graças à atividade constante de cementoblastos na produção de cimento no sentido oclusal associada à proliferação e remodelamento do ligamento periodontal exercendo tração do dente, a partir da região apical também em sentido oclusal. Este fenômeno só é efetivo na compensação do desgaste dentário se associado a uma longa coroa de reserva, que pode ter inicialmente cerca de 9 cm de comprimento. As forças exercidas sobre os dentes durante a mastigação são transmitidas para o tecido periodontal e há reação dos ossos, cementoblastos, fibras de Sharpei e vasos sanguíneos do ligamento periodontal aumentando sua atividade, portanto a taxa de erupção é maior, quanto maior a pressão exercida (KLUGH, 2010).

A quantidade de desgaste oclusal e erupção compensatória dos dentes 06 a 11 de equinos foi estimada em cerca de 2-4 mm / ano, com taxas máximas de até 9 mm em cavalos jovens. A taxa elevada e prolongada de erupção dentária requer uma regulação bem equilibrada para manter a superfície oclusal de cada dente da arcada dentária alinhado com os adjacentes (STASZYK et al., 2015)

A arquitetura dos PMs e Ms e a orientação tridimensional dos tecidos dentários são importantes na resistência dos dentes. Estes dentes mandibulares apresentam-se mais estreitos que os maxilares, em compensação possuem um perímetro de esmalte maior, que confere dureza, com dobras e invaginações mais extensas. Já os maxilares, são mais largos, mas apresentam os dois infundíbulos, o que poderia fragilizá-los, porém, uma vez que os infundíbulos são contornados por esmalte, há aumento na dureza (KILIC et al., 1997; DIXON e Du TOIT, 2010).

Outro mecanismo que favorece a resistência dos dentes é o fato dos tecidos dentários, cimento, esmalte e dentina, serem compostos por tecidos com os mesmos elementos, porém em proporções diferentes. Os mesmos elementos, hidroxiapatita, colágeno e água, auxiliam na coesão dos tecidos, já a diferença na proporção destes elementos confere graus diferentes de dureza e maciez, levando a uma absorção de impactos e desgaste em graus variados, sofrendo a dentina mais desgaste do que o esmalte, assim há irregularidade na superfície oclusal e maior abrasividade (STASZYK et al., 2015).

## **ALTERAÇÕES ORTODÔNTICAS E DO DESGASTE DOS INCISIVOS**

A dieta monótona com forrageiras macias, o alimento fragmentado ou o concentrado processado exigem menos desgaste dos incisivos. Em comparação com as desordens dos PM e M, as desordens dos dentes incisivos nos equinos são menos frequentes. No entanto, como a visualização dos incisivos é fácil, mesmo sem o auxílio de equipamentos, qualquer alteração é facilmente detectada (DIXON e DACRE, 2005).

A incapacidade do animal de captar corretamente a folhagem durante o pastejo pode ocorrer se os incisivos estiverem mal alinhados, com má-oclusão, ou oclusão irregular. Deve-se observar se os animais deixam cair alimento da boca, saliva excessivamente ou movimentam a cabeça enquanto mastiga. A exposição da língua, inclusive durante o exercício pode ocorrer, assim como ferimentos na língua e mucosa labial são frequentes nas ADDs dos incisivos (BAKER e EASLEY, 2005).

A alteração descrita como mordida diagonal consiste em evidente assimetria entre as hemiarcadas e oclusão em diagonal, classificadas como DGL/3 no caso de maior erupção no dente 303, e conseqüente desgaste maior no quadrante 4, no dente 403 e o inverso nos casos de DGL/4 (figura 10). A mordida diagonal está muitas vezes relacionada a afecções dos PMs e Ms ou nas ATMs levando os animais a mastigarem sempre do mesmo lado. Outras duas ADDs de incisivos são as curvaturas ventral ou dorsal, em que a oclusão segue uma trajetória curva para baixo ou para cima, respectivamente, e pode limitar os movimentos laterais da mandíbula. Deve-se observar a ocorrência de dentes incisivos supranumerários (JOHNSON e PORTER, 2006; EARLEY e RAWLINSON, 2013).

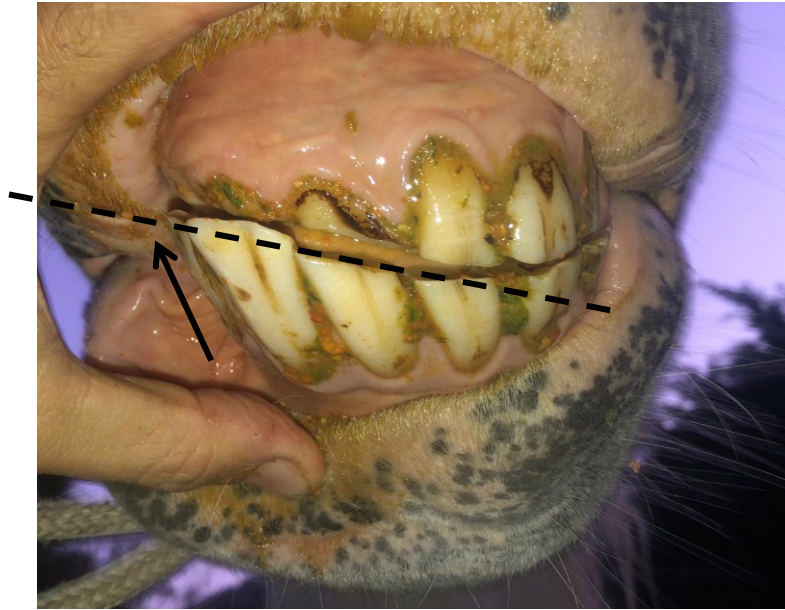


Figura 10. Ocorrência de DGL/ 4 provocando mordida diagonal (linha pontilhada) (arquivo pessoal).

Vieira (2006) destaca que, com o avançar da idade, os incisivos projetam-se rostralmente. Além disto, é importante observar também, que o desgaste excessivo pode acontecer em situações de estereotipia com apoio e aerofagia.

Os termos prognatismo e bragnatismo exigem uma confirmação morfométrica craniofacial, e estudos neste sentido, como Evans e McGrevy (2006), revelam variação significativa entre diferentes raças. Indicam-se os termos sobressaliência, ou transpasse horizontal, e sobremordida, ou transpasse vertical, seguidos da referência maxilar ou mandibular, sendo que no primeiro caso há contato oclusal e desgaste parcial entre os incisivos, permanecendo a região mais rostral sem contato e com formação da saliência, e no segundo caso não há contato entre os incisivos e seu crescimento sobrepõe a superfície labial da arcada antagonista (figura 11). As duas situações podem ser causa e consequência da restrição de movimento rostrocaudal da mandíbula (DEBOWES e GAUGHAN, 1998; OMURA, 2003).



Figura 11. A) Transpasse vertical, ou sobremordida, superior e B) Transpasse vertical inferior (arquivo pessoal).

*Wry nose*, ou *Campylorrhinus lateralis*, é uma deformidade congênita mencionada como “focinho torto”, caracterizada por desvio lateral da região rostral do crânio (figura 12). As estruturas ósseas envolvidas podem incluir o corpo do osso incisivo, o processo nasal do osso incisivo, o osso nasal, o palato, a maxila e a mandíbula. O grau de desvio pode variar e em casos mais graves compromete a habilidade dos potros de mamar, ingerir água, iniciar o hábito de pastejo, além de oferecer obstrução às vias aéreas superiores, comprometendo sua sobrevivência, caso não receba tratamento cirúrgico (ROBERTSON, 2010; LANG et al., 2018).

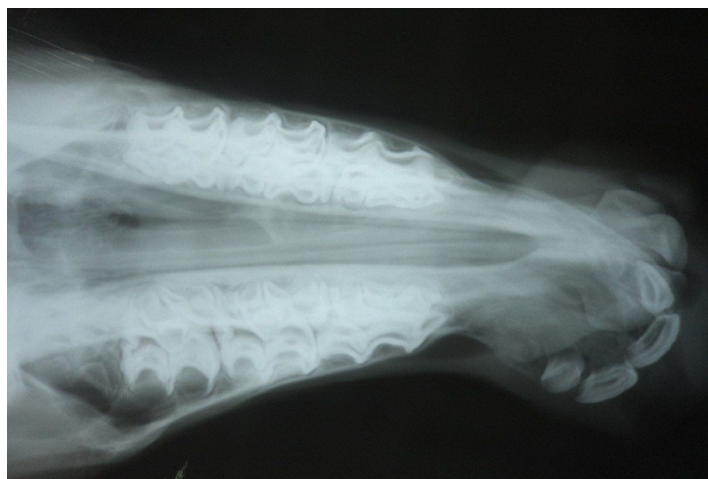


Figura 12. Exame radiográfico de potro portador de *Wry nose* (arquivo pessoal).

## **ALTERAÇÕES DO DESGASTE DOS DENTES CANINOS**

Por não participarem da oclusão mastigatória, os dentes 04 não apresentam ADDs. Uma vez que os caninos podem apresentar bordas cortantes e coroa pontiaguda, uma odontoplastia para arredondamento da coroa costuma ser realizada. Recomenda-se cuidado para não provocar redução intensa e exposição da polpa dentária, o que acarretará em dor e pulpíte periapical indicando a endodontia ou, mais comumente a exodontia (BAKER e EASLEY, 2002).

## **ALTERAÇÕES DO DESGASTE DOS DENTES PRÉ-MOLARES E MOLARES**

O sistema de criação atual dos cavalos substitui frequentemente os alimentos grosseiros e fibrosos por materiais tenros, macios, solúveis e a forma de alimentação, com longos períodos sem mastigação, resultando em um desequilíbrio entre elodontia e o desgaste promovido por uma dinâmica mastigatória irregular e o problema tende a se agravar continuamente. Os cavalos evoluíram sendo presas e desenvolveram estratégias para suportar a dor e evitar sua percepção pelos predadores, motivando a elaboração de sistemas que auxiliem no reconhecimento e graduação da dor (BORJA, 2008; GLEERUP e LINDEGAARD, 2016). Quando estes animais sofrem por dor na cavidade oral, são capazes de alterar a dinâmica mastigatória, não evidenciando claramente a gravidade do problema, mas sofrendo alterações no desgaste e oclusão dentária. Por esta razão, para um desempenho ótimo e bem-estar em toda sua longevidade, os exames e tratamentos dentários não devem depender do reconhecimento de sinais clínicos (PEARCE, 2020). Os defeitos ortodônticos também comprometem a oclusão e mastigação. Um conjunto de termos descritivos da arquitetura das coroas dentárias ilustram as afecções decorrentes das alterações do desgaste dentário (BAKER e EASLEY, 2005; BONIN et al. 2006). Estas alterações são classificadas como pontas excessivas de esmalte dentário (PEED), ondas, degraus, ganchos, rampas e cristas transversais excessivas (DIXON et al. 2000; CASEY, 2013).

As PEED são cúspides salientes e pontiagudas nos vértices da superfície oclusal com a face vestibular dos pré-molares e molares maxilares e nos vértices da superfície oclusal com a face lingual dos pré-molares e molares mandibulares (figura 13). Estes crescimentos ocorrem devido à anisognatia, com a mandíbula mais estreita que a maxila, mas se tornam mais

evidentes pelo menor desgaste dos dentes durante a mastigação com deslocamento lateral reduzido. Podem provocar ferimentos na mucosa vestibular ou lingual (DIXON et al., 2020).



Figura 13. Ocorrência de PEED nos PMs e Ms do 1º quadrante (arquivo pessoal).

As ondas são manifestadas por depressões e elevações que são formadas de forma correspondente nas arcadas opostas ao longo da superfície oclusal dos pré-molares e molares. A doença periodontal, o atraso na erupção dentária e retenção de dentes decíduos são possíveis colaboradores para a ocorrência de ondas (BAKER e EASLEY, 2005).

Os degraus referem-se a dentes que se apresentam excepcionalmente elevados devido à falta de desgaste. Retenção de capas ou ausência de dentes antagonistas por perdas dentárias (acidentais ou terapêuticas) são fatores para a formação de degraus, que podem causar ferimentos nas gengivas e limitar os movimentos mastigatórios (figura 14) (DIXON E DU TOIT, 2013).

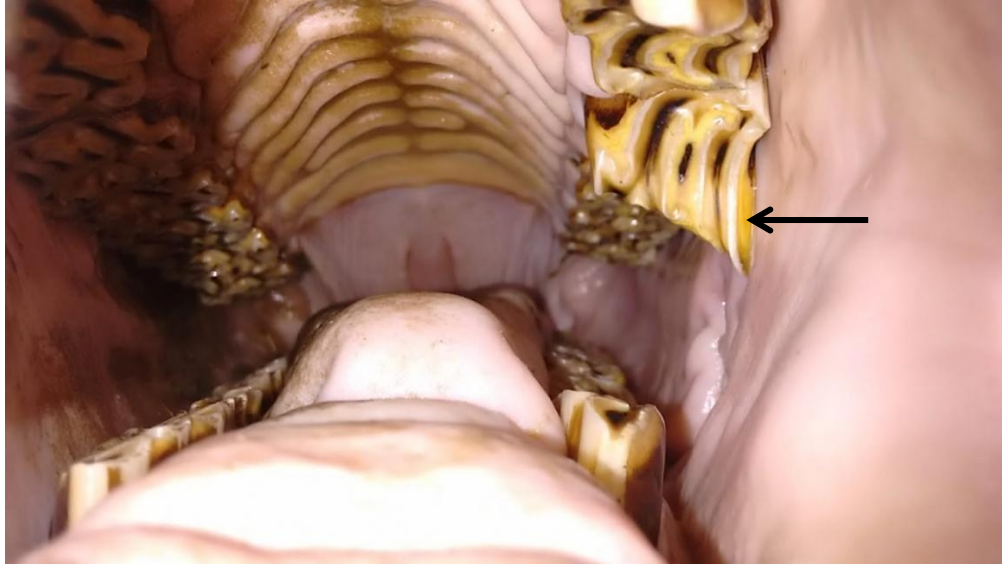


Figura 14. Ocorrência de Degrau com borda afiada em 207 (seta), associado a diastema antagonista.

Os ganchos são crescimentos excessivos nas regiões rostrais ou caudais das fileiras de pré-molares e molares. Os ganchos rostrais são ocasionados pela falta de desgaste completo dos dentes 106 e 206 (figura 15), e os ganchos caudais se formam nos 311 e 411. Acredita-se que um fator predisponente para a formação de ganchos seja a mudança na altura em que os animais se alimentam. A alimentação nos cochos reduz o deslocamento rostral da mandíbula, reduzindo o desgaste naquelas regiões específicas. Podem causar graves ferimentos na língua e na gengiva. As rampas são formações semelhantes aos ganchos, porém com ângulo menos agudo e envolvendo maior área da superfície oclusal ou mais dentes, com maior frequência nos pré-molares mandibulares (DIXON, 2020).

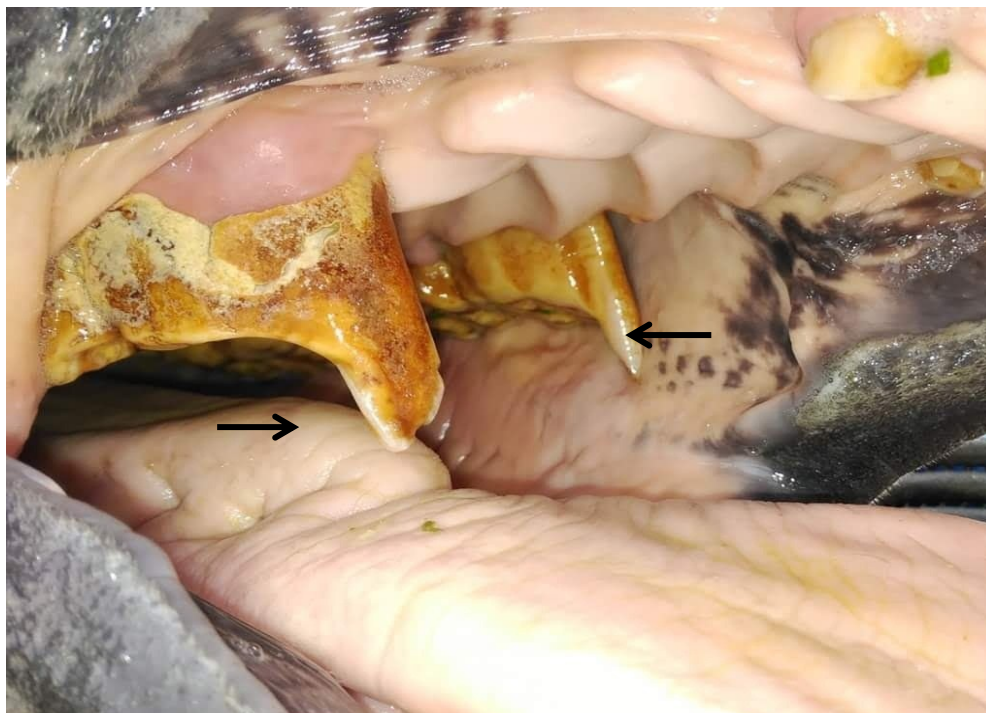


Figura 15. Presença de ganchos rostrais (setas) em 106 e 206 (arquivo pessoal).

O tratamento destas ADDs é baseado no desgaste terapêutico, chamado odontoplastia, promovendo eliminação dos excessos, restaurando o ângulo fisiológico e simetria das arcadas dentárias. Esta técnica é denominada de ajuste oclusal. Apesar de aparentemente simples, este tratamento deve ser feito por profissional com conhecimento e experiência, pois demanda técnicas de contenção e utilização de motores de alta rotação e brocas específicas. A odontoplastia e ajuste oclusal ainda seguem padrões qualitativos empíricos, sem exame objetivo para mensurações e planejamento. O desgaste, quando realizado incorretamente, agrava o problema ou causa outras alterações como o contato em ângulo incorreto para a mastigação, prejuízo da trituração das fibras, dor, artrite, artrose nas ATMs, pulpite asséptica por superaquecimento ou pulpite séptica secundária por desgaste excessivo da dentina na superfície oclusal (PEARCE, 2020).

### **COMPLICAÇÕES DAS ADDs**

As ADDs podem ocasionar pontos de contato precoce durante a mastigação, distribuição irregular de forças, desta forma, predispor a doença periodontal, fraturas, perdas dentárias e artrite das ATMs, condições extremamente dolorosas. Frequentemente ocorrem lacerações na língua, mucosa vestibular e labial e o atrito constante impede a progressão do

processo cicatricial. Estas ulcerações provocam dor e relutância durante o exercício. O desconforto causado faz com que haja inquietação do animal, movimentação anormal da cabeça e da boca, “*head shaking*”, exposição da língua e sialorreia, conseqüentemente, os cavalos de esporte acometidos apresentam diminuição do desempenho (CARMALT, 2007; COOK, 1999; TELL et al., 2008, LIZZIE, 2018).

Os transtornos dentários podem prejudicar o bem-estar e levar à menor eficiência digestiva, causando redução no desempenho esportivo e emagrecimento. A limitação na trituração do alimento fibroso prejudica a digestão e os processos fermentativos da digestão microbiana no cólon maior e ceco, diminuindo o aproveitamento dos alimentos (CARMALT, 2004; PAGLIOSA et al., 2006). As afecções dentárias são fator de grande relevância no desenvolvimento de alterações causadoras de síndrome cólica. Dentre estas, pode-se ressaltar a compactação do cólon maior, justificando que o exame odontológico periódico é fundamental na prevenção de síndrome cólica. (COHEN, 2003; THOMASSIAN, 2005).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conforme a revisão apresentada é possível identificar que os equinos apresentam em sua cavidade oral uma série de características estruturais, fisiológicas e patológicas, que necessitam estudo profundo, baseado em ciência. Procedimentos de odontoplastia e ajuste oclusal são vitais nos cuidados dentários dos cavalos e estão sendo realizados de forma crescente, mas ainda são acompanhados de muitos mitos e avaliações empíricas sem embasamento científico. Na busca por avaliações qualitativas confiáveis e quantitativas precisas, a utilização de IOS 3D poderá permitir a digitalização dos processos com padrões de eficiência empregados em pesquisa, ensino-aprendizagem e prestação de serviços na odontologia equina como um caminho para a transformação digital.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, T. Examination. In: T. Allen (Org.); **Manual of Equine Dentistry**. 1<sup>a</sup> ed., p.67–88, 2008.
- BAKER, G.J.; EASLEY, J. (Eds). **Equine dentistry**. Philadelphia: Elsevier, 2005, 353p.
- BONIN, S. J.; CLAYTON, H. M.; LANOVAZ, J. L.; JOHNSON, T. J. Kinematics of the equine temporomandibular joint. **American Journal Veterinary Research**, v.67, p. 423-428, 2006.
- BORJA, M. C. **Avaliação da dor no pós-operatório de artroscopia em equinos**. Dissertação. (Mestrado em Medicina Veterinária). Faculdade de Medicina Veterinária e zootecnia da universidade de São Paulo. São Paulo. 2008.
- BORKENT, D. DIXON P. M. Equine peripheral and infundibular dental caries: A review and proposals for their investigation. **Equine vet. Educ.** v. 29, p. 621-628, 2017. doi: 10.1111/eve.12497.
- BORKENT, D. REARDON, R. DIXON P. M. Epidemiological survey on equine cheek tooth infundibular caries in the United Kingdom. **Veterinary Record** v.181, n.9, p.235, 2015. doi: 10.1136/vr.104319.
- BOSIO, J.A., DEL SANTO, M., JACOB, H.B. Odontologia digital contemporânea – scanners intraorais digitais. **Orthod. Sci. Pract.**; v.10, n.39, p.355-362, 2017
- CARMALT, J. L. et al. Effect of dental floating on weight gain, body condition score, feed digestibility, and fecal particle size in pregnant mares. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 225, n. 12, p. 1889–1893, 2004
- CARMALT, J. L. Evidence-Based Equine Dentistry: Preventive Medicine **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**. v. 23, n.2, p.519-524, 2007.

CARMALT, J. L. TUCKER, M. L. Arthroscopic approach and intra-articular anatomy of the equine discomandibular joint compartment of the temporomandibular joint. **Veterinary Surgery**. v. 49, n.7, p.1326-1333, 2020. (doi: 10.1111/vsu.13487)

CASEY, M. A new understanding of oral and dental pathology of the equine cheek teeth. **Vet Clin Equine** v. 29, p. 301–324, 2013.

COHEN, N. D. The John Hickman Memorial Lecture: Colic by numbers **Equine Veterinary Journal** v.35, n.4, p.343-349, 2003.

COLLINS, M. D., LUNDSTRÖM, T., WELINDER-OLSSON, C., HANSSON, I., WATTLE, O., HUDSON, R. A. E FALSEN, E. *Streptococcus devriesei* sp. nov., from Equine Teeth **System. Appl. Microbiol.** v.27, p.146–150, 2004.

COOK, W. R. Damage by the bit to the equine interdental space and second lower premolar **Equine Veterinary Education** v.23, n.7, p.355-360, 2011.

DACRE, I. KEMPSON, S. DIXON, P.M. pathological studies of cheek teeth apical infections in the horse: 4. aetiopathological findings in 41 apically infected mandibular cheek teeth. **The Veterinary Journal**. v.178, p. 341–351, 2008.

DEBOWES R. M., GAUGHAN E. M. Congenital dental disease of horses. **Vet Clin North Am Equine Pract.** v.14, n.2. p.273-89, 1998.

DIXON, P.M., TREMAINE, W.H., PICKLES, K., KUHNS, L., HAWE, C., MCCANN, J., MCGORUM, B.C., RAILTON, D.I., BRAMMER, S. Equine dental disease. Part 3: long-term study of 400 cases: disorders of wear, traumatic damage and Idiopathic fractures, tumours and miscellaneous disorders of the cheek teeth. **Equine Veterinary Journal** v.32, p.9–18, 2000.

DIXON, P.M., DACRE, I. A review of equine dental disorders **Vet J.** v.169, n.2, p.165-87, 2005.

DIXON, P. M.; TOIT, N. DU. Dental Anatomy. In: J. Easley, Jack, Dixon, P., Schumacher (Org.); **Equine Dentistry**. 3o ed., p.51–76, 2010

DIXON, P.M., DU TOIT, N. A Fresh Look at the Anatomy and Physiology of Equine Mastication **Vet Clin Equine** v.29, p.257–272, 2013.

DIXON, P. M. Equine developmental dental disorders **Equine Veterinary Education** v.169, n.2, p.165-87. 2020, doi: 10.1111/eve.13293

EARLEY E., RAWLINSON J.T. A new understanding of oral and dental disorders of the equine incisor and canine teeth. **Vet Clin North Am Equine Pract.** v.29, n.2, p.273-300, 2013.

ELENKO, E., UNDERWOOD, L., ZOHAR, D. Defining digital medicine. **Nature Biotechnology**. v.33, n.5, p. 456-461, 2015.

ELNAGAR, M.H., ARONOVICH, S., KUSNOTO, B. Digital Workflow for Combined Orthodontics and Orthognathic Surgery. **Oral Maxillofac Surg Clin North Am.** v. 32, n. 1, p.1-14, 2020.

ENDER, A., MEHL, A. Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. **J Prosthet Dent.** v. 109, n. 2, p. 121-8. 2013.

ENGLISCH LM, KOSTRZEWA K, KOPKE S, FAILING K, STASZYK C Uneven distribution of enamel, dentine and cementum in cheek teeth of domestic horses (*Equus caballus*): A micro computed tomography study. **PLoS ONE** 12(8): e0183220. 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183220>

EVANS, K. E. McGREEVY, P. D. Conformation of the equine skull: a morphometric study. **Anat Histol Embryol.** v. 35, n. 4, p. 221-7, 2006. doi: 10.1111/j.1439-0264.2005.00663.x.

FLÜGGE, T. V., SCHLAGER, S., NELSON, K., NAHLES, S., E METZGERE, MARC C. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner **Am J Orthod Dentofacial Orthop** v.144, n.3, p.471-478, 2013.

GALLOWAY, S. S. How to Document a Dental Examination and Procedure Using a Dental Chart. Annual Convention of American Association of Equine Practitioners. **Anais...** . p.430–440, 2010.

GAN, N., XIONG, Y., JIAO, T. Accuracy of Intraoral Digital Impressions for Whole Upper Jaws, Including Full Dentitions and Palatal Soft Tissues. **PLoS ONE** v.11, n. 7, 2016.

GIMENEZ T., BRAGA M.M., RAGGIO D.P., DEERY C., RICKETTS D.N., et al. Fluorescence-Based Methods for Detecting Caries Lesions: Systematic Review, Meta-Analysis and Sources of Heterogeneity. **PLoS ONE** v.8, n.4, 2013. doi:10.1371/journal.pone.0060421

GLEERUP K. B. LINDEGAARD C. Recognition and quantification of pain in horses: A tutorial review **British Equine Veterinary Association** v.28, n.1 p.47-57, 2016

HORBAL, A., REARDON, R.J.M., LIUTI, T., DIXON, P.M. Evaluation of ex vivo restoration of carious equine maxillary cheek teeth infundibulae following debridement with dental drills and Hedstrom files. **The Veterinary Journal**. v. 230, p. 30-35, 2017. doi: 10.1016/j.tvjl.2017.11.001.

JOHNSON, T. J. E PORTER C. M. Common Disorders of Incisor Teeth and Treatment **Proceedings...** American Association of Equine Practitioners - AAEP - Focus Meeting, Indianapolis, IN, USA, 2006.

KILIC, S.; DIXON, P. M.; KEMPSON, S. A. A light microscopic and ultrastructural examination of calcified dental tissues of horses: 2. Ultrastructural enamel findings. **Equine veterinary journal**, v. 29, n. 3, p. 198–205, 1997.

KIM, J. E., AMELYA, A., SHIN, Y., SHIM, J. S. Accuracy of intraoral digital impressions using an artificial landmark. **J Prosthet Dent**. v.117, n. 6, p.755-761, 2016.

KLUGH, D. O. Eruption and Shedding of Teeth. In: D. O. Klugh (Org.); **Principles of Equine Dentistry**. p.79–88, 2010.

KONTTILA, J., SIIRA, H., KYNGÄS, H. ET AL. Healthcare professionals' competence in digitalization: A systematic review. **J Clin Nurs** Mar;28(5-6), p.745-761, 2019.

KRAVITZ, N. D., GROTH, C., JONES, P. E., GRAHAM, J. W., REDMOND, W. R. Intraoral Digital Scanners **Journal of clinical orthodontics (JCO)** v.48, n. 6, p.337-347, 2014.

KURYSZKO, J. R., ŁYCZEWSKA-MAZURKIEWICZ, S. Equine masticatory organ. P. 1 **Acta of Bioengineering and Biomechanics** v. 4, n.2, p.61-72, 2004.

LANG A, LAUAR FILHO A S, MOURELLI Y, CALOVI L Wry nose in a mangalarga marchador foal. **CORE (Congresso de Ortopedia e Reabilitação de Equinos)** Viçosa/ MG, Brasil. Novembro 2018 DOI:10.1111/j.2042

LATHAM, J., LUDLOW, MARK., MENNITO, A., KELLY, A., EVANS, Z., RENNE, W., Effect of scan pattern on complete-arch scans with 4 digital scanners **The Journal of Prosthetic Dentistry**. v. 123, n. 1, p. 85-95, 2020.

LIZZIE, D. **Avaliação das cristas oclusais de pré-molar antes e depois de tratamento dental em equinos da raça mangalarga marchador** Dissertação (mestrado em medicina animal) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 261. 2018.

MENNITO, A.S., EVANS Z.P., LUDLOW, M., RENNE, W.G. Evaluation of the effect scan pattern has on the trueness and precision of six intraoral digital impression systems. **J Esthet Restor Dent**. v. 30, n.2, p.113-118, 2018. doi.org/10.1111/jerd.12371

MESTRINHO, L. A., GORDO, I., GAWOR, J., LEAL, N. AND NIZA, M. Retrospective Study of 18 Titanium Alloy Crowns Produced by Computer-Aided Design and Manufacturing in Dogs. **Front. Vet. Sci**. v.6 n.97, p.1-7, 2019.

MEYER, H. Bases anatômicas e fisiológicas. In: **Alimentação de cavalos** São Paulo: Varela, p.33-62, 1995.

MITCHELL, S.R. KEMPSON,S.A. DIXON, P.M. Structure of Peripheral Cementum of Normal Equine CheekTeeth **Journal of Veterinary Dentistry** v.20, n.4 p.199-208, 2003.

MOREIRA, L. M.Y. A., AMARANTE B. C., MAROTTA, B. M., IIDA, C. H., NISHIMURA, D. A. SCHUMISKI, S., COSTA C. Laser fluorescence as an alternative for digital radiography in detecting caries lesions **Clin Lab Res Den** 2020, 1-10. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2357-8041.clrd.2020.169239>

NILSSON, J., RICHARDS, R.G., THOR, A., KAMER, L., Virtual bite registration using intraoral digital scanning, CT and CBCT: *In vitro* evaluation of a new method and its implication for orthognathic surgery, **Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery** v.44, n.9, p.1194-200, 2016. doi: 10.1016/j.jcms.2016.06.013.

OMURA M. C. **Mensuração da sobressaliência incisal e dos diastemas em potros (*Equus caballus*)** Dissertação. (Mestrado em Medicina Veterinária). Faculdade de Medicina Veterinária e zootecnia da universidade de São Paulo. São Paulo. 2003.

PAGLIOSA, G.M. ALVES, G. E. S., FALEIROS, R. R et al . Influência das pontas excessivas de esmalte dentário na digestibilidade e nutrientes de dietas de eqüinos. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** v. 58, n. 1, p. 94-98, 2006.

PEARCE C. J. Recent developments in equine dentistry **New Zealand Veterinary Journal** v.68, n.3, p.178-186. 2020, DOI: 10.1080/00480169.2020.1722971

PLOOIJ, J. M., MAAL T.J.J., HAERS, PIET., BORSTLAP, W. A., KUIJPERS-JAGTMAN, A. M. BERGÉ S. J. Digital three-dimensional image fusion processes for planning and evaluating orthodontics and orthognathic surgery. A systematic review. **International Journal of Oral & Maxilofacial Surgery.** v. 40, n. 4, p. 341-352, 2011.

REVILLA-LEÓN, M., JIANG, P., SADEGHPOUR, M. PIEDRA-CASCÓN, W., ZANDINEJAD A., ÖZCAN M., KRISHNAMURTHY, V.R. Intraoral digital scans: Part 2d influence of ambient scanning light conditions on the mesh quality of different intraoral scanners **The Journal Of Prosthetic Dentistry** v.124, n.5, p.575-580, 2020. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.06.004.

ROBERTSON, J. T. Clinical Commentary: Surgical correction of wry nose in newborn foals **Equine vet. Educ.** v.22, n.9, p.462-466, 2010.

SAHARA, N. Development of coronal cementum in hypsodonthorse cheek teeth. **Anat. Rec.** v. 297, n. 4, p. 716-730, 2014. DOI 10.1002/ar.22880

STASZYK C, LEHMANN F, BIENERT A, LUDWIG K, GASSE H Measurements of masticatory forces in the horse **Pferdeheilkunde** v. 22, n. 1, p. 12-16, 2006.

STASZYK C, SUSZE, A. PÖSCHKE, A. Equine dental and periodontal anatomy: A tutorial review. **Equine vet. Educ.** v. 27, n. 9, p. 474-481, 2015.

STEINFORT, S. RÖCKEN, M. VOGELSBERG, J. FAILING, K. STASZYK, C. The Equine Gingiva: A Histological Evaluation **Front Vet Sci.** v. 13, n. 6, p. 435, 2019. doi: 10.3389/fvets.2019.00435

STOOKEY, G. K., GONZÁLEZ-CABEZAS, C. Emerging Methods of Caries Diagnosis **Journal of Dental Education** v. 65, n. 10, 2001.

TELL, A., EGENVALL, A., LUNDSTRÖM, T., WATTLE, O. The prevalence of oral ulceration in Swedish horses when ridden with bit and bridle and when unriden, **The Veterinary Journal**, v.178, n.3, p.405-410, 2008.

THOMASSIAN, A. **Enfermidades dos cavalos.** 4ª ed, editora Varela. São Paulo, p. 265, 2005.

TING-SHU, S., JIAN, S. Intraoral Digital Impression Technique: A Review. **J Prosthodont.** v. 24, n. 4, p.313-21, 2015.

VIEIRA, A. R. A. **Distúrbios de comportamento, desgaste anormal dos dentes incisivos e cólica em equinos estabulados no 1ºRegimento de Cavalaria e Guardas, Exército Brasileiro, Brasília, DF.** Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Viçosa (UFV) p.37, 2006.

WINDLEY Z., WELLER R., TREMAINE W.H., ET AL. Two- and three-dimensional computed tomographic anatomy of the enamel, infundibulae and pulp of 126 equine cheek

teeth. Part 2: Findings in teeth with macroscopic occlusal or computed tomographic lesions.  
**Equine Vet J.** v.41, n.5, p.441–447. 2009.

## Capítulo II

*Technical Note*

### **Potential of digital intraoral scanning in equine dentistry: *ex vivo* preliminary study**

André Lang\*; Tatiana Borges de Carvalho, Mitzem Satler Bretas, Emily Correna Carlo Reis,  
Fabrício Luciani Valente, Andrea Pacheco Batista Borges

*Departamento de Veterinária, UFV*

\*Corresponding author. Avenida Joaquim Lopes de Faria, 493/401, Santo Antônio, Viçosa-MG, Brasil. E-mail address: andre.lang@ufv.br

Competing interest: The authors have declared no competing interests.

Ethical Use of Data from Animals in Research: CEUA Certification

Source of funding: “This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001”.

**Keywords:** Artificial intelligence, Digital precision equine dentistry, 3D veterinary medicine, 3D IOS, Equine dentistry

Total words: 2862

Revista para publicação: Equine Veterinary Journal

*Technical Note*

## **Potential of digital intraoral scanning in equine dentistry: *ex vivo* preliminary study**

**André Lang\***; Tatiana Borges de Carvalho, Mitzem Satler Bretas, Emily Correna Carlo Reis, Fabrício Luciani Valente, Andrea Pacheco Batista Borges

Departamento de Veterinária (DVT) Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

\*Corresponding author. Avenida Joaquim Lopes de Faria, 493/401, Santo Antônio, Viçosa-MG, Brasil. E-mail address: andre.lang@ufv.br

### **Summary**

**Background:** digital technology has promoted advances in all health science fields and the intraoral scan procedure enhances the modern precision dentistry. However, there is a lack of information on digital models of 3D intraoral scanning in horses so far.

**Objectives:** the aim of this preliminary study is to assess the viability of intraoral scanning in horses through the evaluation of dimensional compatibility, digital model formation, scanning patterns and operation standards with two different oral scanners.

**Study Design:** a descriptive observational *ex vivo* study design.

**Methods:** two scanning devices, the portable wireless Trios3™ (3shape™) and the CS3500™ (CareStream™) wire connected to a notebook, were handled by four different operators on two adult horse skulls with oral speculums allowing the digitalization of teeth and adjacent osseous surface.

**Results:** the dimensions were compatible with both equipment used and an efficient pattern was determined to obtain three partial digital models for each arcade. The 3shape equipment was faster to obtain the 3D model with fewer occurrences of errors during the procedure and its software offers more resources, including a cutting plane allowing the identification of occlusal contact areas. Both softwares can export the digital model with *stl* extension. A full-arch model could not be made with either device. Neither of the software offers a colormap of the occlusal surfaces contact nor the model for masticatory dynamics. The cost of equipment is still high for routine equine dentistry.

**Main limitations:** this first step study with skulls did not offer the evaluation of oral soft tissue and the real limitations of mouth space. .

**Conclusions:** the intraoral 3D scanning is a feasible technique in horses dental archs and more studies in live animals with different sizes and dental alterations are needed.

**Keywords:** Artificial intelligence, 3D veterinary medicine, 3D IOS, Digital precision equine dentistry, Equine dentistry

The use of information technology resources and digital solutions are transforming society and human activities, offering a wide range of possibilities especially in the medical field <sup>[1, 2, 3]</sup> and the Artificial Intelligence <sup>[4]</sup>. The terms "digital medicine" and "digital dentistry" are being widely used and the same might happen with the term "*Equine Digital Dentistry*". Among the fundamental pillars of precision medicine the information structures must include deep and wide data that require new approaches for generating, storing, analyzing and sharing them, in addition to a training "precision-minded" health care <sup>[5]</sup>. Digital intraoral 3D scanning (3D IOS) allows detailed visualization of a large area of the oral cavity, including the dental crowns, gums and palate. The storage capability, images manipulation and sharing of a large amount of data offer several useful features in diagnosis, participatory therapeutic planning in teams, treatment and follow-up in several clinical and surgical situations, in addition to offering tools for communication between the professionals involved <sup>[6]</sup>.

The IOS technique is considered a landmark in human dentistry, especially in implant dentistry and orthodontics, and has great application in the production of prostheses through the Computer aided design / Computer aided manufacturing (CAD / CAM) system <sup>[2]</sup>. The technique offers many advantages over the preparing molds with intraoral printing and later preparing the plaster molds <sup>[7]</sup>. As an image resource, it is extremely useful in the evaluation of dental crowns, identification of caries, dental fractures, periodontal disease, diastemas, arch defects, occlusion defects and occlusal adjustment, assisting in the production of aligners orthodontic treatment planning <sup>[8, 9, 10]</sup>. Orthognathic surgeries and orthodontic treatments can be planned on digital intraoral images combined with three-dimensional radiographs and

tomographies allowing for more previsible treatment results <sup>[11, 12, 13, 14]</sup>. Occlusal adjustment achieved by odontoplasty is the most common procedure in equine dental care and orthodontic corrections are increasingly frequent in the routine of equine dentistry <sup>[15, 16]</sup>.

Additionally, the pedagogical use of new digital technologies, especially 3D images, as teaching resources offers an extremely attractive ludic interface to learners. In a context that increasingly favors remote digital aided teaching and learning processes, whether for convenience or for sanitary measures, there is a need to familiarize and increase interactive resources in a virtual environment <sup>[6]</sup>. Since conformation of the horse's oral cavity limits vision, it is highlighted the importance of obtaining images as a means of documenting the patient's written dental record, improving communication with colleagues and clients, optimizing injury recording and characterization, planning and tracking treatments, visual marketing practice, understanding and training <sup>[17]</sup>.

The viability of intraoral scanning in horses must be assessed so the benefits of this technique may contribute to the work routine and study of equine dentistry. Before using high-cost equipment on live animals, exploratory testing on anatomical model can provide important information without damage risks. The dimensions of the equipment and the intraoral and interocclusal space must be compatible to allow adequate movement by the operator in order to achieve a complete scan of the structures of interest and then establish fundamental scanning patterns and operation standards that will serve as a reference for future studies.

Two adult horse skulls was used to evaluate the feasibility of the intraoral scanning, regarding to the dimensions of the equipments and the scanning pattern in relation to the dimensions of the anatomical specimen, and the quality of the image formation. The skull was settled simulating the head position of a sedated horse and the operator standed in front of it. Different oral speculums was used and changed during the procedure, allowing the digitalization of all teeth. The two different scanning equipment were the portable wireless Trios3® (3shape®) and the CS3500® (CareStream®) connected to a notebook and handled by four different operators, respecting the hypothetical location of the lips, tongue and other soft tissues. The images were generated and processed using specific software from the manufacturer and software tools were used in the digital model and compared with the real model.

The dimensions of the skull used in this study were compatible with the equipment used, allowing movement over the clinical crowns of all teeth, respecting the supposed opening of the lips. It was possible to lead the tip of the scanner to the caudal region of the arches, on the third molars. The interocclusal space in this region allowed the equipment to be handled without limitations. Although these positive results in the skull were found, it is expected that some limitations will be found in young horses, with narrow opening of the mouth and in cases where long caudal hooks are present. The tip is removable, replaceable and can be autoclaved. The shape and length of the scanner wand and scanner tip are different among the commercial products and it can be an important desirable feature.

The images obtained showed excellent quality and are among the high points of the technique (figure 1), allowing more detailed examination when compared to regular physical examination. Zoom in, zoom out and rotation in all directions is possible. In contrast to the powder needed and opaque version, the most modern equipment presents the colored version that is more useful to the clinical examination. An artifact occurred once in a colored version of 3Shape digitalization, but not in the opaque version and not in the repetition of the technique being considered something easily resolved and related to the experience of obtaining the images. Pathological details such as caries and fractures presented a very realistic image. The teaching-learning process has a guaranteed positive impact, as well as the involvement of those responsible for the animals

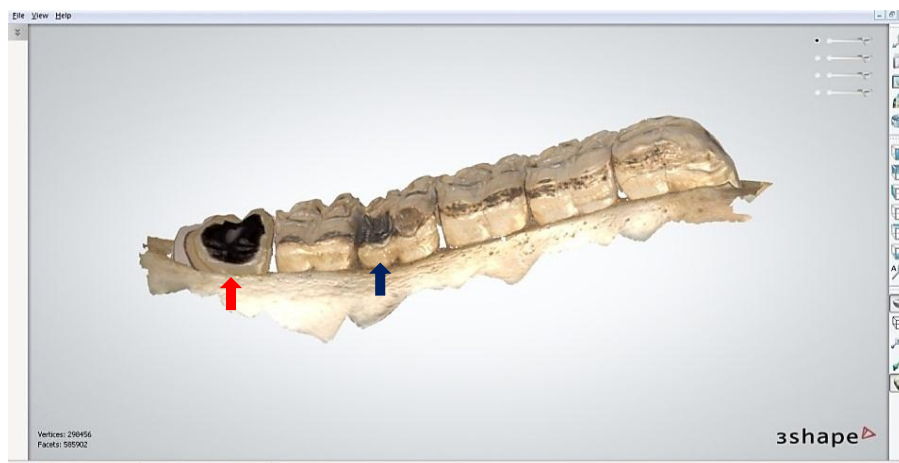


Figure1. Vestibular view of premolars and molars from the fourth quadrant, highlighting a chip fracture associated with caries in 409 (blue arrow) and an artifact in the coloring of the image in 411 (red arrow).

Although faster, there is a limitation in the field of image formation in the 3Shape program used, interrupting the digitalization and making it impossible to construct a digital model of the complete arcades. The CareStream software committed more errors in overlaying images to make the digital model. It allows a larger model formation, but an auto pre-save step causes image loss. As an efficient scanning pattern to obtain continuous images of the premolars and molars sequence, the beginning was on the teeth *Triadan* 08 and 09, moving distally till 11 and then mesial till 06. In the incisors, the better place to begin scanning was between the 01 and 02, moving till 03 in one corner and then to the other. At the end it is possible to obtain three separated digital models for each arcade. It is expected that these models may be combined into a single model using appropriate software. The scanning patterns in humans are compared, especially in relation to the route they take with the scanner over the arcades <sup>[2, 18, 19]</sup>. The standards tested in this study may contribute to the next studies and different standards may be defined for different equipments, as well as the influence of the operator's experience, since there is still no training among veterinarians.

Due to the prolonged eruption of the equine teeth, abnormal teeth wear promotes a series of defects in the clinical crown and IOS 3D can greatly improve the odontoplasty planning and results evaluation of the occlusal adjustment. The objective of an adequate odontoplasty is to provide occlusal adjustment to distribute the impact and friction forces equally between the teeth and avoid early contact areas of the occlusal surface <sup>[20]</sup>. The registration of the bite in this study promoted visualization of the areas of occlusal contact (figure 2) and this tool can be used in planning occlusal adjustment and also in proving the effectiveness of the treatment. Currently, there is no examination in the routine basis to evaluate occlusal contact with precision, being one of the most valuable resources that IOS 3D may provide, as described with human model <sup>[10]</sup>.

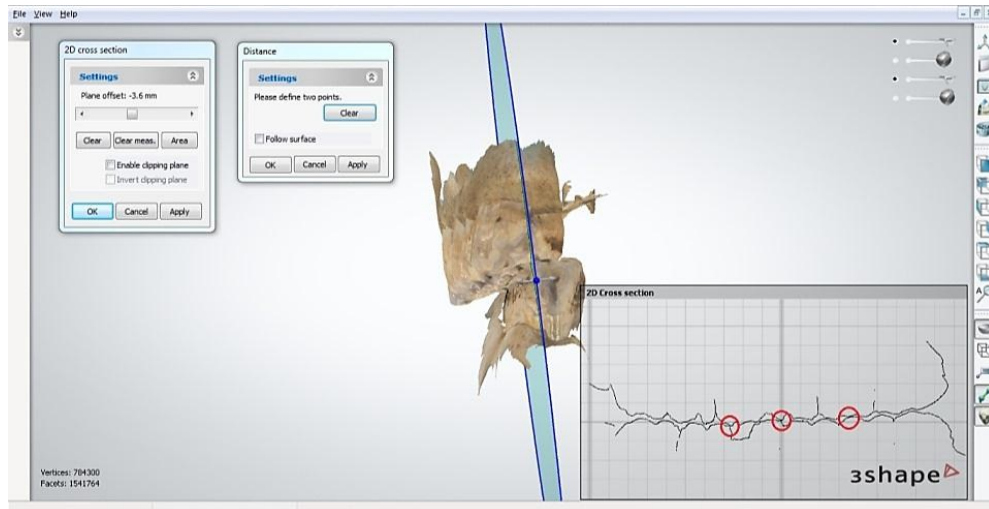


Figure2. Rostral view and a cutting longitudinal plane view of the neutral occlusion of the premolars and molars from the first and fourth quadrant. The premature contact areas are shown within red circles.

In human dentistry, IOS 3D is an excellent resource for implantology with application in the production flow of prostheses by the CAD/CAM system. An edentulous arch offers a series of impairments such as poor positioning, exposure and trauma to the tongue, deformity of the arch and occlusion problems, changes in masticatory dynamics and pain in the temporomandibular joint. In veterinary medicine there are few works of implantology in dogs and some wild species, however with the artisanal technique to obtain molding and later production of molds and sometimes scanning these molds in laboratory bench scanners [21, 22]. This workflow with CAD/CAM system can be an important support to implantology technics development in equine dentistry.

This technology seems useful for the evaluation of occlusal contact and measurement patterns of dental crowns, contributing not only to the diagnosis, but also to the planning and monitoring of treatments in cases of malocclusions, orthognatic defects, excessive enamel points, excessive transversal ridges, hooks, ramps, waves and steps. As a source of Artificial Intelligence data, it may contribute to transform equine dentistry through automated task performance, interpreting imaging, reporting value-based metrics, and augmenting telemedicine, but should be viewed as a tool, rather than replace professional and researchers responsibilities<sup>[4]</sup>.

Orthognathic and orthodontic surgeries can be planned in oral digital models, also in association with radiographs or 3D computed tomography, being of great relevance in cases of acquired or congenital malocclusions, and allowing time-lapse monitoring of long-term orthodontic treatments <sup>[11, 12, 13]</sup>.

The detection of caries is another relevant aspect, mainly because its prevalence is very high in the equine species and its oral cavity offers difficulty for direct inspection <sup>[23, 24]</sup>. A recent feature of IOS is the coupled fluorescent technology that makes it possible to identify early bacterial cariogenic activity <sup>[25, 26, 27]</sup>.

The cost of equipment, as well as eventual access to specific software and updates, is a factor that limits access to this technology, at the present. The high prices are promoted by the novelty in the market, reduced competition, operational patents and software development, so it is expected that costs will have a decreasing trajectory over time due to new software and device compatibility. The value of this technology exceeds the initial acquisition investment <sup>[12]</sup>. The same stated to oral endoscope <sup>[17]</sup>, reference clinics with a high frequency of care and professionals performing advanced procedures could improve your standard of care, making the use of the 3D IOS technique much more accessible and on a larger scale for veterinary medicine, at a low cost for owners.

The intraoral 3D scanning is a feasible technique in dental arcades of horses, although there is still some limitations. It provides innovative perspectives in contrast to nowadays empirical evaluations and it is a way to feed the Artificial Intelligence with digital transformation that benefits the equine digital dentistry. More studies in live animals with different sizes and dental alterations are needed.

## REFERENCES

1. Elenko E, Underwood L, Zohar D Defining digital medicine. **Nature Biotechnology** 2015;33:456–461. doi.org/10.1038/nbt.3222.
2. Bosio JA, Del Santo M, Jacob HB Odontologia digital contemporânea – scanners intraorais digitais. **Orthod. Sci. Pract.** 2017;10(39):.355-362.
3. Konttila J, Siira H, Kyngäs H, et al. Healthcare professionals' competence in digitalization: A systematic review. **J Clin Nurs** 2019;28(5-6):745-761. doi: 10.1111/jocn.14710
4. Ramkumar PN, Kunze KN, Haeberle HS, Karnuta JM, Luu BC, Nwachukwu BU, Williams RJ Clinical and Research Medical Applications of Artificial Intelligence **Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery** 2021;37(5):1694-1697. doi: 10.1016/j.arthro.2020.08.009.
5. Divaris K Fundamentals of Precision Medicine. **Compend Contin Educ Dent.** 2017; 38(8 Suppl): 30–32.
6. Ting-Shu S, Jian S Intraoral Digital Impression Technique: A Review. **J Prosthodont.** v. 24, n. 4, p.313-21, 2015. PMID: 26110925
7. Flügge TV, Schlager S, Nelson K, Nahles SE, Metzgere MC Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner **Am J Orthod Dentofacial Orthop** 2013;144(3):471-8. doi: 10.1016/j.ajodo.2013.04.017.
8. Ender A, Mehl A Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. **J Prosthet Dent.** 2013;109(2):121-8. doi: 10.1016/S0022-3913(13)60028-1.
9. Gan N, Xiong Y, Jiao T Accuracy of Intraoral Digital Impressions for Whole Upper Jaws, Including Full Dentitions and Palatal Soft Tissues. **PLoS ONE** 2016; 11(7): e0158800. doi: 10.1371/journal.pone.0158800

10. Nilsson J, Richards RG, Thor A, Kamer L, Virtual bite registration using intraoral digital scanning, CT and CBCT: *In vitro* evaluation of a new method and its implication for orthognathic surgery, **Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery** (2016), doi: 10.1016/j.jcms.2016.06.013.
  
11. Plooij JM, Maal TJJ, Haers Piet, Borstlap WA, Kuijpers-Jagtman AM, Bergé SJ Digital three-dimensional image fusion processes for planning and evaluating orthodontics and orthognathic surgery. A systematic review **Int J Oral Maxillofac Surg** 2011;40(4):341-52. doi:10.1016/j.ijom.2010.10.013.
  
12. Kravitz ND, Groth C, Jones PE, Graham, J. W., Redmond, W. R. Intraoral Digital Scanners **Journal of clinical orthodontics (JCO)** 2014;48(6):337-347
  
13. Elnagar MH, Aronovich S, Kusnoto B Digital Workflow for Combined Orthodontics and Orthognathic Surgery. **Oral Maxillofac Surg Clin North Am** 2020;32(1):1-14. doi: 10.1016/j.coms.2019.08.004
  
14. Deleat-Besson R, et al. (2021) Merging and Annotating Teeth and Roots from Automated Segmentation of Multimodal Images. In: SYEDA-MAHMOOD T. et al. (eds) **Multimodal Learning for Clinical Decision Support**. ML-CDS 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 13050. Springer, Cham. doi.org/10.1007/978-3-030-89847-2\_8
  
15. Baker GJ, Easley J (Eds). **Equine Dentistry**. Philadelphia: Elsevier, 2005, 353p
  
16. Klugh D Principles of occlusal equilibration. In: D. O. Klugh (Org.); **Principles of Equine Dentistry** 1o ed. 2010; p.69–78.
  
17. Galloway S S, Easley J Incorporating oral photography and endoscopy into the equine dental examination. **Veterinary Clinics of North America - Equine Practice**. 2013;29(2):345-66, vi. doi: 10.1016/j.cveq.2013.04.007.
  
18. Mennito AS, Evans ZP, Ludlow M, Renne WG Evaluation of the effect scan pattern has on the trueness and precision of six intraoral digital impression systems. **J Esthet Restor Dent**. 2018;30(2):113-118.doi: 10.1 111/jerd.12371.

19. Latham J, Mark L, Mennito A, Kelly A, Evans Z, RENNE W Effect of scan pattern on complete-arch scans with 4 digital scanners **The Journal of Prosthetic Dentistry**. 2020;123(1):85-95 doi: 10.1016/j.prosdent.2019.02.008.
20. Dixon PM, Dacre I A review of equine dental disorders *Vet J*. 2005;169(2):165-87.doi: 10.1016/j.tvjl.2004.03.022.
21. Collins CJ, Hetzel SJ, Siverling S, Ploeg HL, Soukup JW Quantitative comparison of mathematical models to measure surface area of canine teeth prepared to receive full veneer crowns in dogs. **Front. Vet. Sci**. 2015; 2: 31. doi: 10.3389/fvets.2015.00031.
22. Mestrinho LA, Gordo I, Gawor J, Leal N, Niza M Retrospective Study of 18 Titanium Alloy Crowns Produced by Computer-Aided Design and Manufacturing in Dogs. **Front. Vet. Sci** 2019;6:97. doi: 10.3389/fvets.2019.00097.
23. Borkent D, Reardon R, Dixon P M Epidemiological survey on equine cheek tooth infundibular caries in the United Kingdom. *Veterinary Record* 2017;181(9):235.doi: 10.1136/vr.104319.
24. Jackson K, Kelty E, Tennant M Equine peripheral dental caries: An epidemiological survey assessing prevalence and possible risk factors in Western Australian horses *Equine Vet J*. 2018;50(1):79-84.doi: 10.1111/evj.12718.
25. Stookey Gk, González-Cabezas C Emerging Methods of Caries Diagnosis **Journal of Dental Education** 2001;65(10):1001-6. DOI:10.1002/j.0022-0337.2001.65.10.tb03441.x
26. Gimenez T, Braga Mm, Raggio Dp, Deery C, Ricketts Dn, et al. Fluorescence-Based Methods for Detecting Caries Lesions: Systematic Review, Meta-Analysis and Sources of Heterogeneity. **PLoS ONE** 2013;8(4):e60421. doi:10.1371/journal.pone.0060421
27. Moreira LMYA, Amarante BC, Marotta BM, Iida CH, Nishimura DA, Schumiski S, Costa C, Laser fluorescence as an alternative for digital radiography in detecting caries

lesions **Clin Lab Res Den.** 2020: 1-10. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2357-8041.cldr.2020.169239>

## Capítulo III

*Original Article*

### **Digital intraoral scanning as a digital transformation on equine dentistry: *in vivo* evaluation**

André Lang\*; Mitzem Satler Bretas, Tatiana Borges de Carvalho, Emily Correna Carlo Reis, Fabrício Luciani Valente, Tatiana Schmitz Duarte, Andrea Pacheco Batista Borges

*Departamento de Veterinária, UFV*

\*Corresponding author. Avenida Joaquim Lopes de Faria, 493/401, Santo Antônio, Viçosa-MG, Brasil. E-mail address: andre.lang@ufv.br

Competing interest: The authors have declared no competing interests.

Ethical Use of Data from Animals in Research: CEUA Certification

Source of funding: “This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001”.

Keywords: Digital Equine dentistry, IOS 3D, Digitalization, Digital Veterinary Medicine, Oclusal Colorimetric Map

Total words: 3497

Revista para publicação: Equine Veterinary Journal

*Original Article*

## **Digital intraoral scanning as a digital transformation on equine dentistry: *in vivo* evaluation**

André Lang\*; Mitzem Satler Bretas, Tatiana Borges de Carvalho, Emily Correna Carlo Reis, Fabrício Luciani Valente, Tatiana Schmitz Duarte, Andrea Pacheco Batista Borges

Departamento de Veterinária (DVT) Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

\*Corresponding author. Avenida Joaquim Lopes de Faria, 493/401, Santo Antônio, Viçosa-MG, Brasil. E-mail address: andre.lang@ufv.br

### **Summary**

**Background:** Equine dentistry has been increasingly valued as an essential health care for horses and therefore receiving a high level of economic investment. Despite advances in digital technology in health science, the use of digitalization in equine dentistry is still negligible and there are no scientific reports of digital 3D intraoral scanning in equine dentistry until now.

**Objectives:** the aim of this pioneer study is to assess the security and viability, dimensional compatibility, image formation, scanning patterns and operation standards of intraoral scanning in live horses under simple sedation restraint.

**Study Design:** a descriptive transverse observational *in vivo* study design.

**Methods:** the scanning devices CS3500™ (CareStream™) wire connected to a notebook was used on 10 mixed breed adult horses, aged two to twenty years, sedated with detomidine IV or detomidine associated to diazepam IV and restrained with oral speculum. The digital models obtained were exported in *stl* format to Exocad Dental DB® 3D imaging software.

**Results:** the sedation protocols were sufficient to do the IOS without equipment damage and the oral scan equipment used was compatible with the equine oral space of all the animals in this study. The digital models were very realistic and moving them three-dimensionally allowed for an unprecedented inspection, from all planes of views, far greater than the limited regular physical examination, with plan section analysis and milimetric precise measurements. The occlusal colorimetric map revealed the contact and pressure areas during

neutral occlusion. The device velocity of scanning and some software errors in the acquisition of images made it time consuming and did not allowed a full arcade evaluation at one time. The auto refinement adjustment of the software eliminates some of the model borders. The cost of equipment is still high for routine equine dentistry.

**Main limitations:** A limited number of animals with little range of sizes and oral or tooth abnormalities. A unique equipment used and the capabilities of this equipment.

**Conclusions:** the intraoral 3D scanning is a feasible and useful technique in horses and this pioneer study marks the beginning of digital transformation on equine dentistry and the use of the technique for scientific researches. More studies in live animals with different sizes and dental alterations, as well as employing different scanner devices, are needed.

**Key words:** Digital Equine dentistry, IOS 3D, Digitalization, Digital Veterinary Medicine, Oclusal Colorimetric Map

## 1. Introduction

Equine dentistry is increasingly valued as a continuous and essential health care, evidenced by the scale of investments aimed at improving power tools and imaging diagnosis techniques. Equine dentistry is an increasingly specialized area with a responsibility to promote and use the results of evidence-based research and not to propagate claims that attest to the supposed benefits of the intervention without scientific proof <sup>[1, 2]</sup>. Despite these advances, empirical beliefs are still present among professionals and clients.

Digitization, Digitalization, Digital Transformation, Mobile Technologies, Blockchain, Big Data, Artificial Intelligence (AI) and Industry 4.0 are themes of major importance in society nowadays <sup>[3, 4, 5, 6, 7]</sup>. Digital health globally exponential growth is being accelerated by the COVID 19 pandemic and will continue to expand even after the end of this one <sup>[8, 9]</sup>. Advancement in humane digital dentistry promote rapid and automated prototyping, and three-dimensional (3D) printing of dental biomaterials uses computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) system in virtual occlusal records, full-arcade reconstruction, orthodontics, functional dentistry orthopedics, prosthesis fabrication, fixed partial dentures, orthodontic aligners, surgical guides, and implant abutments <sup>[10, 11, 12, 13]</sup>.

The aim of this study is to evaluate the intraoral 3D scanning in horses as an objective method of digital transformation that offers conditions for scientific evidence-based on digital precision equine dentistry and AI. The specific objectives are to verify the security and feasibility of the equine IOS, the compatibility of equipment and oral anatomy and digital model reconstruction aspects obtained from live patients.

## 2. Material and methods

All procedures adopted in this descriptive observational transversal study followed the Veterinarian's Code of Professional Ethics and the Ethical Principles in Animal Experimentation, adopted by the Brazilian College of Animal Experimentation (COBEA) and certified by the Animals Ethics Committee of the Universidade Federal de Viçosa.

Ten horses, mixed breed and aged two to twenty years, from the clinical routine of dental care were submitted to the usual sedation protocols with detomidine IV (0.02mg/kg), repeated (0,01mg/kg) when needed or associated to diazepam IV (0,02 - 0,04mg/kg), and supported at an adjustable equine head stand. An autostatic mouth speculum with incisor bite rubber coated plates promoted a full mouth access (figure 1).

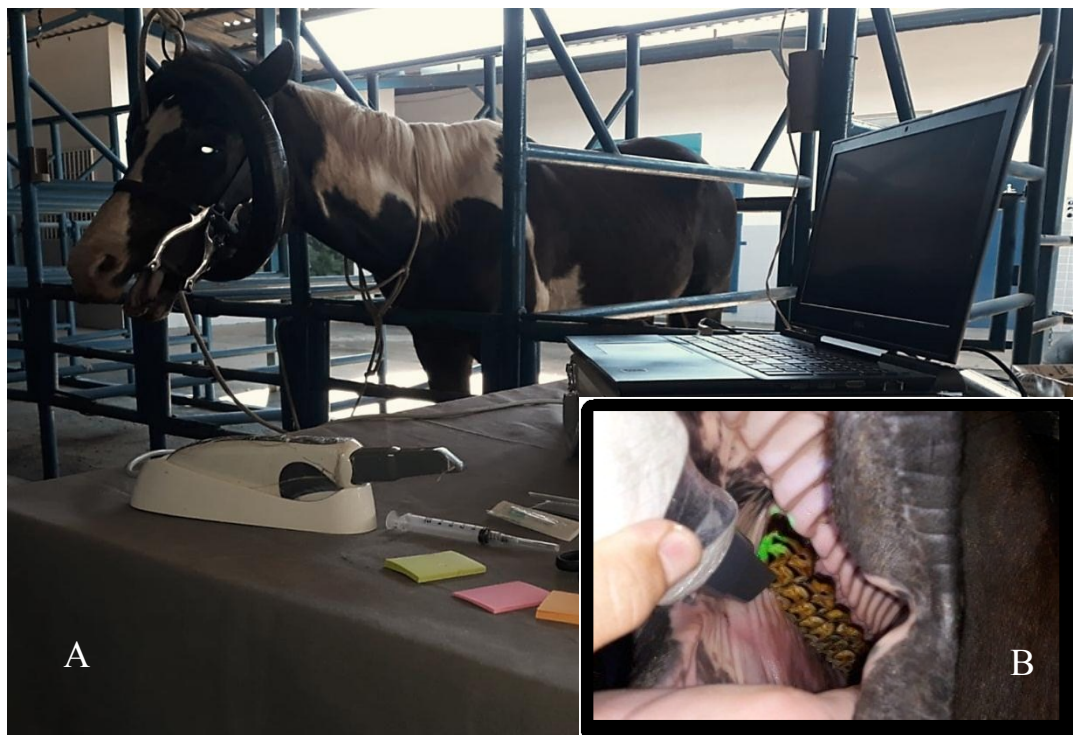


Figure 1. A) Sedated horse with oral speculum and the oral scanner connected to a notebook. B) Detail of CareStream oral scan in use.

The scanning equipment used was the CS 3500<sup>®</sup> (CareStream<sup>®</sup>) and a notebook with specific manufacturer software installed, handled by two operators with different levels of experience. The images obtained, termed digital impressions, were processed and exported to the Exocad Dental DB<sup>®</sup> 3D imaging software.

Scanning began at the maxillary incisors followed by the mandibular incisors and then the bite registration. After that, scanning was made at the first quadrant premolars and molars, than the fourth quadrant premolars and molars and the registration of the bite was obtained. Finally, the same was conducted at the second and third quadrants. Different pattern were used to better achieve the digital model image formation.

### 3. Results and discussion

Digital partial arch models were successfully obtained. It was possible to include in a set all the incisor teeth completely and two other sets of premolars and molars on each side, as well as record their occlusions. The interactive graphical experience is very satisfying and collaborative for the intraoral inspection examination. It is possible to rotate and analyze zoom in and zoom out from all angles from each arcade, separately or in occlusal. The cross-sectional plane allows a milimetric measurement and a comprehensive visualization of the teeth surface lines. The figures of a incisor superior trespass, “overjet”, and the screen capture of the digital models are shown below (fig. 2 to 6).



Figure 2. Photograph of rostral view of an incisor superior trespass. Red and blue marks were made to help the scan image acquisition.

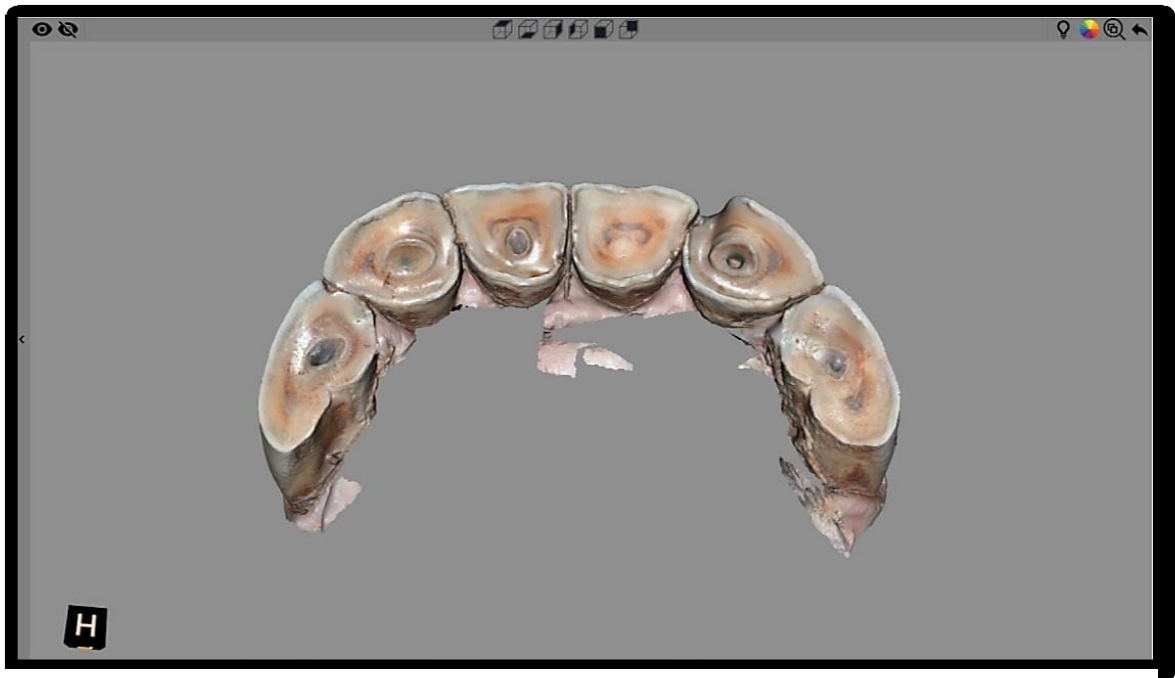


Figure 3. Screen capture from the digital model of maxillary incisors, occlusal surface. (CareStream software)



Figure 4. Screen capture from the digital model of mandibular incisors, occlusal surface. (CareStream software)

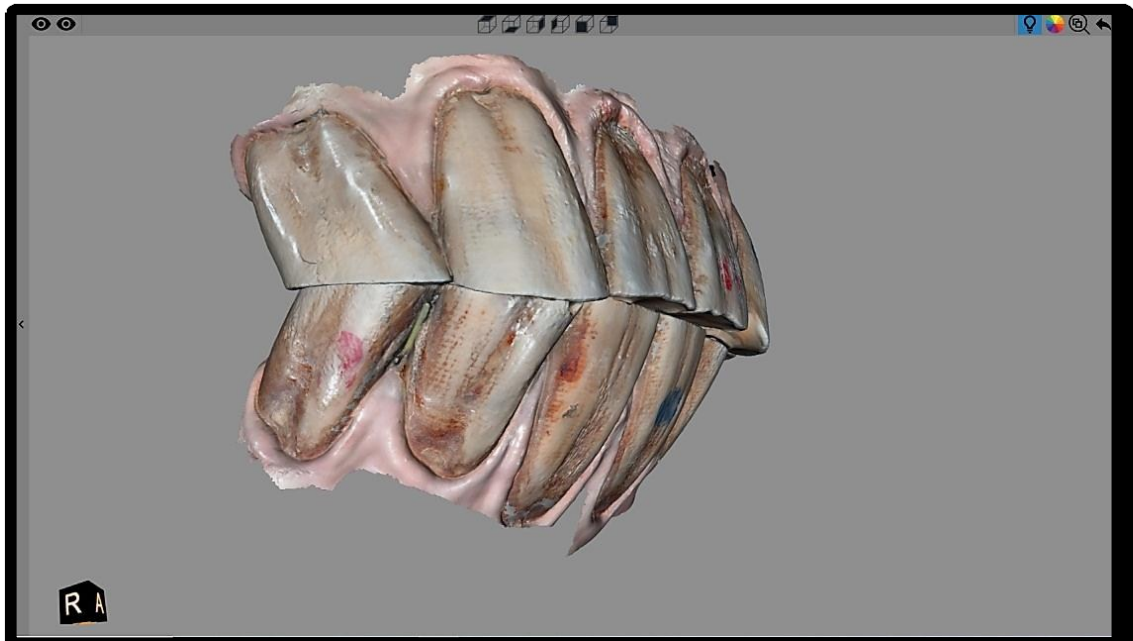


Figure 5. Screen capture from the digital model of incisors occlusion, right lateral oblique view. Note the horizontal trespass of maxillary incisors. (CareStream Software)

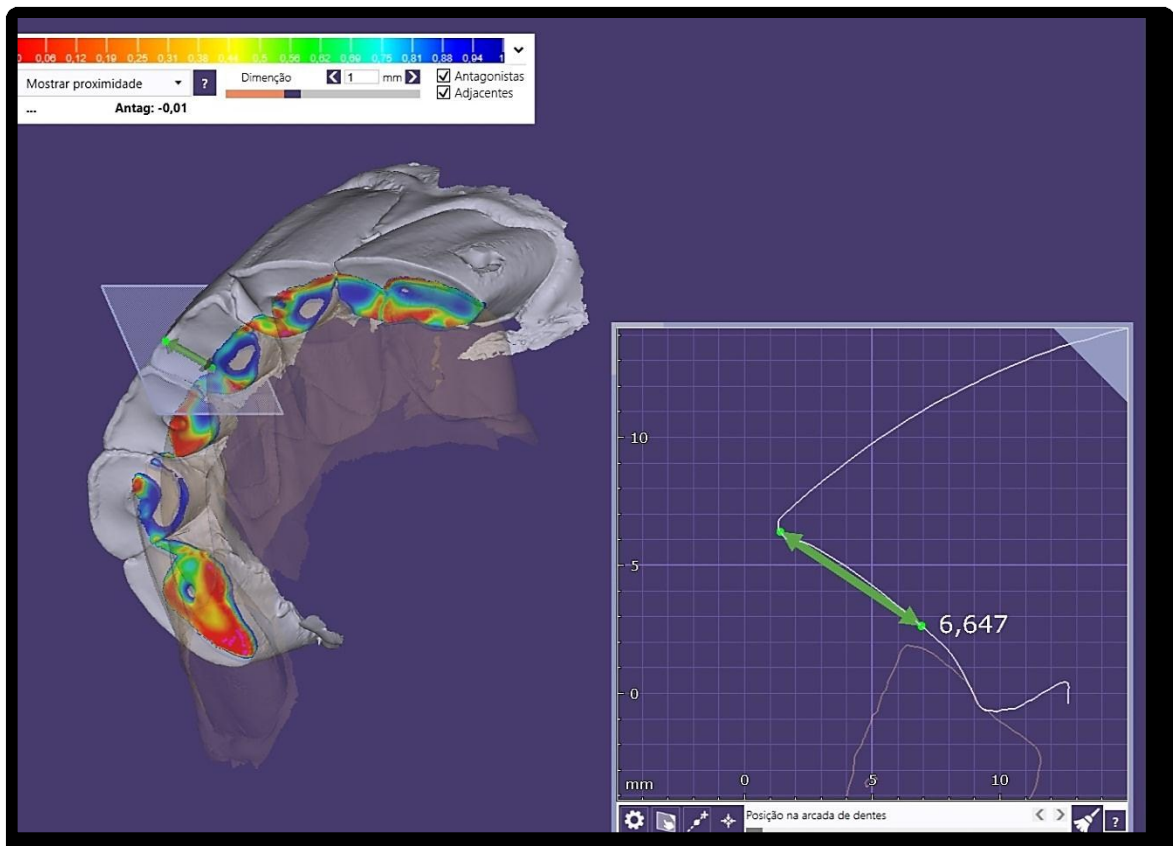


Figure 6. Screen capture from the digital model of incisors occlusion. Occlusal colorimetric map and a cross-section plane analysis of the horizontal trespass of maxillary incisors. (ExocadDental BD Software)

The figures below illustrate an incisor supranumerary clinical case, with doubled 102 and 202 teeth, and the occlusal colormap evaluation after IOS 3D (fig 7 and 8).



Figure 7. Oblique rostral view photograph of an incisor superior supranumerary clinical case.

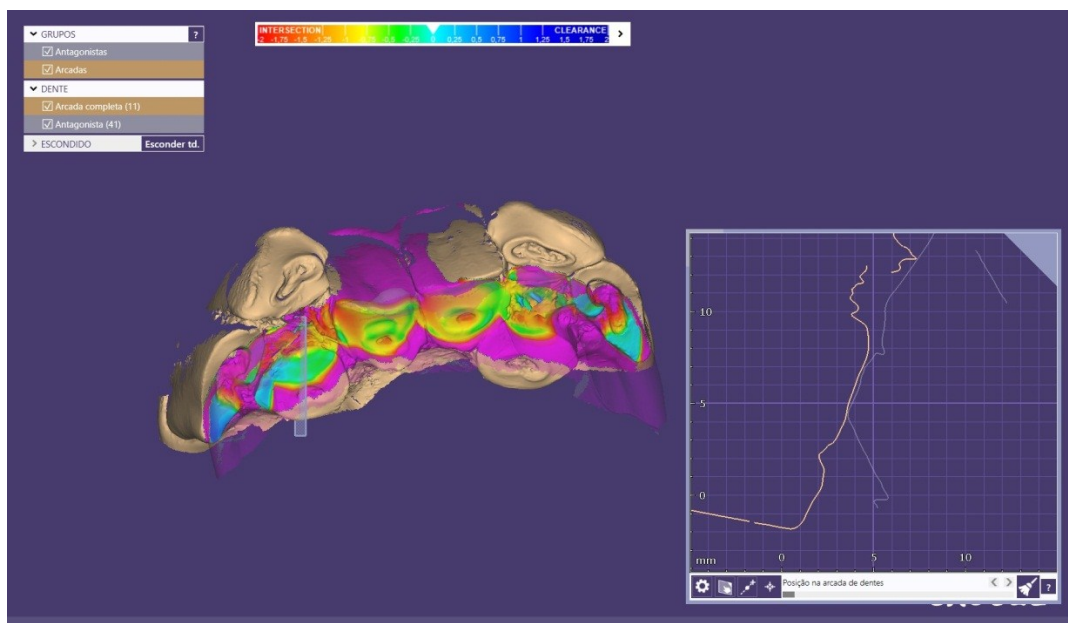


Figure 8. Occlusal colormap of an incisor superior supranumerary clinical case. Note the contact of antagonist with most caudal 102 teeth (cross-sectional plane detail).

The figures below illustrate the occlusal view of maxillary (figure 9) and mandibular (figure 10) premolars and molars, followed by the occlusal colormap after the IOS 3D of each quadrant and the bite registration. The occlusal contact is analyzed in details from transverse cutting plane (figure 11) and longitudinal cutting plane (figure 12).

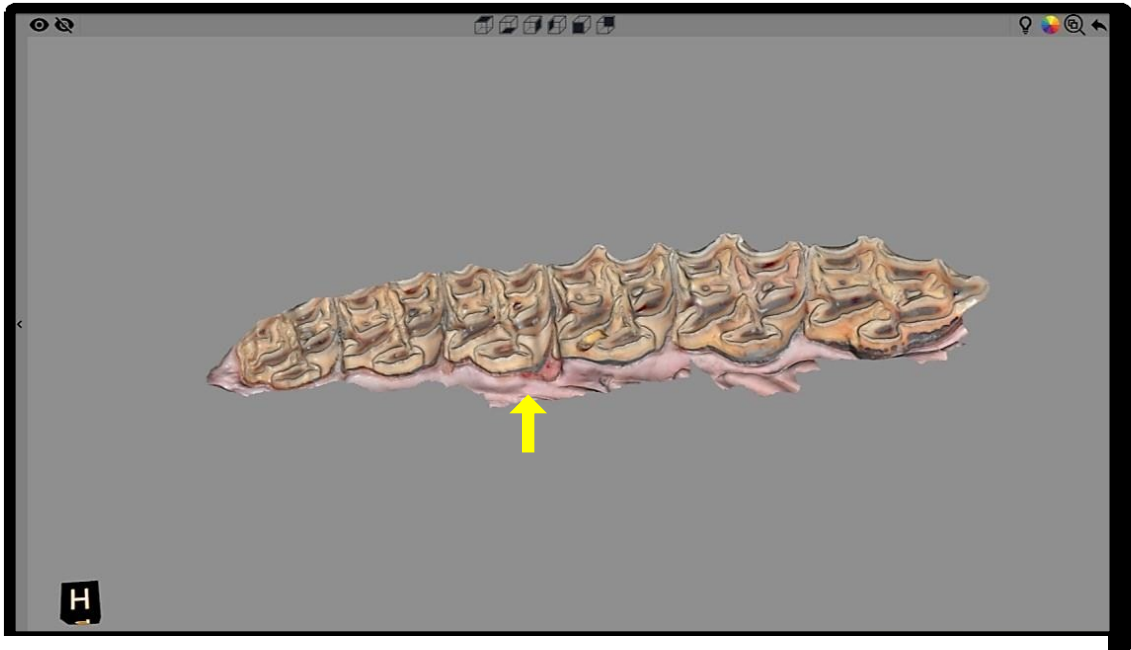


Figure 9. Screen capture from the digital model of maxillary premolars and molars, occlusal surface. Note periodontal disease between 108 and 109 teeth (arrow). (CareStream software)



Figure 10. Screen capture from the digital model of mandibular premolars and molars, occlusal surface. Note the partial loss of 411 occlusal surface. (CareStream software)

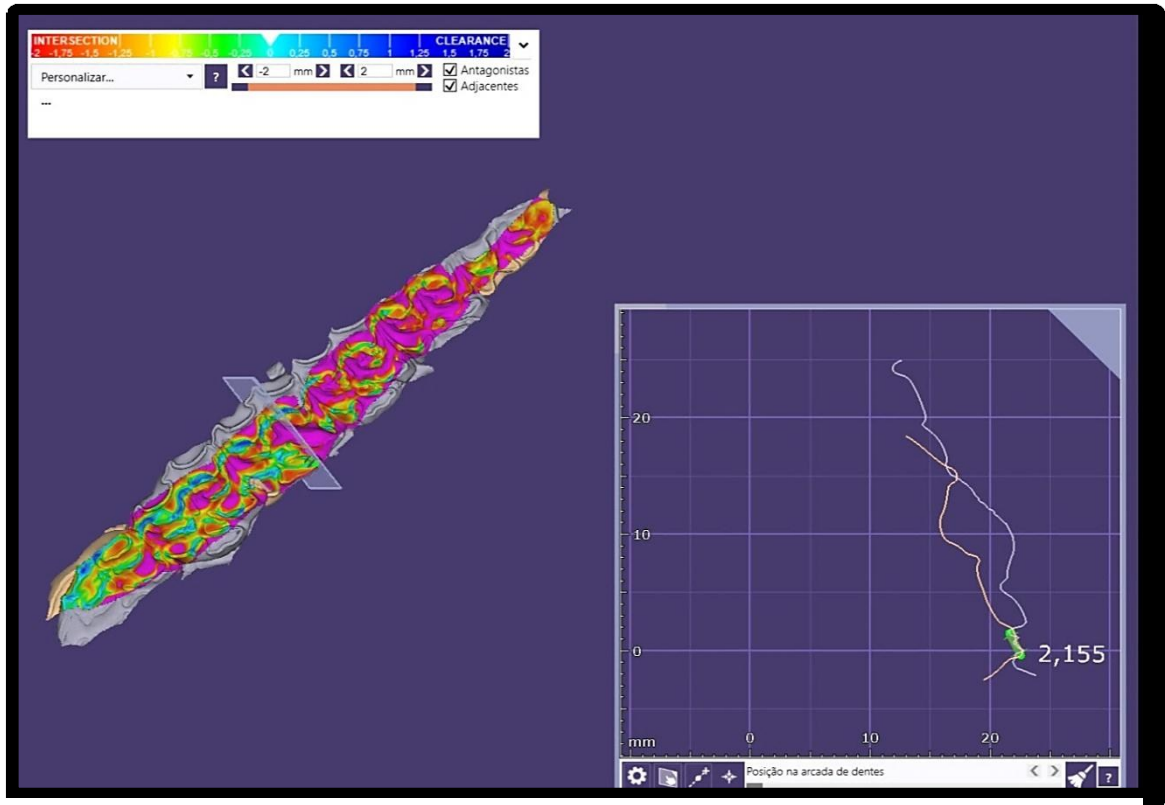


Figure 11. Screen capture from the digital model of premolars and molars occlusion. Occlusal colorimetric map and transverse cross-section plane analysis of occlusion contact areas. (ExocadDental BD Software)

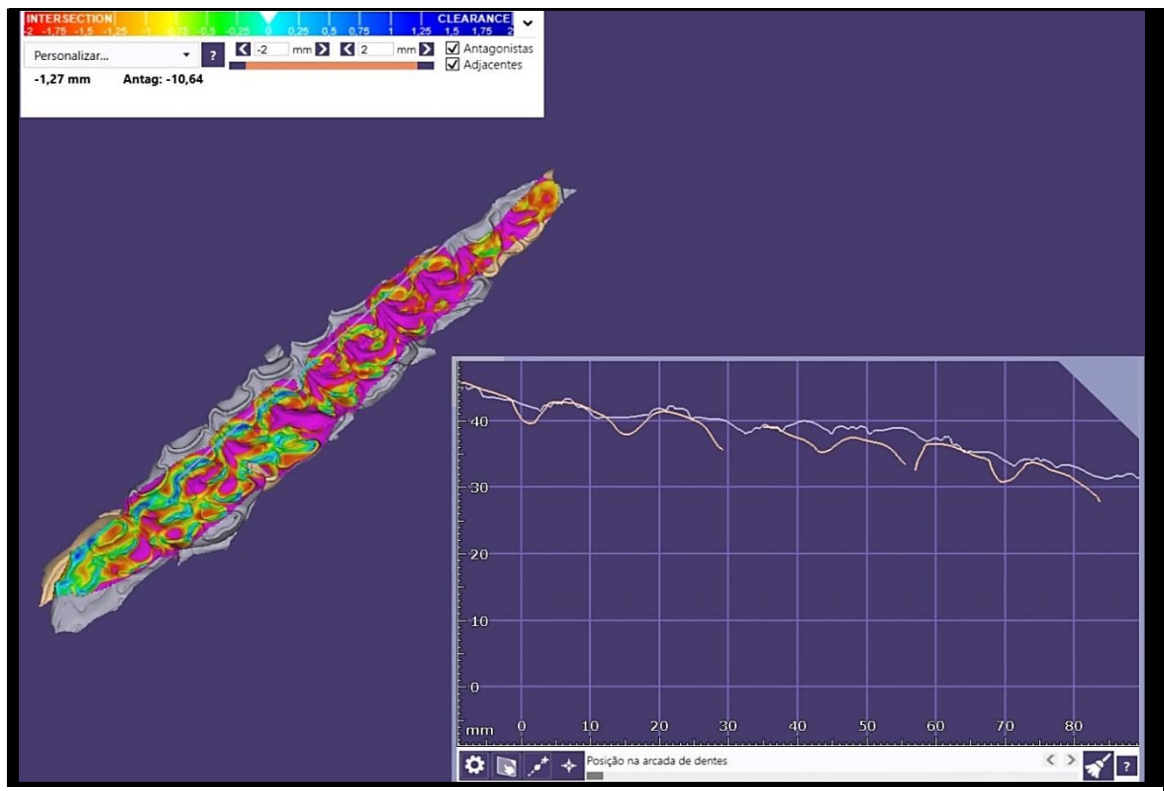


Figure 12. Screen capture from the digital model of premolars and molars occlusion. Occlusal colorimetric map and longitudinal cross-section plane analysis of occlusion contact areas. (ExocadDental BD Software)

### 3.1. Sedation protocols

Seven horses received the protocol of sedation with bolus of detomidine, added two or three repetitions if needed and it was enough to keep the horse quiet enough to do the IOS, according to clinical signs <sup>[18]</sup>. Although the moments of less quality or minor degree of sedation prolonged the time of procedure and increases concern about equipment damage. The continuous infusion of detomidine could be an alternative protocol to be used. Three horses received the sedation protocol with detomidine associated to diazepam and it offer better quality of restraint although also needed to be repeated two or three times too. The ataxia increased by diazepam promoted some sudden movements that limited the scan flow in a minor way because there was an adequate support for the head. An important recommendation is to use low doses of diazepam due to the risk of the horses recumbency or falling <sup>[19]</sup>. The association of detomidine and butorfanol may be a good protocol too.

### 3.2. Scanner size

In our previous evaluation using skulls, two different commercial equipments fitted and worked effectively <sup>[20]</sup>. In live animals, the region of greatest concern to be reached was the interocclusal space between the third molars, because of narrowing and the “Spee curvature”, followed by the lingual surface of the mandibular teeth, because of the tongue movements. The dimensions of oral scan equipment used and ergonomics was compatible with the equine oral space of all the animals in this study. Not only were the incisor teeth easily scanned, but the premolars and molars also had the entire surface digitized as the scanner works in direct contact with the teeth surface. The reach and freedom of movement without risk of damage to the equipment are highly dependent on adequate sedation and the oral speculum in horses. In humans, the size of the tip plays a role as well, especially in the case of second and third molars <sup>[21, 22]</sup>. The tip is removable, replaceable and can be autoclaved. The shape and length of the scanner wand and scanner tip are different among the commercial products and its configuration can be an important desirable feature <sup>[23, 24]</sup>.

### 3.3. Time consuming

The time to obtain the digital model for each area separately ranged from 15 to 25 minutes. Therefore, to assemble a digital model with upper and lower incisors and their occlusion, it took 30 to 50 minutes. The same time was needed for the premolars and molars

on each side. Besides the movements of the horses and the interval of sedative latency according to protocol used, already discussed, the time consuming found in this study can be explained by the speed of action of the equipment and by the scan steam. The image capture speed is an inherent characteristic of the equipment and differs between brands and models on the market [24]. The equipment used in this study is not the latest model equipment of the brand, already receiving two updates to the present day that still not yet among the fastest available on the market. This characteristic does not limit the work on human dentistry, mainly in the scans of small areas, but for the large teeth and large dental arcades of horses it is quite time-consuming. A previous skull evaluation showed that 3Shape® Trios3® equipment was at least 2 times faster than the CareStream® CS 3500® [20].

#### 3.4. Scan patterns and flow

The scan steam to construct the digital model is based on the partial overlapping of images, while gradually sliding the tip of scanner at small distances. The patterns of scanning are the focus of a series of studies in human dentistry [4, 25, 26]. When slide a little bit longer distance, there is a risk of losing image references and the construction of the digital model is interrupted. To resume the model construction, it is necessary to return to an area that has already been scanned and then proceed. Sometimes there is an error on the construction and the images are superimposed in wrong places. A greater number of errors were observed mainly in the acquisition of images of the labial surface of incisor teeth and, less frequently, in the buccal aspect of upper premolars and molars. The similarity of large areas between different teeth made it difficult to the software to fit the images of the digital model in the correct place. To avoid mistakes, some colored marks were made with pen brushes and it can be useful as long as they are not eventually erased during the procedure. It is possible to delete some mistaken images and return to construct the digital model, but it is another time-consuming interference. Differences of scanning patterns are to be evaluated in horses dental arcade in the future.

#### 3.5. Accuracy

A frequent topic in scientific publications regarding the quality of intraoral scanning equipment is the *accuracy*, or proximity of measurements between real and digital models,

which is determined by the sum of *trueness* and *precision*)<sup>[27, 28]</sup>. The *trueness* of an IOS is established by the overlapping of a reference scan obtained with a powerful industrial machine, what is currently not possible in vivo, and some digital models obtained through IOS, then a reverse-engineering software can be used to generate colorimetric maps displaying the distances/differences between the surfaces of the IOS and the reference model at micrometric level. *Precision* can be established simply by overlapping different digital models taken with the same equipment and evaluating the differences at micrometric level. *Trueness* and *precision* mainly depend on the scanner acquisition/processing software, but the pattern of scanning, the amount of area to be scanned and expertise of operator may influence in a negative way. However, the latest-generation scanners are characterised by very low errors in digital impressions<sup>[23]</sup>. The data in the literature must be interpreted critically, according to the equipment used as it is possible that different machines, using different scanning strategies, would produce different results as they are in human dentistry<sup>[22, 27]</sup>. Furthermore, it is just the beginning of testing in equine dentistry.

### 3.6. Cost and portability

The equipment and software still at a high cost to be used on equine practice, but availability of equipment in the market is increasing, as competition between manufacturers is promoting improvements in software quality and also in purchase and operating prices<sup>[28]</sup>. Portable and wireless equipment connected to a notebook is taking the place of large equipment in old wheeled cabinets and monitors, as the use of powder on surfaces has become unnecessary and images evolved to colorful well defined, although limited in some deep margin lines as the horses teeth infundibulae and narrow interdental spaces as seen in this study. Softwares are demonstrated ceaseless development, but some of them still have limited analysis tools<sup>[29]</sup>. Open systems are able to export in different formats like *stl* to more feature-rich softwares like Exocad Dental DB<sup>®</sup> 3D as other software is still expensive, requires payment of annual fees and periodic updates. The development of software for equine dentistry can contribute to maximize the use of the technique

### 3.7. Potentialities

Many applications and benefits of IOS 3D in horses can be glimpsed in an affordable way and in a short time, as for example the collection of anatomy images, clinical cases and

pathological findings, to educational purpose archives. The coupled fluorescent technology enables the early identification of cariogenic bacterial activity [30, 31, 32] Precise milimetric measures of reference and variation within different stages of disorder like excessive enamel points, diastemas, gingival recession, gingival pouch and EOTRH can be standardized and also measurements to define when orthodontics are indicated or not and the treatments follow up. Access to standard digital models showing odontoplasty and occlusal adjustment defined by world-renowned professionals will be available to professionals in the specialization process. Digital models can be 3D printed and used for training, what shortens the learning curve, reduces time to do procedures and reduces risks to patients. It can encourage the development of underrated areas such as implant dentistry in equine practice, since it is widely used in implant process for human dentistry. A market for products and operating models can be created or enhanced to online apps with graphic charts platforms and patient/customer files including archives of digital models obtained from IOS 3D and Blockchains of specialized professionals.

## **Conclusion**

The IOS 3D technique is safely conducted under routine sedation protocols and the tested commercial presentation of scan fitted properly in equine oral cavity of live animals. This technology can be incorporated for digital transformation in various sections of equine dentistry, including research, learning process, science-based service delivery, customer communication and marketing, benefiting mainly from data storage, precise measurements on tooth shape analysis and objective evidence of occlusal contact. Aspects that still need to be improved forward the equine dentistry use of this technology are the software and equipment design, speed and processing of images and the cost of equipment.

## References

1. Carmalt J L Evidence-Based Equine Dentistry: Preventive Medicine, **Vet Clin of North Am: Equine Pract**, 2007;23(2):519-524. doi: 10.1016/j.cveq.2007.03.002.
2. Rowlands V Evolutions in equine dentistry **Vet Times** 2015, July 13 <https://www.vettimes.co.uk>
3. Elenko E, Underwood L, Zohar D Defining digital medicine. **Nature Biotechnology** 2015;33:456–461. doi.org/10.1038/nbt.3222.
4. Bosio JA, Del Santo M, Jacob HB Odontologia digital contemporânea – scanners intraorais digitais. **Orthod. Sci. Pract.**; v.10, n.39, p.355-362, 2017
5. Faddis A The Digital Transformation of Healthcare Technology Management. **Biomed Instrum Technol**, 2018;52(s2):34–38. <https://doi.org/10.2345/0899-8205-52.s2.34>
6. Konttila J, Siira, H, Kyngäs H, et al. Healthcare professionals’ competence in digitalization: A systematic review. **J Clin Nurs** Mar;28(5-6), p.745-761, 2019. <https://doi.org/10.1111/jocn.14710>
7. El Idrissi AH, Larfaoui F, Dhingra M, et al. Digital technologies and implications for Veterinary Services. **Rev Sci Tech (International Office of Epizootics)**. 2021;40(2):455-468. DOI: 10.20506/rst.40.2.3237.
8. Calton B, Abedini N, Fratkin M, Telemedicine in the Time of Coronavirus, **J Pain Symptom Manage**, 2020;60(1):e12-e14. doi: 10.1016/j.jpainsymman.2020.03.019

9. Veiga RAS, Rodrigues MVP, Santos AR, Guimarães ACS, Dutra SCS Telemedicina e Covid-19: uma revisão de literatura. **Revista Bioética Cremego**. 2021; 03(1):40-48.
10. Ender A, Mehl A Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. **J Prosthet Dent**. 2013;109(2):121-8. doi: 10.1016/S0022-3913(13)60028-1.
11. Flügge TV, Schlager S, Nelson K, Nahles SE, Metzgere MC Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner **Am J Orthod Dentofacial Orthop** 2013;144(3):471-8. doi: 10.1016/j.ajodo.2013.04.017.
12. Gan N, Xiong Y, Jiao T Accuracy of Intraoral Digital Impressions for Whole Upper Jaws, Including Full Dentitions and Palatal Soft Tissues. **PLoS ONE** 2016; 11(7): e0158800. doi: 10.1371/journal.pone.0158800
13. Amornvit P, Sanohkan S, Peampring C Studying the Optical 3D Accuracy of Intraoral Scans: An In Vitro Study **J Healthc Eng** 2020: 5739312. doi: [10.1155/2020/5739312](https://doi.org/10.1155/2020/5739312)
14. Schumacher A, Sihm W, Erol S Automation, digitization and digitalization and their implications for manufacturing processes. In: **Innovation and Sustainability Conference** Bukarest. 2016.
15. Frenzel A, Muench JC, Bruckner MT., Veit D. Digitization or digitalization? – Toward an understanding of definitions, use and application in IS research. Americas Conference on Information Systems (AMCIS) **Proceedings**. 18. 2021.
16. Iyamu I, Xu Axt, Gómez-Ramírez O, Ablona A, Chang H, Mckee G, Gilbert M, Defining Digital Public Health and the Role of Digitization, Digitalization, and Digital Transformation: Scoping Review **JMIR Public Health Surveill**. 2021;7(11):e30399 doi: 10.2196/30399

17. Ting-Shu S, Jian S Intraoral Digital Impression Technique: A Review. **J Prosthodont.** v. 24, n. 4, p.313-21, 2015.
18. Mama, KR, Grimsrud, K. Snell, T. Stanley, S. Plasma concentrations, behavioural and physiological effects following intravenous and intramuscular detomidine in horses **Equine Vet J** 2010;41(8):772-777. doi: 10.2746/042516409x421624.
19. Muir WW, Sams RA, Huffman RH, Noonan JS. Pharmacodynamic and pharmacokinetic properties of diazepam in horses **Am J Vet Res.** 1982 Oct; 43(10):1756-62. PMID: 7149375.
20. Lang A, Carvalho T B, Bretas M S, Reis E C C, Valente F L, Borges A P B Potential of digital intraoral scanning in equine dentistry: *ex vivo* preliminary study Unpublished data.
21. Zimmermann M, Mehl A, Mörmann WH, Reich S Intraoral scanning systems - a current overview. **Int J Comput Dent.** 2015;18(2):101–29.
22. Goracci C, Franchi L, Vichi A, Ferrari M, Accuracy, reliability, and efficiency of intraoral scanners for full-arch impressions: a systematic review of the clinical evidence. **Eur J Orthod.** 2016;38(4):422–8. doi: 10.1093/ejo/cjv077.
23. Imburgia M, Logozzo S, Hauschild U, Veronesi G, Mangano C, Mangano FG. Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative in vitro study. **BMC Oral Health.** 2017;17(1):92. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0383-4>
24. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, et al. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. **BMC Oral Health** 2017;17:149. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0442-x>

25. Mennito AS, Evans ZP, Ludlow M, Renne WG Evaluation of the effect scan pattern has on the trueness and precision of six intraoral digital impression systems. **J Esthet Restor Dent.** 2018;30(2):113-118.doi: 10.1111/jerd.12371.
26. Latham J, Mark L, Mennito A, Kelly A, Evans Z, RENNE W Effect of scan pattern on complete-arch scans with 4 digital scanners **J Prosthet Dent.** 2020;123(1):85-95 doi: 10.1016/j.prosdent.2019.02.008.
27. Kustrzycka D, Marschang T, Mikulewicz M, Grzebieluch W Comparison of the Accuracy of 3D Images Obtained from Different Types of Scanners: A Systematic Review **J Healthc Eng** Volume 2020, Article ID 8854204, 7 pages <https://doi.org/10.1155/2020/8854204>
28. Kravitz ND, Groth C, Jones PE, Graham, J. W., Redmond, W. R. Intraoral Digital Scanners **J Clinical Orthod (JCO)** 2014;48(6):337-347
29. Schmidt A, Schlenz MA, Liu H, Kämpe H.S, Wöstmann B The Influence of Hard- and Software Improvement of Intraoral Scanners on the Implant Transfer Accuracy from 2012 to 2021: An In Vitro Study. **Appl. Sci.** 2021, 11,7166. <https://doi.org/10.3390/app11157166>
30. Stookey Gk, González-Cabezas C Emerging Methods of Caries Diagnosis **J Dent Educ** 2001;65(10):1001-6. doi:10.1002/j.0022-0337.2001.65.10.tb03441.x
31. Gimenez T, Braga Mm, Raggio Dp, Deery C, Ricketts Dn, et al. Fluorescence-Based Methods for Detecting Caries Lesions: Systematic Review, Meta-Analysis and Sources of Heterogeneity. **PLoS ONE** 2013;8(4):e60421. doi:10.1371/journal.pone.0060421
32. Moreira LMYA, Amarante BC, Marotta BM, Iida CH, Nishimura DA, Schumiski S, Costa C, Laser fluorescence as an alternative for digital radiography in detecting caries lesions **Clin Lab Res Den.** 2020: 1-10. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2357-8041.clrd.2020.169239>

## CONCLUSÕES GERAIS

Através deste estudo inédito em medicina veterinária é possível afirmar que a IOS 3D é uma técnica eficiente, segura e compatível com a espécie equina, sendo esta de grande contribuição à prática e à pesquisa veterinária. A partir de sua realização, é possível a digitalização de processos operacionais que conduzem ao diagnóstico e tratamento baseados em ciência. O mapeamento do contato oclusal proporcionará maior confiabilidade à odontoplastia e ao ajuste oclusal. As mensurações precisas poderão ser fonte de dados para pesquisas e desenvolvimento de técnicas mais elaboradas, bem como contribuir à transformação digital aplicada à *medicina veterinária digital* e *odontologia equina digital*. As limitações relatadas nos resultados deste trabalho, principalmente relacionadas ao tempo gasto no procedimento, estimularão novos estudos para desenvolvimento de técnicas e equipamentos mais eficientes para uso em equinos.

ANEXO I- Certificação do CEUA

## CERTIFICADO

A Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA/UFV certifica que o processo nº 50/2021, intitulado “ **Escaneamento Intraoral 3D Digital em Medicina Veterinária** ”, coordenado pela professora Andréa Pacheco Batista Borges do Departamento de Veterinária, está de acordo com a Legislação vigente (Lei Nº 11.794, de 08 de outubro de 2008), as Resoluções Normativas editadas pelo CONCEA/MCTIC, a DBCA (Diretriz Brasileira de Prática para o Cuidado e a Utilização de Animais para Fins Científicos e Didáticos) e as Diretrizes da Prática de Eutanásia preconizadas pelo CONCEA/MCTIC, portanto sendo aprovado por esta Comissão em 15/10/2021, com validade de 12 meses.

## CERTIFICATE

The Ethic Committee in Animal Use/UFV certify that the process number 50/2021, named “ **Digital 3D Intraoral Scanning in Veterinary Medicine** ”, is in agreement with the a actual Brazilian legislation ( Lei Nº 11.794, 2008, Normative Resolutions edited by CONCEA/MCTIC, the DBCA (Brazilian Practice Guideline for the Care and Use of Animals for Scientific and the Guidelines of Practice the Euthanasia recommended by CONCEA/MCTIC therefore being approved by the Committee on October 15, 2021 valid for 12 months.



Prof. Mariella Bontempo Duca de Freitas  
Coordenadora  
Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA/UFV

ANEXO II- Normas do periódico.

# EQUINE VETERINARY JOURNAL

## AUTHOR GUIDELINES

### Sections

1. [Submission](#)
2. [Aims and Scope](#)
3. [Manuscript Categories and Requirements](#)
4. [Preparing the Submission](#)
5. [Editorial and Ethical Policies](#)
6. [Author Licensing](#)
7. [Publication Process After Acceptance](#)
8. [Post Publication](#)
9. [Editorial Office Contact Details](#)

Useful Links: [Submission Site](#), [Author Services](#), [Wiley's Ethical Guidelines](#), [Guidelines for Figures](#), [EVJ Clinical Audit Guidelines](#), [EVJ - Complaints Procedure \(PDF - 75K\)](#), [EVJ Manuscript Checklist](#), [Radiographic terminology and abbreviations](#), [Upper airway terminology and abbreviations](#), [Echocardiography terminology and abbreviations](#), [Wiley AMA Manual of Style](#)

### 1. SUBMISSION

Authors submitting an article do so with the understanding that the work and its essential substance have not been published in full before and is not being considered for publication elsewhere. If abstracts have been published, in print or online, full articles will be considered only if the published abstract was less than 1000 words and did not contain figures or tables. A copy of the abstract should be uploaded to ScholarOne at the time of submission as a supporting file (see [Section 4.9.i](#)). *EVJ* accepts material that has been presented orally at conferences that include web-based distribution of video or audio recording of presentations. Manuscripts are screened with software designed to detect plagiarism, including duplication of passages from the authors' previous papers. Reference to previous work within the methods section is generally more appropriate.

**Once the submission materials have been prepared in accordance with the Author Guidelines, manuscripts should be submitted online at <https://mc.manuscriptcentral.com/evj>**

The submission system will prompt authors to use an ORCID iD (a unique author identifier) to help distinguish their work from that of other researchers. [Click here](#) to find out more.

Click here for more details on how to use [ScholarOne](#)

For help with submissions, please contact: [jane@evj.co.uk](mailto:jane@evj.co.uk)

### 2. AIMS AND SCOPE

Equine Veterinary Journal (EVJ) publishes and promotes high quality peer-reviewed research that improves equine clinical practice and informs veterinary science. Clinical relevance is the most important criteria against which articles are assessed. This unrivalled international scientific journal is published 6 times per year with over 125 subscription articles per year and a variable number of additional Open Access articles. Contributions are received from sources worldwide.

*EVJ* expects to publish work of high scientific rigour. To support authors we regularly include editorial material which aims to define our scope and help authors and readers identify standards expected in commonly used study areas. Recent examples include:

[How to publish diagnostic imaging studies: common mistakes and recommendations](#)  
[Designing and performing pharmacokinetic studies for systemically administered drugs in horses](#)

[Clinical validation of diagnostic tests](#)

[Bayesian versus Frequentist approaches](#)

[Bias](#)

Early career researchers are encouraged to make use of our resources on publishing clinical research and writing for veterinary medicine available via our [website](#) and can access help with [manuscript preparation](#). Also, *EVJ* has collected together a number of editorial and tutorial articles on research methods [here](#).

Manuscripts first undergo an Internal Editorial Assessment to ensure that the manuscript content is of interest to our readership, of high scientific quality and the manuscript format conforms to our guidelines described below. If deemed appropriate, manuscripts are sent for peer review and our review process is double-masked (i.e. the reviewers are not identified to the authors and vice versa, see [Marr, C.M. \(2011\) Masking the peer review process: better or worse? Equine vet J, 43, 249](#)). Before being accepted for publication, at least two experts are consulted and many manuscripts also undergo assessment by an individual with expertise in study design and data analysis. Our median time for completing the review process for original submission is around 5 weeks. Accepted manuscripts are pre-published within 10 days of acceptance and immediately submitted for indexing.

### 3. MANUSCRIPT CATEGORIES AND REQUIREMENTS

*EVJ* publishes peer-reviewed research articles and reviews on all aspects of equine veterinary science. Categories include Original Articles (encompassing both experimental and clinical research), Technical Notes, Narrative Review, Evidence Reviews and Correspondence. We welcome submissions from researchers and clinicians from within institutes, hospitals or practices. Reports of novel treatments or diagnostic techniques are unlikely to be considered unless a sufficiently large number of cases have been studied to have reasonable insight in effectiveness and possible harms. Diseases, particularly infectious disease, which have not been reported previously are of interest; however, descriptions of individual cases or small numbers of equids with rare disorders that have been well characterised in other species are unlikely to be of interest, except where the report also illustrates a novel approach to clinical investigation or indicates that the condition is often misdiagnosed, likely to increase in prevalence (e.g. heritable mutation), or shows that novel or conventional treatments or investigations can cause severe harm. Authors should note that fewer than 10% of small case reports that are submitted are accepted.

Authors are encouraged to consult [Wiley's Free Online Guide: Writing for Publication in Veterinary Medicine](#).

#### 3.1 Original Articles

Original Articles should describe experimental or clinical studies. To minimise publication bias, *EVJ* encourages authors to publish negative results, providing the study had adequate power to detect differences and study design is robust.

*EVJ* readers value conciseness. Our target for Original Articles is around 4000-4500 words including figure legends, table legends and references with up to 3 tables and 6 figures, although we are prepared to consider longer articles reporting complex studies. Supplementary items are not included in this word count. Figures must be selected carefully and each must enhance the article. Our reviewers and editors will assess the value of each and where individual figures are not considered essential they may be deleted or moved to online only. Figures should have no more than 6 sub-panels. Our typesetters may choose to set out larger and composite figures across 2 columns but the author must consider the size of the resultant print images particularly

where diagnostic images are included in sub-panels. Images will be scaled to fit the page layout by the typesetters. Details of specific formats and requirements are given in [Section 4.4.vi](#).

A summary, aiming for around 300 words in total, should be provided with the following headings

- **Background:** The background behind the decision to choose this subject to study.
- **Objectives:** The statement that is being tested, and is testable by the methods (below); or the original aims and study deliverables.
- **Study design:** Concise statement of the study design<sup>§</sup>
- **Methods:** Brief description of materials and methods, including number of subjects, and methods of testing hypotheses.
- **Results:** Brief highlights of the results obtained.
- **Main limitations:** Concise statement of limitations and sources of bias. This will often include comments on the study population, its size and the study generalisability.
- **Conclusions:** Conclusions drawn from results.

<sup>§</sup> For concise definitions of clinical study designs see [https://en.wikipedia.org/wiki/Clinical\\_study\\_design](https://en.wikipedia.org/wiki/Clinical_study_design)

*EVJ*'s layout includes numbering for each section, i.e. 1. Introduction, 2 Materials and methods etc. which may be further divided into subsections e.g. 2.1. Animals, 2.2. Examination protocol, etc. The introduction should be limited to around 400 words and should be succinct (approximately two paragraphs), conveying why the subject is important and briefly describing what information is known. It is not necessary to provide references for widely accepted clinical practices or knowledge. Authors should bear in mind that most *EVJ* readers have a comprehensive knowledge of equine disease and it is not necessary to include background statements of a basic nature. A comprehensive review of the literature is unnecessary but do state clearly the rationale for your study along with your hypothesis or research question and specific objectives. Summarise how your approach will help fill the gaps in information previously stated. Do not summarise the study findings.

The remainder of the manuscript should be presented in the following sections; Materials and Methods, Results, and Discussion, with subheadings, including data analysis, as appropriate. Additional tables, figures, video material or text describing further details of methods or results can be submitted as Supplementary Items ([see Section 4.5](#)). Where questionnaires or other similar instruments have been used to collect data a copy of these must be included for online publication, translated into English and with identifying features removed if appropriate. All quantitative results should be analysed by appropriate statistical methods.

Articles must describe discrete studies, using references where appropriate to make methods sections concise. Pairs or larger sets of articles that must be reviewed, and subsequently read, together are not accepted. If appropriate, authors can upload in press articles with identifying details removed, for reviewers' use.

Additionally, although no substitute for obtaining advice on study design and data analysis at the time of planning their work, prior to submission authors must address the points in the [EVJ Manuscript Checklist](#). Where any form of data analysis is included authors are required to use the relevant section of our Submission Checklist when assessing their manuscripts prior to submission and a copy of the completed checklist must be uploaded with their submission.

### 3.1.1 Clinical Audit

Clinical audit is a quality improvement process that seeks to improve patient care and outcomes through systematic review of care against explicit criteria and the implementation of change (see Burgess R. *New Principles of Best Practice in Clinical Audit 2*. Oxford Radcliffe Publishing 2011). The steps in a clinical audit cycle involve (i) identification of a problem, (ii) definition of a standard against which to judge performance, (iii) collection of data, analysis of these data against the pre-determined standard, (iv) development and implementation of recommendations based on the outcome of this analysis and finally (v) re-audit. To evaluate the impact of these recommendations *EVJ* encourages submission of clinical audit addressing themes around improving outcomes, structures and processes, generating benchmarks and showing clinically important correlations.

Clinical Audits should conform in style and format to Original Articles and are most likely to be successful in *EVJ*'s peer-review process when the audit cycle has been completed. However, we will consider clinical audits which seek to generate benchmarks or uncover important data where the dataset is large and highly likely to be transferrable to other clinical centres. Usually, benchmark-generating audit should involve multiple centres to improve generalisability and applicability of the results.

**Authors considering submitting Clinical Audit to Equine Veterinary Journal should read our [Clinical Audit Guidelines](#).**

(...)

### 3.3 Technical Notes

A Technical Note is a short article giving a brief description of a specific development, technique or procedure, or it may describe validation studies or a modification of an existing technique, procedure or device applicable to equine veterinary medicine (in a clinical or research setting). The aim of a Technical Note should be to describe, evaluate and assess accuracy of the technique, procedure or device.

The technique, procedure or device described should have practical value and should contribute to clinical diagnosis or management, or be applicable in research. It could also present a software tool or an experimental or computational method. The article must describe a demonstrable advance on what is currently available. The main criteria for publication will be the novelty of concepts involved, the validity of the technique and its potential for clinical or research applications. The method needs to have been well tested in terms of accuracy, repeatability and safety and authors are encouraged to highlight key challenges in development of novel methods and how they addressed these. The Technical Note can demonstrate use of the technique, procedure or device in a research or clinical setting, but Authors are cautioned that a Technical Note is not generally an appropriate format to describe a hypothesis-driven study or study seeking to answer a specific clinical question where an Original Article format is usually more appropriate.

Technical Notes should be around 2500 words in length and should contain no more than 2 figures and 2 tables, with a short structured summary in our usual format ([see Section 3.1](#)).

(...)

## 9. EDITORIAL OFFICE CONTACT DETAILS

[jane@evj.co.uk](mailto:jane@evj.co.uk)

*Author Guidelines updated 27 May 2021*