UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA– NÍVEL MESTRADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA – RADIOLOGIA

PIETRA RODRIGUES ANTONELLO

CONCEPÇÃO DE UM COEFICIENTE DE CORREÇÃO PARA AVALIAÇÃO RADIOGRÁFICA DA CRISTA ÓSSEA ALVEOLAR. UM ESTUDO PILOTO

Porto Alegre, RS
2023

Pietra Rodrigues Antonello

CONCEPÇÃO DE UM COEFICIENTE DE CORREÇÃO PARA AVALIAÇÃO RADIOGRÁFICA DA CRISTA ÓSSEA ALVEOLAR. UM ESTUDO PILOTO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Área de Concentração em Clínica Odontológica, Ênfase em Radiologia e Imaginologia Odontológica, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, RS), como requisito parcial à obtenção do título de **Mestre em Clínica Odontológica/Radiologia.**

Orientador: Prof. Dr. Heraldo Luís Dias da Silveira

Porto Alegre, RS

2023

Dados de catalogação-na-publicação:

Antonello, Pietra
Concepção de um coeficiente de correção para avaliação radiográfica da crista óssea alveolar. Um estudo piloto / Pietra Antonello. -- 2023.
50 f.
Orientador: Heraldo Luís Dias da Silveira.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, , Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Elaborar um coeficiente de correção para avaliação radiográfica da crista óssea alveolar.. 2. Avaliar a influência da angulagem vertical na avaliação da COA;. 3. Avaliar a influência da resolução de escaneamento na avaliação da COA;. 4. Avaliar a influência do uso dos filtros na avaliação de altura da COA. I. Dias da Silveira, Heraldo Luís, orient. II. Título.

Pietra Rodrigues Antonello

CONCEPÇÃO DE UM COEFICIENTE DE CORREÇÃO PARA AVALIAÇÃO RADIOGRÁFICA DA CRISTA ÓSSEA ALVEOLAR. UM ESTUDO PILOTO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Área de Concentração em Clínica Odontológica, Ênfase em Radiologia e Imaginologia Odontológica, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, RS), como requisito parcial à obtenção do título de **Mestre em Clínica Odontológica/Radiologia.**

Aprovado em 03 de março de 2023:

_____

Dr. Heraldo Luís Dias da Silveira (UFRGS) (Presidente/Orientador)

_____

Dra. Priscila Fernanda da Silveira Tiecher (UFRGS)

_____

Dr. Eduardo José Gaio (UFRGS)

_____

Dr. Mathias Pante Fontana (Externo)

Porto Alegre, RS

2023

À minha avó, Terezinha, por sempre me incentivar a continuar estudando. Por ser essencial em minha vida, minha guia e motivação diária para continuar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, por me dar saúde e sempre estar ao meu lado me guiando e dando forças.

Á minha família, aos meus pais e irmãos, pela oportunidade de uma educação como prioridade, por todo amor, união e suporte para concluir mais uma etapa e seguir no rumo que escolhi trilhar. Ao meu namorado, pela cumplicidade, respeito, admiração, palavras semanais de motivação e ser, muitas vezes, a razão. Aos meus amigos, que independente da distância, se fizeram presentes nos mínimos detalhes.

Ao meu orientador, pela oportunidade de ser sua orientada, pela atenção, dedicação e paciência. Também, por todos os ensinamentos compartilhados de forma admirável pautado por um elevado e rigoroso nível científico, e por me guiar nos primeiros passos da pós-graduação.

Aos meus professores da graduação e do programa de pós-graduação, pelos ensinamentos que transcendem os limites da Universidade.

Agradeço também à Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, pela excelente qualidade no ensino público e por todos os conhecimentos que adquiri aqui nos anos transcorridos.

A todos àqueles que contribuíram para o meu crescimento e evolução, deixo aqui o meu agradecimento!

RESUMO

AUTOR: Pietra Rodrigues Antonello
ORIENTADOR: Heraldo Luís Dias da Silveira

A distorção da imagem radiográfica é influenciada pela angulação vertical. A igual sobreposição das cúspides vestibular e lingual resulta uma imagem mais próxima do real. O grau de imprecisão pode ser estimado relacionando essas alturas. O objetivo do estudo foi analisar a diferença de altura entre as cúspides na radiografia estabelecendo relações de proporção entre si. Também, elaborar um coeficiente de correção em relação a essa proporção. Realizado no laboratório e aprovado pelo comitê de ética UFRGS. Foram utilizados 21 dentes artificiais, molares e pré-molares, costela bovina. Neles, com auxilio do posicionador, realizadas radiografias interproximais. As angulagens verticais utilizadas foram: 0°, +5° e +10°, e processadas em três pl/mm: 20, 25 e 40. À cada imagem, além da original, foi aplicada o filtro Perio. Assim, 18 imagens analisadas por 3 especialistas, resultando em 252 medições para cada avaliador, totalizando 756 medidas. Os resultados mostraram que a variabilidade total das medidas é, principalemte, explicada pela variação anatômica dos dentes. O método que mais se aproximou do real, para cúspide e crista óssea alveolar (COA), foi 0° 25 pl/mm Filtro Perio. O fator de correção conseguiu explicar 71,45% dos erros. Assim, a variação da angulagem vertical interfere nas medidas das cúspides e COA, a angulagem em 0º e resolução espacial de 25 pl/mm apresentaram melhores resultados. A utilização dos coefientes de correção se aproximou dos valores reais.

Palavras-chave: Radiografia Interproximal. Dente Molar. Dente Pré-Molar. Raios-x. Radiografia Dentária Digital. Medidas de Correlação.

ABSTRACT

AUTHOR: Pietra Rodrigues Antonello
ADVISOR: Heraldo Luís Dias da Silveira

Distortion of the radiographic image is influenced by the vertical angulation. The equal overlapping of the buccal and lingual cusps results in an image closer to reality. The degree of inaccuracy can be estimated by relating these heights. The aim of the study was to analyze the difference in height between the cusps on the radiograph, establishing relationships of proportion between them. Also, elaborate a correction coefficient in relation to this proportion. Performed in the laboratory and approved by the UFRGS ethics committee. Twenty-one artificial teeth, molars and premolars, bovine ribs were used. With the aid of the positioner, interproximal radiographs were taken. The vertical angles used were: 0°, +5° and +10°, and processed in three lp/mm: 20, 25 and 40. The Perio filter was applied to each image, in addition to the original one. Thus, 18 images were analyzed by 3 specialists, resulting in 252 measurements for each evaluator, totaling 756 measurements. The results showed that the total variability of the measurements is mainly explained by the anatomical variation of the teeth. The method that came closest to reality, for cusp and alveolar bone crest (ABC), was 0° 25 lp/mm Perio Filter. The correction factor managed to explain 71.45% of the errors. Thus, the variation of the vertical angulation interferes with the measures of the cusps and ABC, the angulation at 0º and spatial resolution of 25 lp/mm presented better results. The use of correction coefficients approached the actual values.

Keywords: Radiography, Bitewing. Molar. Bicuspid. X-Rays. Radiography, Dental, Digital. Correlation Measures.

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	**8**
1.1	**Análise da crista óssea alveolar**	**8**
1.2	**Recursos da radiografia digital**	**11**
1.3	**Dificuldade na avaliação da crista óssea alveolar**	**13**
1.4	**Avaliação da qualidade dos exames radiográficos**	**14**
2	**OBJETIVOS**	**16**
2.1	**Geral**	**16**
2.2	**Específicos**	**16**
3	**ARTIGO CIENTÍFICO**	**17**
4	**CONSIDERAÇÕES FINAIS**	**30**
5	**REFERÊNCIAS**	**31**
	ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP	**35**
	ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	**36**
	ANEXO C – NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NO PERIÓDICO (COI)	**38**

1 INTRODUÇÃO

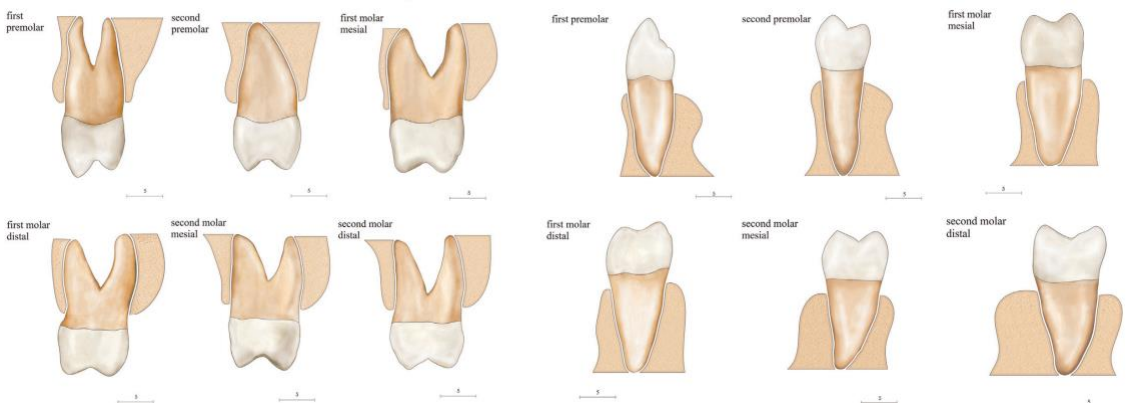
Uma correta e precisa medição da altura e espessura do osso alveolar é de grande importância clínica. Essa influi no tratamento periodontal, ortodôntico, planejamento de implantes, dentre outras tomadas de decisão. Altura, espessura, volume e qualidade do osso alveolar desempenham um papel crucial. Em 2018 no *EuroPerio Conference,* conferência mundial de periodontia e implantodontia organizada pela Federação Europeia de Periodontia, em Amsterdam, reafirmou-se a importância e impacto que o exame por imagem e utilização das radiografias tem nessa área(1).

1.1 Análise da crista óssea alveolar

A estrutura óssea que contém os alvéolos dentários e dá suporte aos dentes, é denominada processo alveolar. Em conjunto com o cemento radicular e o ligamento periodontal, o osso alveolar constitui o aparelho de inserção dos dentes, cuja função principal é distribuir e absorver as forças. É composto por tábuas corticais, porção central esponjosa e osso que delimita os alvéolos e se unem na crista alveolar. Esse se desenvolve em associação com o desenvolvimento e a erupção dos dentes e é gradativamente reabsorvido quando os dentes são perdidos. Além disso, as características morfológicas do processo alveolar estão relacionadas ao tamanho e à forma dos dentes, aos eventos que ocorrem durante a sua erupção, assim como à inclinação dos dentes erupcionados. (2,3)

As dimensões do processo alveolar variam em cada região da maxila e mandíbula (2,4,5). Na maxila, a espessura do osso alveolar na região de pré-molares pode variar de 0,9mm a 4,3mm e na região de molares 1,34 mm a 7,72 mm. Já na região de mandíbula, a região dos pré-molares variam de 0,6 mm a 4,8 mm e os molares de 1,58mm a 9,18 mm (2). (Figura 1)

Figura 1– Variação nas dimensões do processo alveolar nas diferentes regiões da maxila e mandíbula



Fonte: (Shafizadeh M, Tehranchi A, Shirvani A, Motamedian SR, 2021, p. 13).

A distância entre a junção cemento-esmalte (JCE) e a crista óssea alveolar (COA) é usada como ponto de partida para estimar a perda de osso alveolar. Em situações clínicas, é possível medir a altura do osso alveolar e associar com outros critérios com o auxílio da imagem radiográfica, como ausência da lâmina dura e morfologia da crista óssea. Esses diferentes critérios de diagnóstico devem ser observados para considerar a presença de perda óssea. (3,6)

Em situações clínicas é possível mensurar se o espaço biológico foi infringido. Esse espaço compreende a distância entre o fundo do sulco gengival histológico e a crista óssea alveolar, desconsiderando o epitélio histológico (3). Essas distâncias foram mensuradas e obtiveram as seguintes distâncias médias no espaço biológico periodontal: sulco histológico (0,69 mm), epitélio juncional (0,97 mm) e inserção do tecido conjuntivo (1,07 mm), totalizando 2,73 mm (7).

A radiografia é uma ferramenta de inestimável valor no auxílio do diagnóstico de doença periodontal (8,9). O percentual de erros radiográficos intrabucais varia entre os estudos (10). Isso pode ser explicado pela diferente técnica empregada, uso de posicionador, ao tipo de cone de raios X e também à avaliação do pesquisador (11).

Ao interpretar uma radiografia há dois tipos de osso alveolar que podem ser identificados: osso cortical e osso esponjoso. O osso alveolar circunda o dente até o nível aproximado de 1,5 mm apicalmente à junção cemento-esmalte. A borda coronária do osso é chamada de crista alveolar (Figura 2). (3,12)

Figura 2- Radiografia interproximal com uso do posicionador radiográfico



Fonte: (Banco de imagens setor de radiologia UFRGS, 2021).

Dentre as diferentes técnicas intraorais, as interproximais, são fundamentais para avaliação do osso alveolar, podendo confirmar a existência e o grau (inicial, moderada e severa) da perda óssea e, ainda possibilitam a comparação com exames futuros, verificando assim a evolução ou não da perda óssea. Essa tem como característica ser de fácil manipulação e rapidez na execução, além de proporcionar grau de distorção mínimo (8,12,13). A mensuração da COA, em radiografia interproximal, é mais equivalente em relação às medidas de sondagem periodontal e representa maior confiabilidade entre os parâmetros clínicos e radiográficos quando comparada com as técnicas radiográficas periapical e panorâmica. Além disso, as diferenças nas medidas da distância entre a junção cemento-esmalte e a crista alveolar na mesma unidade dentária mostra a radiografia interproximal superior à periapical com técnica do paralelismo (10,12,13).

A técnica interproximal pode ser executada com aleta e posicionadores, dando suporte para os filmes/receptores radiográficos para orientação do cilindro. Assim, auxiliando o examinador no posicionamento do cabeçote do aparelho de raios X, com relação ao ajuste dos ângulos verticais e horizontais e da área de incidência do feixe e melhoram a relação do filme com o longo eixo do dente (12,13).

A radiografia deve apresentar condições básicas de qualidade. Para isso, a técnica deve ser executada dentro das normas recomendadas, exibindo detalhe, densidade e contraste apropriados, para então poder ser interpretada. Essa sofre influência de fatores como quilovoltagem (kVp), miliamperagem (mAs), tempo de exposição, filtros e colimadores adequados a técnica tomada escolhida (considerando os princípios geométricos de formação da imagem).

A fim de medir a distância da JCE-COA, quando associados a uma radiografia de boa qualidade, pode-se utilizar paquímetros digitais, régua, compasso e programas de medição digital (14). Os paquímetros digitais e programas de computador medem essa distância com maior precisão quando comparados a medição com réguas e compassos (15). Na avaliação realizada entre a distância da JCE-CA na dentição decídua com paquímetro digital e um programa digital, concluiu-se que tanto um quanto o outro apresentavam boa confiabilidade, já que se mostraram reprodutíveis, apresentando boa concordância intra e inter-examinadores (coeficientes de correlação intra-classe maiores que 0,85). Entretanto, houve diferença nas medições entre os dois métodos. Porém, apesar desta ser estatisticamente significante, a mesma foi considerada clinicamente irrelevante. (14,15)

1.2 Recursos da radiografia digital

Devido aos avanços em termos de tecnologia digital dos aparelhos e informática, tornou-se possível a utilização dos receptores de imagens digitais. A tecnologia digital dentro da radiologia odontológica trouxe inúmeros benefícios como maior sensibilidade, a possibilidade de realizar cópias das imagens sem expor o paciente, novamente, à radiação X, eliminação de processamento químico, aperfeiçoamento no processo digital, facilidade de armazenamento, visualização instantânea da imagem, possibilidade de manipulação das imagens (12).

Há dois sistemas radiográficos intraorais principais disponíveis comercialmente: o primeiro baseia-se em dispositivos de estado sólido, como o CCD (*Charge-Coupled Devices*) ou o CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*), os quais são sistemas diretos. O outro, baseia-se em um sistema de armazenamento de fósforo (PSP ou *Photostimulable Phosphor Plate*), considerado semi-direto. (12)

Aziman, Hellén-Halme e Shi (2019) compararam a qualidade subjetiva da imagem dos sensores CCD e CMOS, avaliando radiografias bitewing, de modo que não houve nenhuma diferença estatisticamente significativa, corroborando com estudo anteriormente realizado por Paurazas et al. (2000). No entanto, a quantidade de dose de radiação utilizada no sistema CMOS é 20–25% menor, requerendo menos energia e uma vida útil mais longa (16,17). No entanto, há variação significativa na qualidade da imagem entre os CMOS principalmente no nível de ruído e a resolução de baixo contraste (18). A rigidez dos receptores diretos promove dificuldades para correto posicionamento dos mesmos na boca do paciente, causando desconforto e muitas vezes gerando necessidade de repetições das aquisições, assim, perdendo a vantagem do menor tempo de exposição (19).

Ikuta e Salzedas (2018) compararam os dois sistemas digitais de radiografias intraorais, PSP e CMOS. O sistema CMOS apresentou imagem final com uma sombra radiopaca generalizada e sua área de imagem é menor quando comparada ao sistema PSP. Contudo, a placa de fósforo, apesar do seu alto custo de implementação, foi considerado o sistema mais confortável ao paciente. Quando comparado o sistema PSP e o dispositivo de carga acoplada (CCD) pode-se perceber que a qualidade da imagem e realização da técnica, principalmente angulação, o PSP foi superior ao CCD, entretanto, o CCD foi mais eficiente em relação ao tempo. (20)

Receptores de imagem PSP têm sido mais utilizados, devido a sua menor espessura e maior flexibilidade. Entretanto, o PSP é extremamente sensível e susceptivel a arranhões e marcas de mordidas, os quais são danos irreversíveis (12,19). Não só, apresentam ampla escala dinâmica, ou seja, independente do tempo de exposição, são obtidas radiografias de qualidade aceitável para o diagnóstico (21).

A manipulação das imagens digitais abrangem diversos recursos como a mensuração de distâncias e de ângulos, inversão de contraste, avaliação de densidade, alteração de brilho e de contraste (22). Com o uso adequado de *softwares*, no processamento da imagem ainda podem ser usados filtros específicos (*fine, caries, endodontic, periodontal*) e zoom, melhorando a qualidade da imagem e auxiliando na interpretação radiográfica e no diagnóstico de patologias orais. Essas ferramentas podem melhorar ou ajudar a interpretação radiográfica de diversas patologias, porém, se aplicadas de forma inadequada, podem degradar a imagem e prejudicar a capacidade diagnóstica (23–25).

A utilização de filtros presentes nos *softwares* dos sistemas digitais pode ajudar na detecção de lesões e seu efeito na acurácia pode variar entre os sistemas e entre os observadores no mesmo sistema (23,26,27). Estudo realizado utilizando o sistema de filtros do *software VistaScan* (Dürr Dental, Beitigheim-Bissingen, Alemanha) observou-se os mesmos não influenciam na acurácia diagnóstica das lesões periapicais mas as lesões maiores foram encontradas com maior frequência (28).

Os receptores digitais possuem como uma de suas propriedades de formação de imagem, a capacidade de distinguir com precisão e detalhes uma imagem radiográfica, conhecida como Resolução Espacial a qual, é mensurada através de pares de linha por milímetro (pl/mm)(12). Os sistemas radiográficos intra orais digitais e convencionais possuem valores similares quando se refere a resolução espacial máxima, 25 pl/mm (29). Ferreira et al. (2019) em seu estudo sobre o efeito das diferentes resoluções espaciais para o sistema de receptores indiretos na detecção de lesões de cáries proximais, concluiu que a

variação do pl/mm é capaz de influenciar na detecção de cáries proximais incipientes (30). Para a aquisição da imagem digital, tamanho do pixel e profundidade do bit são determinantes para a resolução espacial e de contraste. Quanto menor o tamanho do pixel, maior a resolução espacial e quanto maior a profundidade do bit, maior a resolução do contraste (31).

1.3 Dificuldade na avaliação da crista óssea alveolar

Dentre as técnicas radiográficas periapicais, a do paralelismo é mais eficiente quando comparada a da bissetriz, ainda assim, por limitações da técnica apresenta deficiências quanto a nitidez para a observação de perda óssea incipiente. Já, a técnica radiográfica interproximal ou *bite-wing* é mais próxima do padrão ouro quando comparada às técnicas periapicais para avaliação da altura óssea alveolar. A técnica radiográfica interproximal com posicionadores minimiza o incorreto diagnóstico da altura da crista óssea alveolar, por auxiliar na obtenção de adequada angulação vertical. (12,13)

Embora a técnica *bite wing* seja eficaz para avaliar a perda óssea alveolar, as radiografias possuem como limitação apresentar imagens em duas dimensões de uma estrutura tridimensional, assim, com ausência de profundidade e suscetível sobreposição das estruturas nas imagens radiográficas (32). Considerando atividade da doença periodontal, o diagnóstico apenas da altura da crista óssea alveolar na radiografia não é suficiente como método único, uma vez que ela mostra apenas as consequências das alterações periodontais nos tecidos, sendo necessária avaliação clínica, como a sondagem periodontal. Além disso, Cortelli et al. (2004) ressaltam a importância da utilização de posicionadores interproximais para a padronização radiográfica, assim, aumentando consideravelmente o correto potencial diagnóstico nas radiografias, diminuindo os erros de alinhamento e oscilação vertical (33).

A distorção da imagem radiográfica pode ser influenciada por inúmeros fatores. Dentre eles está a angulação vertical do feixe de raios X, cuja influência na qualidade geométrica da imagem radiográfica é conhecida: angulação vertical excessiva resulta em encurtamento da imagem, enquanto angulação vertical insuficiente resulta em alongamento da imagem (12). Assim, uma incorreta angulação vertical pode acarretar em uma altura radiográfica da crista óssea alveolar diferente da real (34).

Jenkins, Dummer e Comber (1995) investigaram o efeito da angulação do feixe de raios-X nas imagens radiográficas de crânios humanos, utilizando a medição da distância entre a junção amelo-cementária e a crista óssea alveolar como critério para diagnóstico. As tomadas radiográficas foram feitas com angulagem vertical 0, 10 e 20 graus positivos e negativos. Os resultados mostraram que a distância entre a junção amelo-cementária aparente

e a crista óssea aparente (radiográficas) foi significativamente reduzida em relação ao valor em 0 ao variar a angulação do feixe na direção vertical. (35)

Mehdizadeh, Amintavakoli e Allahverdi (2006), avaliaram o efeito de diferentes ângulos verticais de raios-X (0, -10 e +10 graus) em técnicas interproximais no diagnóstico da perda de altura da crista óssea alveolar em crânios. Os resultados mostraram que, embora a avaliação radiográfica subestime a perda óssea em relação à avaliação clínica, a angulação vertical zero foi a que mais se assemelhou com as medidas clínicas. (36)

1.4 Avaliação da qualidade dos exames radiográficos

Uma radiação é considerada ionizante quando possui energia suficiente para ionizar átomos (12). A expressão ALARA (*As Low As Reasonably Achievable)*, em tradução livre, "tão baixo quanto razoavelmente exequível" foi criada em 1977 pela Comissão Internacional de Proteção contra a Radiação (CIPR) com o objetivo de minimizar as doses de exposição de pacientes e de operadores à radiação. Dessa forma, a responsabilidade de decidir a técnica radiográfica mais adequada às necessidades clínicas do paciente é do Cirurgião-Dentista, justificando que a exposição à radiação ionizante é capaz de coletar informações que levem ao diagnóstico. (37)

Em dentes posteriores, quando há igual sobreposição das cúspides vestibular e lingual, considera-se que a imagem demonstra suas posições corretas em relação ao processo alveolar, ou seja, que não há incorreta angulação vertical na radiografia. Assim, uma forma de evitar a repetição desnecessária da radiografia, quando o foco é avaliar a altura da COA, é analisar a diferença de altura entre as cúspides vestibular e lingual na radiografia estabelecendo relações de proporção entre si e entre a crista óssea. (12)

Hausmann et al. (1989) observou que o grau de imprecisão das medidas de altura da crista óssea alveolar estava relacionado à magnitude do desvio angular vertical do feixe de raios-X. Esse pode ser estimado a partir de um cálculo relacionando as alturas entre as cúspides lingual e vestibular. Utilizou-se a técnicas *bite wing* e periapical com angulações verticais iniciais perpendiculares ao objeto (90°) e, posteriormente, desviava-se o feixe em 10°, 20° e 30° da linha de base de 90°. Os cálculos para a altura da crista consideraram a ponta da cúspide lingual até a JCE em relação a ponta da cúspide vestibular até a JCE. Os autores determinaram, com base nos escores de altura da cúspide, que a angulação do feixe de raios-x para radiografias interproximais em posteriores foi inferior à ocorrida na técnica periapical. Assim, o exame mais indicado para a avaliação dos níveis da COA é o interproximal.(38)

Existem diferentes metodologias capazes de estimar e calcular a distância entre a JCE e a COA, principalmente quanto ao diagnóstico de perda óssea. Com a finalidade de evitar fazer uma nova tomada radiográfica para o estabelecimento da medida correta da crista óssea alveolar é possível estabelecer uma relação de proporção para determiná-la. Gomes Filho et al. (2004) realizaram dois métodos para obtenção da medida da COA à JCE: paquímetro digital e em imagem digitalizada pela técnica indireta. Concluiu-se que não existiu diferença estatisticamente significante entre as médias das medidas da região de molares superior, já na região de molares inferiores, houve significância estatística na diferença entre a média da medida JCE/COA quando comprados os dois métodos digitais.(39)

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Elaborar um coeficiente de correção para avaliação radiográfica da crista óssea alveolar.

2.2 Específicos

1. Avaliar a influência da angulagem vertical na avaliação da COA;
2. Avaliar a influência da resolução de escaneamento na avaliação da COA;
3. Avaliar a influência do uso dos filtros na avaliação de altura da COA.

3 ARTIGO CIENTÍFICO

Formatado de acordo com as regras da Clinical Oral Investigations (COI)

RESEARCH ARTICLE

Development of a correction coefficient for radiographic evaluation of the alveolar bone crest: a pilot study

[1]Pietra Rodrigues Antonello

[1] Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Dental School, Porto Alegre, Brazil

Objectives: To analyze the differences in cusp height on radiographs, establishing proportional relationships between cusp and alveolar bone crest (ABC) measurements. The primary goal of this study was to develop a correction coefficient by considering this proportion. *Materials and Methods:* Twenty-one artificial teeth, molars and premolars, and bovine ribs were used. Interproximal radiographs were taken with the aid of a positioner. The vertical angles used were: 0°, +5°, and +10°, and processed using three lp/mm resolutions: 20, 25 and 40. The Perio filter was applied to each image, in addition to the original one. Combinations of angle, resolution, and filter were made. Eighteen images were analyzed by three specialists, resulting in 252 measurements for each evaluator, totaling 756 measurements. *Results:* The overall variability of the measurements can be explained mainly by the variation in tooth anatomy. The 0° 25 lp/mm Perio filter method was the closest one to the actual clinical scenario for both cusps and ABC. The correction factor managed to explain 71.45% of the errors. *Conclusions*: The variation in vertical angulation interferes with cusp and ABC measurements, and the angulation at 0º and spatial resolution of 25 lp/mm showed better results. The use of correction coefficients allowed approaching actual measurement values. *Clinical relevance:* More accurate ABC height measurements are essential even in radiographic exams that do not meet the standard of excellence because the need to repeat radiographic exams is then eliminated.

Keywords: Radiography, Bitewing; Molar; Bicuspid; X-Rays; Radiography, Dental, Digital; Correlation Measures.

INTRODUCTION

The bony structure that contains the dental alveoli and supports the teeth is known as alveolar process, and its characteristics are related to the size, shape, and inclination of erupted teeth [1,2]. The dimensions of the alveolar process vary in each region of the maxilla and mandible (2–4). The distance between the cementoenamel junction (CEJ) and the alveolar bone crest (ABC) is employed as a parameter for estimation of alveolar bone loss. In the clinical setting, one can measure the height of the alveolar bone by means of periodontal probing and associate it with other criteria with the aid of radiographic images [1,5,6]. In 2018, with the new classification of periodontal diseases, the importance and impact of imaging exams were underscored [7].

Radiographs are invaluable diagnostic tools in periodontal disease [6,8]. Measurements of ABC level on interproximal radiographs using positioners are closer to actual periodontal probing measurements, increasing

the reliability between clinical and radiographic parameters when compared with periapical and panoramic radiographs [9–11].

Phosphor storage plate (PSP) image receptors have been more widely used because of their smaller thickness and greater flexibility [12]. They can accurately disclose details on radiographic images. This ability is known as spatial resolution, which is measured in terms of line pairs per millimeter (lp/mm) [13]. Digital images allow for the use of features such as distance and angle measurements, density assessment, brightness and contrast adjustments, zooming, and application of filters [14]. The filters provided with software programs, when used properly, can help detect lesions, influencing diagnostic accuracy and frequency of lesions [15–18]. However, if applied inappropriately, they can degrade the images and hinder the diagnostic potential [13,15,19].

Radiographic image distortion can be influenced by several factors, including the vertical angulation of X-ray beams, which causes the radiographic height of the ABC to differ from the actual height [13]. Mehdizadeh, Amintavakoli, and Allahverdi radiographically demonstrated an underestimated bone loss as compared to clinical measurements [20]. Zero vertical angulation was found to be the closest to that observed in clinical measurements, thus corroborating the findings of Jenkins, Dummer, and Comber [20,21].

When the overlap of buccal and lingual cusps in posterior teeth is evenly distributed, the image is deemed to be closer to the images obtained in the clinical setting [10]. Hausmann et al. observed that the level of inaccuracy of radiographic images of ABC height can be estimated by calculating the heights between the lingual and buccal cusps [22].

Therefore, to avoid unnecessary repetition of radiographs for the assessment of ABC height, the aim of this study was to evaluate height differences between the buccal and lingual cusps on radiographs, establishing proportional relationships between them and the bone crest. The study also aimed to devise a correlation coefficient for this proportion.

MATERIALS AND METHODS

This was a quantitative cross-sectional observational study approved by the Research Ethics Committee of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brazil, process no. 5.133.756. The study was carried out at the Laboratory of Digital Image Processing (LAPID), Division of Radiology of the UFRGS Dental School.

The minimum sample size and power were estimated by R software version 4.2.0 (University of Auckland, New Zealand). Considering a hypothesis test with an 80% power, 5% significance level, and a minimum difference of less than 1, the study sample should include 21 ABC images.

LikeReal artificial teeth (LikeReal 3D Solutions, Porto Alegre, Brazil) were used for the experiment. The anatomic assessment was based on cone-beam computed tomography (CBCT) and printed in high-resolution 3D, with radiopacity similar to that of natural teeth. Bovine rib specimens were used to simulate the mandibular and maxillary bones, given that their density and radiopacity resemble those of the human maxilla. Ribs with similar dimensions to those of alveolar processes of the molar and premolar regions of the maxilla and mandible were selected [2,4]. A size 6 spherical surgical bur was utilized to drill the bone and simulate the dental alveolus, according to the anatomy of each tooth (Fig. 1).

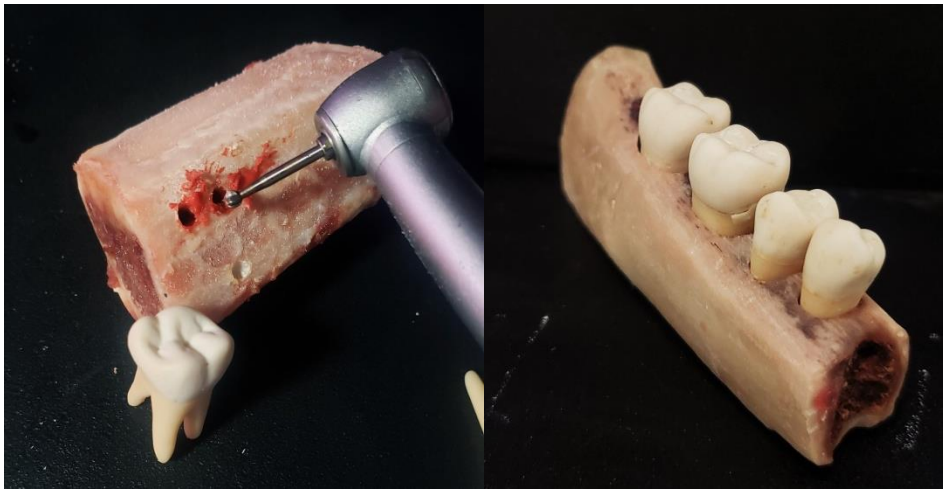


Fig.1 Preparation of bovine rib for placement of artificial teeth

Lower and upper molars and premolars were used. Mandibular second molar, maxillary second molar, and maxillary second premolar were not included in the measurements because they were not available in 3D models on *LikeReal* website. These teeth were replaced with maxillary first molar, mandibular first molar, and mandibular second premolar to complete the tooth groups and better simulate actual interproximal radiography.

The bovine ribs were positioned in the articulator and fixed in plaster to simulate interproximal radiography and to ensure that all radiographs would be taken at the same horizontal angle (Figs. 2 and 3).

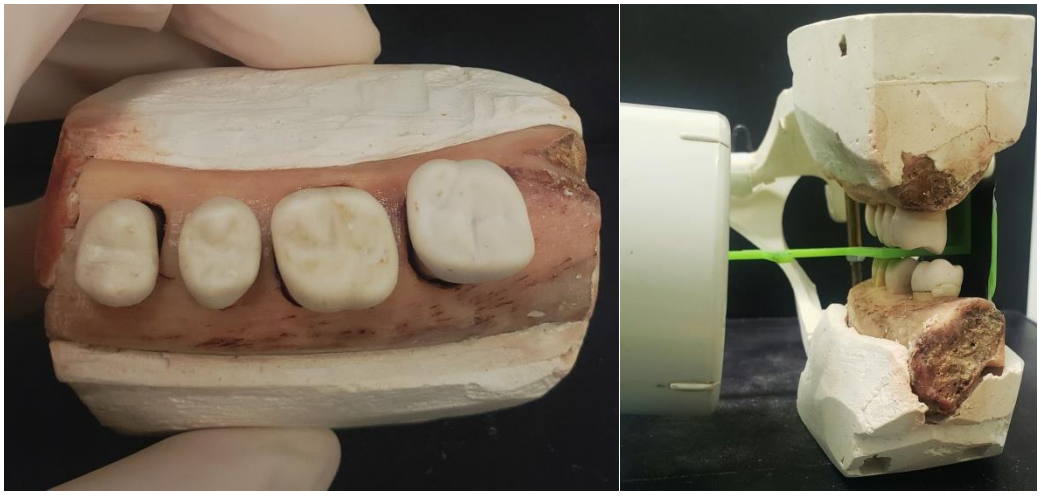


Fig.2 and Fig.3 Ribs positioned in plaster, articulator, and interproximal radiographic positioner

The radiographs were taken using a Gnatus periapical device (Barretos, São Paulo, Brazil) operating at 70Kvp, 7mA, with an exposure time of 0.5 s, a focus-film distance of 20 cm, and horizontal angle parallel to the proximal surfaces. A size 2 VistaScan phosphor plate (3x4 cm) (Dürr Dental, Beitigheim-Bissingen, Germany) was used with a vertical angulation range of 0°, +5°, and +10° [13,20,21]. The phosphor plates were scanned on appropriate equipment using DBSWIN software (Dürr Dental, Beitigheim-Bissingen, Germany). Three different line pairs per millimeter (lp/mm) were utilized: 20, 25, and 40. The Perio filter was applied to each image and to the original (unfiltered) image. The images were saved in JPEG format and exported individually (Fig. 4)



Fig.4 Interproximal radiograph at 0°, 40 lp/mm scanning resolution, with and without the use of Perio filter, respectively

Eighteen images were analyzed, combining angles, resolution, and filter. Each radiograph consisted of eight teeth, out of which five were assessed. Measurements were performed on seven cusps and seven ABCs on each radiograph, totaling 126 measurements of cusp height and 126 measurements of ABC height. Therefore, 252 measurements per evaluator were made, totaling 756 measurements.

ABC measurements were taken in the most prominent region in contact with the proximal surface of the tooth. In the group of molar teeth, the measurements were performed on the mesial and distal surfaces because there were two cusps to be measured. In the case of premolar teeth, the measurements were taken only on the distal surface of the existing cusp. Cusp measurements were made in the most prominent part, parallel between the buccal and lingual surfaces. If these surfaces were not parallel, the straight line was extended so as to generate this parallelism and permit the measurements (Figs. 5 and 6)

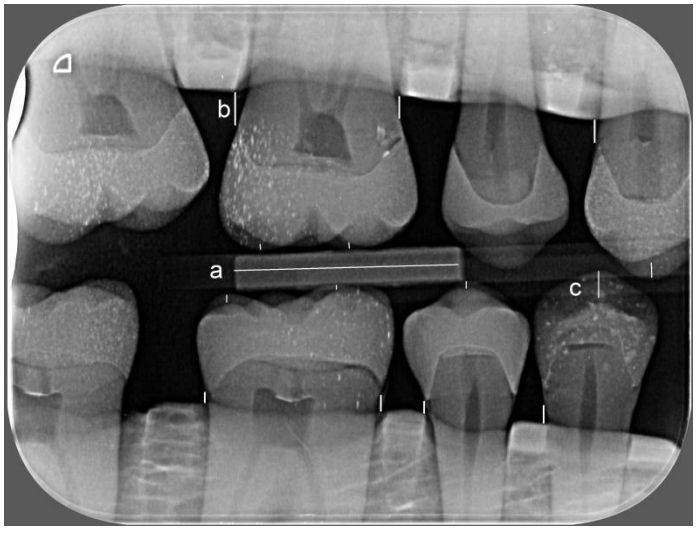


Fig.5 Measurement points on all radiographs. a: Measurement used for calibration in the ImageJ software using a normal and well-known reference size; b: Regions where alveolar bone crest heights were measured; c: Regions where cusp heights were measured.

The specialists in radiology were given access to the images through Google Docs (Google, INC. Mountais View, California, USA). Three dental surgeons with training in radiology (P.R.A., A.M.S., and M.P.W.) were calibrated prior to the analysis. All of them were provided with a demonstrative video showing

how and where the measurements should be made and which parameters should be employed. After watching the calibration tutorial, 50% of the sample was utilized one month after the data collection. The analysis was conducted using ImageJ (National Institutes of Health -NIH, Bethesda, USA) [9,10]. All measurements were compared with those taken from a specimen using a digital caliper.

ABC height and the difference in overlapping cusp heights were measured on the radiographs using the ImageJ software. The links for free download and the tutorial were previously sent to the examiners.

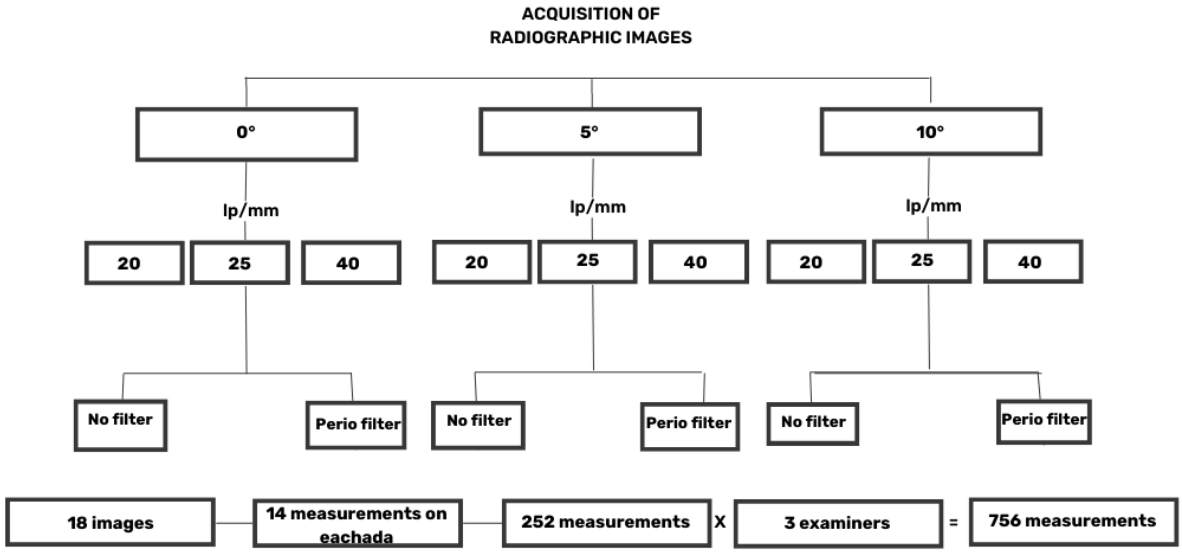


Fig.6 Flowchart showing the methodological sequence for image acquisition

The collected data were entered into a Microsoft Excel spreadsheet and imported to IBM SPSS version 23.0 (University of Chicago, Illinois, USA) and R package version 4.2.0: readx, tidyverse, ggplot e lme4. All inferential analyses were conducted at a 5% significance level ($\alpha = 0.05$) and 95% confidence interval. The following statistical tests were used: descriptive statistics, ANOVA, Scott-Knot test, correlation, and linear regression.

After the statistical analysis, a correction factor was developed for cusp and ABC heights using multiple linear regression. Two main models were tested for the creation of this correction factor and only the model with the highest R^2 coefficient of determination) will be dealt with in detail in this study.

RESULTS

The intraclass correlation coefficient (ICC) was calculated to check the level of agreement between the examiners and between their own measurements. The ICC values for cusp and ABC heights ranged from 0.92 to 0.93 and from 0.87 to 0.90, respectively.

The descriptive statistics for the differences between the actual measurements of cusp and ABC heights compared to the measurements performed on radiographs indicate, based on the mean and median, that examiners tend to overestimate cusp heights at 0.57 mm and 0.37 mm, and ABC heights at 1.40 mm and 1.35 mm, respectively. The standard deviation for the teeth and bone crests were lower than the mean.

A mixed-effects ANOVA was applied for both the cusps and bone crests, with the following fixed effects: method, evaluator, and interaction between method and evaluator. The following random effects were

assessed: teeth and interaction between teeth and evaluator. It was therefore possible to observe that the overall variability of the measurements can be explained mainly by the anatomic variation of the teeth – 56% for the cusps and 59% for bone crests. The influence of evaluators on variability was very low (3%).

Tables 1 and 2 corroborate the results of the Scott-Knot test (hierarchical clustering without overlap). The 0° 25 lp/mm Perio was the closest to the actual cusp and ABC height measurements among the tested methods. Nevertheless, all methods tested for ABC height are considered statistically different from the actual measurements. Therefore, one of the goals of this study was to find a correlation coefficient and to develop a compensatory factor to minimize this limitation.

Table 1. Cusps assessed as to angle, lp/mm, and filter

Method				
Angle	lp/mm	Filter	Mean (mm) - SD	CI
0°	20	Perio	1.17 ± 1.28 [a]	0.19 – 1.77*
0°	20	None	0.96 ± 1.32 [a]	-0.02 – 1.94**
0°	25	Perio	0.33 ± 1.06 [b]	-0.66 – 1.31**
0°	25	None	0.33 ± 1.06 [b]	-0.65 – 1.32**
0°	40	Perio	0.46 ± 1.28 [b]	-0.52 – 1.44**
0°	40	None	0.45 ± 1.30 [b]	-0.53 – 1.43**
5°	20	Perio	0.46 ± 1.22 [b]	-0.52 – 1.45**
5°	20	None	0.54 ± 1.01 [b]	-0.45 – 1.52**
5°	25	Perio	0.34 ± 0.99 [b]	-0.65 – 1.32**
5°	25	None	0.60 ± 0.75 [b]	-0.38 – 1.59**
5°	40	Perio	0.44 ±1.44 [b]	-0.54 – 1.42**
5°	40	None	0.79 ± 1.29 [a]	-0.19 – 1.77**
10°	20	Perio	1.18 ± 0.68 [a]	0.40 – 1.97*
10°	20	None	1.15 ± 0.55 [a]	0.36 – 1.93*
10°	25	Perio	1.26 ± 0.89 [a]	0.47 – 2.04*
10°	25	None	1.38 ± 0.93 [a]	0.59 – 2.16*
10°	40	Perio	1.07 ±0.82 [a]	0.28 – 1.85*
10°	40	None	1.02 ± 0.86 [a]	0.23 – 1.80*

*p<0.05; **p>0.05

Table 2. Assessment of ABC factors: angle, lp/mm, and filter

Method				
Angle	lp/mm	Filter	Mean (mm) - SD	CI
0°	20	Perio	1.83 ± 1.02 [a]	1.04-2.61*
0°	20	None	1.71 ± 1.19 [a]	0.93-2.50*
0°	25	Perio	0.92 ± 1.06 [d]	0.13-1.70*

0°	25	None	1.35 ± 1.29 [b]	0.57-2.14*
0°	40	Perio	1.18 ± 1.58 [c]	0.39-1.96*
0°	40	None	1.77 ± 0.97 [a]	0.98-2.55*
5°	20	Perio	1.24 ± 0.85 [c]	0.46-2.03*
5°	20	None	1.07 ± 1.03 [c]	0.29-1.86*
5°	25	Perio	1.23 ± 1.04 [c]	0.44-2.02*
5°	25	None	1.32 ± 1.18 [b]	0.54-2.11*
5°	40	Perio	1.47 ± 0.93 [b]	0.68-2.25*
5°	40	None	1.75 ± 0.93 [a]	0.97-2.54*
10°	20	Perio	0.98 ± 0.91 [d]	0.19 – 1.76*
10°	20	None	0.85 ± 0.86 [d]	0.07 – 1.63*
10°	25	Perio	0.87 ± 1.19 [d]	0.09 – 1.65*
10°	25	None	0.97 ± 1.11[d]	0.18 – 1.75*
10°	40	Perio	0.68 ±1.02[d]	0.09 – 1.46*
10°	40	None	0.77 ± 0.91 [d]	0.01 – 1.56*

*p<0.05

Multiple linear regression was used to find a correction factor for bone crest measurements (Fig. 7). The results of this regression could explain 71.45% of the errors. The model enabled us to calculate the correction factor for each method and tooth (Tables 3 and 4). Considering that the results obtained at 10º for cusp height showed high mean values and all of them differed from actual values, 0° and 5º were then used for the subsequent analyses.

$$Error = \frac{Crest\ measurement - Actual\ crest}{Actual\ crest}$$

$$\hat{Error} = \beta_0 + \sum_{i=1}^{11} \beta_{Method\ i} + \sum_{j=1}^{6} \beta_{Tooth\ j}$$

$$CF = \frac{1}{1 + \hat{Error}}$$

$$\hat{Actual\ crest} = CF \times Crest\ measurement$$

Fig.7 Calculation used in the multiple linear regression for the correction factors.

Table 3. Correction factors for the method

Degrees	lp/mm	Filter	Estimated values
0°	20	None	-0.0756

0°	25	Perio	-0.6487
0°	25	None	-0.3432
0°	40	Perio	-0.4859
0°	40	None	-0.0713
5°	20	Perio	-0.4386
5°	20	None	-0.5695
5°	25	Perio	-0.4488
5°	25	None	-0.3541
5°	40	Perio	-0.2777
5°	40	None	-0.0727

Table 4. Correction factors for the teeth

Groups	Estimated values
Mandibular 1st premolar	1.6985
Maxillary 1st premolar	1.0320
Mandibular 2nd premolar	-1.0160
Mandibular 1st molar	-0.8880
Maxillary 1st molar	-0.2048

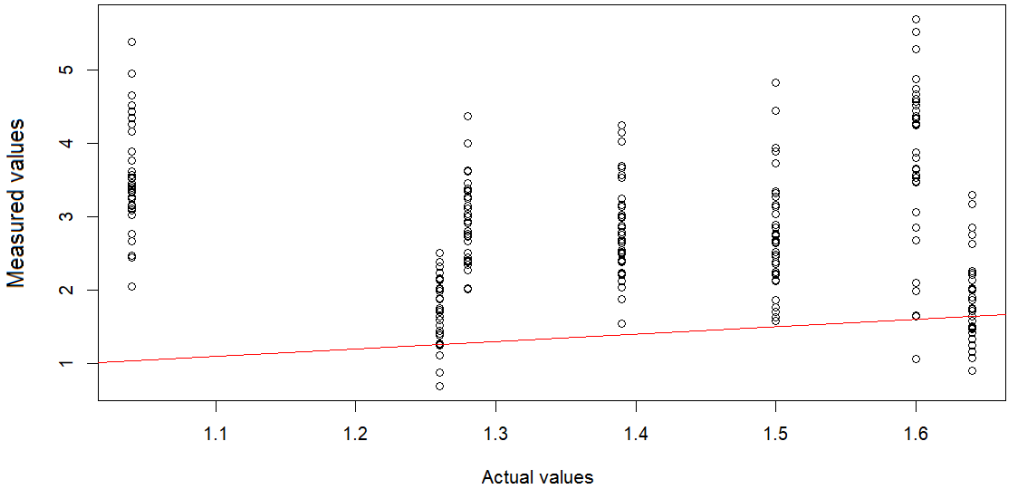
Considering the 0° 25 lp/mm Perio method, which yielded the lowest measurement error for cusps and bone crests, the correction factors were as follows (Table 5):

Table 5. Correction factors for the 0° 25 lp/mm Perio filter

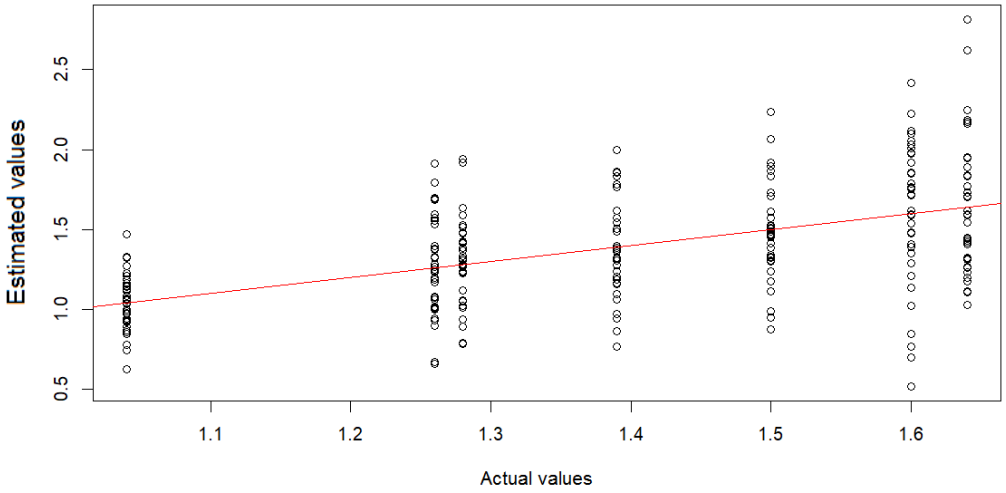
	Correction factor				
Method	**Lower 1st PM**	**Lower 2nd PM**	**Upper 1st PM**	**Lower 1st M**	**Upper 2nd M**
0° 25 lp Perio	0.53	0.98	0.47	0.7	0.35

By comparing the values of the actual crest measurements (Graph 1) with those obtained after the suggested correction (Graph 2), they approach, on average, the bone crest measurements.

Graph 1. Scatter plot without correction



Graph 2. Scatter plot with correction



DISCUSSION

Radiography as the sole assessment method is not enough for a comprehensive periodontal clinical diagnosis. However, the new periodontal disease classification has reaffirmed its importance in the field [7]. Thus, a reproducible and accurate method for proper analysis is crucial. In the present study, cusp and bone crest measurements reveal that, regardless of angulation, the measurements are larger than the actual ones, which are in line with the findings of Duvaizem JH (2009) and Enkins SM. Dummer PMH, Newcombe RG [13,21,23].

As this was an *in vitro* laboratory study, it isolated patient-related variables, such as the anatomic variation of teeth after the use of printed 3D prototypes. The mixed-effects ANOVA results confirm that the overall variability of the measurements can be chiefly explained by the anatomic variation of teeth. Hence, even if this factor was controlled for, it would affect the results because its impact and effect would be stronger due to the anatomic variation observed in the dental office [24].

With respect to the vertical angulations (0°, +5º, and +10°) used in this study, we could observe that 0º attenuates the measurement errors and overestimation as compared to actual measurements. Vertical angulation adjusted to 10º demonstrated the largest distortion for both cusps and bone crests. Likewise, Duvaizem JH obtained better results at 0°. Even though Mehdizadeh M, Amintavakoli Me, and Allahverdi M. agreed that the error was smaller when this vertical angulation was used, they claimed there was some underestimation of the

radiographic assessment of bone loss, which is at odds with our findings [20,23]. Clinically speaking, this means that the biological space of the periodontium would be invaded radiographically. Therefore, more invasive procedures such as osteotomies are indicated to resolve the case, but, actually, nonsurgical treatments or treatments that are circumscribed to the soft tissues would be enough [6].

In terms of spatial resolution (lp/mm), indirect digital systems allow for this variation at the time of scanning. The present study assessed three resolutions of the VistaScan system (20 lp/mm, 25 lp/mm, and 40 lp/mm), and the findings show significant difference between them. Ferreira et al. claim that the variation in spatial resolution in indirect digital systems can influence the detection of incipient caries. However, studies assessing the capacity to diagnose proximal carious lesions have shown no significant difference in diagnostic accuracy when these distinct resolutions were used [25–27]. This was the first study to assess the influence of resolution on the identification of ABC parameters, and the results show significant difference when compared with 25 lp/mm. Nejaim et al. evaluated the influence of the number of line pairs on intraoral digital radiographs on the accuracy of detecting horizontal root fractures, and they concluded that higher resolution and a larger number of line pairs in the images apparently enhance diagnostic accuracy [27].

Ferreira et al. believe that high-resolution images with smaller and more granular pixels can lead to the formation of noise in the image, hindering the assessment of structures on radiographs as a result of the lowest dissipation of X rays between pixels [28]. This explains why the 25 lp/mm resolution had better results than the 40 lp/mm resolution in the present study. Moreover, Durr phosphor plates have maximum resolution of 22 lp/mm, and that could explain the better performance with scanning at 25 lp/mm as compared to 20 lp/mm. Hence, the 25 lp/mm resolution yields better results, is quicker, and generates lighter files when compared with 40 lp/mm and, for those reasons, its use should be recommended.

The present study assessed the use of Perio filter in the VistaScan digital system for cusp and ABC height measurements. Based on the hierarchical results obtained for both measurements, the Perio filter yielded the best results. The higher contrast in the images achieved by the Perio filter may explain the better visualization of radiographed structures, thereby facilitating their measurements. Notwithstanding the higher ranking, there was no statistical difference when compared with unfiltered images. Some studies have shown the same results as ours, indicating that the use of the Perio filter does not improve the accuracy of measurements when compared with the original radiographs [29,30]. The proper use of the filter for the detection of carious and periapical lesions seems to enhance diagnostic capabilities [15–17].

It is widely known that when the buccal and lingual cusps of posterior teeth are equally superimposed, interproximal radiography closely approximates clinical parameters [10,13], which is essential for proper diagnosis and treatment planning. This helps avoid more invasive procedures based on the overestimation of the severity of the case or on the diagnosis of periodontal disease activity when it is under control, when follow-up alone is enough [1,6]. Nonetheless, this is not always the case, and having an image with perfect angulation may imply having to repeat radiographic exams and subjecting the patient to radiation. This study established a proportional relationship between cusps and bone crest. Correction coefficients were then developed to be applied to radiographic images that do not meet assessment requirements. Note that the development of a correction factor for bone crest measurements is feasible despite variability because the correction factor allowed measurements to approach actual values.

CONCLUSION

Variation in vertical angulation interferes with cusp and ABC height measurements, and angulation at 0° was the closest one to the actual measurements. Among spatial resolutions, 25 lp/mm yielded the best results, and its use is then recommended. Correction coefficients allow the measured ABC height measurements to be closer to the actual ones.

REFERENCES

1. Lindhe J, Lang NP KT. Tratado de periodontia clínica e implantologia oral. 5ªed. Editora Guanabara Koogan, editor. Rio de Janeiro; 2010.
2. Shafizadeh M, Tehranchi A, Shirvani A, Motamedian SR. Alveolar bone thickness overlying healthy maxillary and mandibular teeth: A systematic review and meta-analysis. Int Orthod [Internet]. 2021 Sep;19(3):389–405.
3. Rungcharassaeng K, Caruso JM, Kan JYK, Kim J, Taylor G. Factors affecting buccal bone changes of maxillary posterior teeth after rapid maxillary expansion. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2007;132(4):428.e1-428.e8.
4. Li Y, Deng S, Mei L, Li J, Qi M, Su S, et al. Accuracy of alveolar bone height and thickness measurements in cone beam computed tomography: a systematic review and meta-analysis. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2019;128(6):667–79.
5. Soares D, Andrade C De, Pinto AR, Seabra M, Macho V. Doenças da gengiva e periodonto em crianças e adolescentes. Acta Pediatr Port. 2008;40(1):23–9.
6. Zanatta FB, Giacomelli BR, Dotto PP, Fontanella VRC RC, Observations. Comparison of different methods involved in the planning of clinical crown lengthening surgery. Braz Oral Res [Internet]. 2010;24(4):443–8.
7. G. Caton J, Armitage G, Berglundh T, Chapple ILC, Jepsen S, S. Kornman K, et al. A new classification scheme for periodontal and peri-implant diseases and conditions – Introduction and key changes from the 1999 classification. J Clin Periodontol. 2018;45(March):S1–8.
8. Mariléa Portes de Mendonça; Marcio Eduardo Vieira, Falabella. Análise Radiográfica Interproximal de Perda Óssea Alveolar em Crianças e Adolescentes. 2007;
9. Sallé SNT. Avaliação da distância entre a junção cemento-esmalte e a crista alveolar em molares decíduos. 2007;
10. Da Silva Pierro VS, De Souza IPR. Alveolar bone loss in the primary dentition: State of the art. J Clin Pediatr Dent. 2005;29(2):139–42.
11. Cortelli JR, Moraes LC de, Dotto PP, Dotto GN. Equivalencia entre parametros clinicos e radiograficos na mensuracao do nivel de insercao conjuntiva. Rev Odontol da UNICID
12. Dayo AF, Wolff MS, Syed AZ, Mupparapu M. Radiology of Dental Caries. Dent Clin North Am. 2021;65(3):427–45.
13. White, S.C. and Pharoah, M.J. (2009) Oral Radiology Principles and Interpretation. 6th Edition, Mosby, St. Louis, 175-190
14. Munksgaard B. Imaging methods in periodontology. Periodontol 2000. 2004;34:34–48.
15. Haiter-Neto F, Spinelli Casanova M, Frydenberg M, Wenzel A. Task-specific enhancement filters in storage phosphor images from the Vistascan system for detection of proximal caries lesions of known size. Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology [Internet]. 2009;107(1):116–21.
16. Haiter-Neto F, dos Anjos Pontual A, Frydenberg M, Wenzel A. Detection of non-cavitated approximal caries lesions in digital images from seven solid-state receptors with particular focus on task-specific enhancement filters. An ex vivo study in human teeth. Clin Oral Investig. 2008;12(3):217–23.

17. Brasil DM, Yamasaki MC, Santaella GM, Guido MCZ, Freitas DQ, Haiter-Neto F. Influence of Vistascan image enhancement filters on diagnosis of simulated periapical lesions on intraoral radiographs. Dentomaxillofacial Radiol. 2019;48:20180146.
18. da Silveira Tiecher PF, Assein Arús N, Adams Hilgert E, Dias da Silveira HE, Pante Fontana M, Dias da Silveira HL, et al. Exploring digital filters for internal root resorption: how can we improve the diagnosis of small lesions? Dentomaxillofac Radiol. 2022 May;51(4):20210314.
19. Wenzel A. A review of dentists' use of digital radiography and caries diagnosis with digital systems. Dentomaxillofacial Radiol. 2006;35(5):307–14.
20. Mehdizadeh M, Amintavakoli M, Allahverdi M. The Effect of X – Ray Vertical Angulation on Radiographic Assessment of Alveolar Bone Loss. Dent Res J (Isfahan). 2006;2(2):1–5.
21. JENKINS SM, DUMMER PMH, NEWCOMBE RG. Radiographic amelocemental junction and alveolar crest: effect of X-ray beam angulation. J Oral Rehabil. 1995;22(9):679–84.
22. Hausmann E, Allen K, Christersson L, Genco RJ. Effect of x-ray beam vertical angulation on radiographic alveolar crest level measurement. J Periodontal Res. 1989;24(1):8–19.
23. Ferrão Junior JTavano OSilva P. Influência da variação da técnica radiográfica na leitura da imagem radiográfica digital nas avaliações das reabsorções ósseas alveolares interproximais. 2009;12–42.
24. Schei O, Waerhaug J, Lovdal A, Arno A. Alveolar Bone Loss as Related to Oral Hygiene and Age. J Periodontol [Internet]. 1959 Jan;30(1):7–16. Available from: http://doi.wiley.com/10.1902/jop.1959.30.1.7
25. Dehghani M, Barzegari R, Tabatabai H, Ghanea S. Diagnostic Value of Conventional and Digital Radiography for Detection of Cavitated and Non-Cavitated Proximal Caries. J Dent (Tehran) [Internet]. 2017;14(1):21–30.
26. Galvão NS, Nascimento EHL, Lima CAS, Freitas DQ, Haiter-Neto F, Oliveira ML. Can a high-density dental material affect the automatic exposure compensation of digital radiographic images? Dentomaxillofacial Radiol. 2019;48(3):2–7.
27. Nejaim Y, Gomes AF, Silva EJNL da, Groppo FC, Haiter Neto F. The influence of number of line pairs in digital intra-oral radiography on the detection accuracy of horizontal root fractures. Dent Traumatol. 2016;32(3):180–4.
28. Ferreira LM, Queiroz PM, Santaella GM, Wenzel A, Groppo FC, Haiter-Neto F. The influence of different scan resolutions on the detection of proximal caries lesions. Imaging Sci Dent. 2019;49(2):97–102.
29. Munksgaard C. Digital radiography of interproximal bone loss ; validity of different filters. 1999;(iii):294–300.
30. Yalcinkaya S, Künzel A, Willers R, Thoms M, Becker J. Subjective image quality of digitally filtered radiographs acquired by the Dürr Vistascan system compared with conventional radiographs. Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology. 2006;101(5):643–51.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apresenta algumas limitações uma vez que se trata de um estudo laboratorial, não possuindo os fatores inerentes ao paciente. No entanto, o estudo permitiu isolar e controlar variáveis conseguindo comparar diferentes parâmetros e elaborar coefientes de correção entre cúspides e COA.

REFERÊNCIAS

1. G. Caton J, Armitage G, Berglundh T, Chapple ILC, Jepsen S, S. Kornman K, et al. A new classification scheme for periodontal and peri-implant diseases and conditions – Introduction and key changes from the 1999 classification. J Clin Periodontol. 2018;45(March):S1–8.
2. Shafizadeh M, Tehranchi A, Shirvani A, Motamedian SR. Alveolar bone thickness overlying healthy maxillary and mandibular teeth: A systematic review and meta-analysis. Int Orthod [Internet]. 2021 Sep;19(3):389–405.
3. Lindhe J, Lang NP KT. Tratado de periodontia clínica e implantologia oral. 5ªed. Editora Guanabara Koogan, editor. Rio de Janeiro; 2010.
4. Li Y, Deng S, Mei L, Li J, Qi M, Su S, et al. Accuracy of alveolar bone height and thickness measurements in cone beam computed tomography: a systematic review and meta-analysis. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2019;128(6):667–79.
5. Rungcharassaeng K, Caruso JM, Kan JYK, Kim J, Taylor G. Factors affecting buccal bone changes of maxillary posterior teeth after rapid maxillary expansion. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2007;132(4):428.e1-428.e8.
6. Soares D, Andrade C De, Pinto AR, Seabra M, Macho V. Doenças da gengiva e periodonto em crianças e adolescentes. Acta Pediatr Port. 2008;40(1):23–9.
7. GARGIULO AW, WENTZ FM, ORBAN B. Mitotic activity of human oral epithelium exposed to 30 per cent hydrogen peroxide. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1961 Apr;14:474–92.
8. Mariléa Portes de Mendonça; Marcio Eduardo Vieira, Falabella. Análise Radiográfica Interproximal de Perda Óssea Alveolar em Crianças e Adolescentes. 2007;
9. Zanatta FB, Giacomelli BR, Dotto PP, Fontanella VRC RC, Observations. Comparison of different methods involved in the planning of clinical crown lengthening surgery. Braz Oral Res
10. Patel JR. Intraoral radiographic errors. Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol. 1979;48(5):479–83.
11. Helminen SE, Vehkalahti M, Wolf J, Murtomaa H. Quality evaluation of young adults' radiographs in Finnish public oral health service. J Dent. 2000;28(8):549–55.
12. White, S.C. and Pharoah, M.J. (2009) Oral Radiology Principles and Interpretation. 6th Edition, Mosby, St. Louis, 175-190, 221-222.
13. Cortelli JR, Moraes LC de, Dotto PP, Dotto GN. Equivalencia entre parametros clinicos e

radiograficos na mensuracao do nivel de insercao conjuntiva. Rev Odontol da UNICID

14. Sallé SNT. Avaliação da distância entre a junção cemento-esmalte e a crista alveolar em molares decíduos. 2007;
15. Da Silva Pierro VS, De Souza IPR. Alveolar bone loss in the primary dentition: State of the art. J Clin Pediatr Dent. 2005;29(2):139–42.
16. Dehghani M, Barzegari R, Tabatabai H, Ghanea S. Diagnostic Value of Conventional and Digital Radiography for Detection of Cavitated and Non-Cavitated Proximal Caries. J Dent (Tehran) [Internet]. 2017;14(1):21–30.
17. Paurazas SB, Geist JR, Pink FE, Hoen MM, Steiman HR. Comparison of diagnostic accuracy of digital imaging by using CCD and CMOS-APS sensors with E-speed film in the detection of periapical bony lesions. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2000;89(3):356–62.
18. Hellén-Halme K, Johansson C, Nilsson M. Comparison of the performance of intraoral X-ray sensors using objective image quality assessment. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol
19. Dayo AF, Wolff MS, Syed AZ, Mupparapu M. Radiology of Dental Caries. Dent Clin North Am. 2021;65(3):427–45.
20. Zhang W, Huynh C, Jadhav A, Pinales J, Arvizu L, Tsai J, et al. Comparison of Efficiency and Image Quality of Photostimulable Phosphor Plate and Charge-Coupled Device Receptors in Dental Radiography. J Dent Educ. 2019;83(10):1205–12.
21. Cowen AR, Workman A, Price JS. Physical aspects of photostimulable phosphor computed radiography. Br J Radiol. 1993;66(784):332–45.
22. Munksgaard B. Imaging methods in periodontology. Periodontol 2000. 2004;34:34–48.
23. Haiter-Neto F, Spinelli Casanova M, Frydenberg M, Wenzel A. Task-specific enhancement filters in storage phosphor images from the Vistascan system for detection of proximal caries lesions of known size. Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology
24. Wenzel A. A review of dentists' use of digital radiography and caries diagnosis with digital systems. Dentomaxillofacial Radiol. 2006;35(5):307–14.
25. White SC, Pharoah MJ. The Evolution and Application of Dental Maxillofacial Imaging Modalities. Dent Clin North Am. 2008;52(4):689–705.
26. Haiter-Neto F, dos Anjos Pontual A, Frydenberg M, Wenzel A. Detection of non-cavitated approximal caries lesions in digital images from seven solid-state receptors with particular focus on task-specific enhancement filters. An ex vivo study in human

teeth. Clin Oral Investig. 2008;12(3):217–23.

27. da Silveira Tiecher PF, Assein Arús N, Adams Hilgert E, Dias da Silveira HE, Pante Fontana M, Dias da Silveira HL, et al. Exploring digital filters for internal root resorption: how can we improve the diagnosis of small lesions? Dentomaxillofac Radiol. 2022 May;51(4):20210314.
28. Brasil DM, Yamasaki MC, Santaella GM, Guido MCZ, Freitas DQ, Haiter-Neto F. Influence of Vistascan image enhancement filters on diagnosis of simulated periapical lesions on intraoral radiographs. Dentomaxillofacial Radiol. 2019;48.
29. Farman AG, Farman TT. A comparison of 18 different x-ray detectors currently used in dentistry. Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology. 2005;99(4):485–9.
30. Ferreira LM, Queiroz PM, Santaella GM, Wenzel A, Groppo FC, Haiter-Neto F. The influence of different scan resolutions on the detection of proximal caries lesions. Imaging Sci Dent. 2019;49(2):97–102.
31. ALMEIDA SM de, OLIVEIRA AEF de, PAGANINI GA, HAITER NETO F, BÓSCOLO FN. Avaliação da qualidade das imagens digitais adquiridas com diferentes resoluções em um sistema de armazenamento de fósforo. Pesqui Odontológica Bras. 2000;14(3):262–7.
32. Conde Jogaib J, Gasparini Netto A, Mansur Caetano R, Figueiredo Mendes M. Radiographic methods of localization: bypassing the limitations of the bidimensionality. Cad UniFOA. 2013;95–8.
33. Cotelli JR, Souza DM de, Dotto PP, Dotto GN, Neto LB. Avaliação clínica e radiográfica do nível ósseo-alveolar em crânios humanos Clínical and radiographic evaluation of alveolar bone leveI in human skulls. Rev da Fac Odontol - UPF [Internet]. 2004;9(1).
34. Ferrão Junior JTavano OSilva P. Influência da variação da técnica radiográfica na leitura da imagem radiográfica digital nas avaliações das reabsorções ósseas alveolares interproximais. 2009;12–42.
35. JENKINS SM, DUMMER PMH, NEWCOMBE RG. Radiographic amelocemental junction and alveolar crest: effect of X-ray beam angulation. J Oral Rehabil. 1995;22(9):679–84.
36. Mehdizadeh M, Amintavakoli M, Allahverdi M. The Effect of X – Ray Vertical Angulation on Radiographic Assessment of Alveolar Bone Loss. Dent Res J (Isfahan). 2006;2(2):1–5.

37. Lurie AG. Doses, Benefits, Safety, and Risks in Oral and Maxillofacial Diagnostic Imaging. Health Phys. 2019;116(2):163–9.
38. Hausmann E, Allen K, Christersson L, Genco RJ. Effect of x-ray beam vertical angulation on radiographic alveolar crest level measurement. J Periodontal Res. 1989;24(1):8–19.
39. Suzart I, Filho G, Miranda DAO. Emprego De Dois Métodos Digitais Na Análise Da Distância Entre a Junção Cemento-Esmalte E a Crista Óssea Alveolar Em Exames Radiográficos. 2004. p. 117–34.

ANEXO A – PARECER SUBSTANCIADO DO CEP

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - PROPESQ UFRGS

Considerações Finais a critério do CEP:

Aprovado.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1833029.pdf	25/11/2021 07:59:04		Aceito
Parecer Anterior	CartaSubstancialAoCEP.pdf	25/11/2021 07:58:33	PIETRA RODRIGUES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoCOIA.pdf	18/11/2021 08:37:31	PIETRA RODRIGUES ANTONELLO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLECOIA.pdf	18/11/2021 08:37:16	PIETRA RODRIGUES ANTONELLO	Aceito
Outros	CartaconviteCDemail.pdf	12/11/2021 08:37:03	PIETRA RODRIGUES	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	04/10/2021 21:52:03	PIETRA RODRIGUES	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

PORTO ALEGRE, 29 de Novembro de 2021

ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

ANEXO I

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Prezado (a) Senhor (a):

Você está sendo convidado (a) a responder às perguntas deste questionário de forma totalmente voluntária. Antes de concordar em participar desta pesquisa e responder este questionário, é muito importante que você compreenda as informações e instruções contidas neste documento. Os pesquisadores deverão responder todas as suas dúvidas antes que você se decidir a participar. Você tem o direito de desistir de participar da pesquisa a qualquer momento, sem nenhuma penalidade.

O objetivo do estudo será avaliar a influência da angulagem vertical na avaliação de crista óssea alveolar e desenvolver um modelo computacional com Inteligência Artificial capaz de estimar a altura da crista óssea alveolar em imagens radiográficas fora do padrão de excelência.

Ao participar dessa pesquisa, você responderá a um questionário com perguntas que abordam opções de diagnóstico baseadas em arquivos JPEG. Serão 18 radiografias para análise e ocorrerá em duas avaliações com intervalos de um mês entre elas. Assim, avaliando de forma quantitativa, a medição da altura da COA em milímetros, por meio do programa ImageJ, software livre, destinado ao processamento de imagens, desenvolvido no National Institutes od Health (NIH, Bethesda, EUA). Todas as informações necessárias para realizar o download serão fornecidas aos participantes no momento do compartilhamento das imagens. O tempo destinado a responder ao questionário é estimado em **35 minutos.** O projeto foi avaliado pelo CEP-UFRGS, órgão colegiado, de caráter consultivo, deliberativo e educativo, cuja finalidade e avaliar, emitir parecer e acompanhar os projetos de pesquisa envolvendo seres humanos, em seus aspectos éticos e metodológicos, realizados no âmbito da instituição.

Os **riscos** decorrentes da sua participação na pesquisa são mínimos. Os riscos estão relacionados àqueles questionários eletrônicos e quando usa o seu computador pessoal, havendo o risco potencial de vazamento de dados. O participante tem direito a buscar indenização em função de danos decorrentes de sua participação na pesquisa. Os pesquisadores esclarecem que o preenchimento do questionário é de forma anônima, com a não utilização de campos de identificação pessoal, e sem o registro do seu e-mail ou qualquer informação que possa lhe identificar. Além disso, imediatamente após a conclusão da coleta de dados do estudo, os resultados serão baixados para um dispositivo de

armazenamento de dados externo (HD externo), e deletados integralmente do sistema Google formulários. Além disso, os resultados da pesquisa somente serão publicados de forma agrupada, a fim de manter o completo sigilo dos dados coletados. Há o risco de cansaço durante as análises das imagens, assim, com a finalidade de minimizar, o participante pode interromper as análises e ser retomada em outro momento.

Os **benefícios** são indiretos, não há benefício direto na participação do estudo, mas a participação contribuirá para maior conhecimento sobre o tema abordado, bem como, este estudo poderá contribuir para a diminuição das repetições de exames radiográficos e, consequentemente, da exposição desnecessária do paciente aos raios-X utilizados em diagnóstico de crista óssea alveolar. As informações fornecidas por você terão sua privacidade garantida pelos pesquisadores responsáveis. É da responsabilidade do pesquisador o armazenamento adequado dos dados coletados, bem como os procedimentos para assegurar o sigilo e a confidencialidade das informações do participante da pesquisa. Os dados ficarão sob a responsabilidade do pesquisador responsável no mínimo 5 anos.

A sua **participação na pesquisa é voluntária**. Você poderá se recusar a participar do estudo, ou desistir de responder ao questionário, a qualquer momento, sem precisar justificar e sem quaisquer prejuízos. Recomendamos que o participante realize o download e guarde uma via do TCLE em seus arquivos pessoais. Todo material da pesquisa será mantido pela pesquisadora principal, em local adequado e seguro (HD externo utilizado somente para esse fim) por pelo menos cinco anos. No entanto, uma vez que o questionário será respondido de forma totalmente anônima, caso você aceite participar e faça o envio de suas respostas, não será possível lhe dar acesso às suas respostas no futuro ou excluir as mesmas da base de dados.

Você não terá nenhum tipo de despesa ao autorizar sua participação nesta pesquisa, bem como nada será pago pela participação.

Novas informações: A qualquer momento, o participante poderá requisitar informações sobre o estudo. Caso o participante deseja contato com o CEP, no período de pandemia, deve ser realizado via e-mail.

Contatos: Dr. Heraldo Luis Dias da Silveira, heraldo.silveira@ufrgs.br e Pietra Rodrigues Antonello pietraantonello@gmail.com. Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS , telefone (51) 3308-3738 ou do e-mail etica@propesq.ufrgs.br.

Pesquisadores: Pietra Rodrigues Antonello e Heraldo Luis Dias da Silveira (Pesquisador responsável).
R. Ramiro Barcelos, 2492, Porto Alegre/RS CEP: 90035007. Telefone: (51) 33085199.

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato: Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS. Av.Paulo Gama, 110, Sala 311. Prédio Anexo I da Reitoria - Campus Centro-Porto Alegre/RS Telefone:(51) 3308 3738 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br .

Horário de Funcionamento: de segunda a sexta, das 08:30 às 12:30 e das 13:30 às 17:30h

---

Assinatura do pesquisador responsável

ANEXO C – NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NO PERIÓDICO (COI)

Back to top ↑

Title Page

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

Abstract

Please provide a structured abstract of 150 to 250 words which should be divided into the following sections:

- Objectives (stating the main purposes and research question)
- Materials and Methods
- Results
- Conclusions
- Clinical Relevance

These headings must appear in the abstract.

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

Back to top ↑

Text

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX. We recommend using Springer Nature's LaTeX template.

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

Back to top ↑

References

Citation

Reference citations in the text should be identified by numbers in square brackets. Some examples:

1. Negotiation research spans many disciplines [3].

2. This result was later contradicted by Becker and Seligman [5].

3. This effect has been widely studied [1-3, 7].

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text.

The entries in the list should be numbered consecutively.

If available, please always include DOIs as full DOI links in your reference list (e.g. "https://doi.org/abc").

- Journal article
  Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. Eur J Appl Physiol 105:731-738. https://doi.org/10.1007/s00421-008-0955-8

- Article by DOI
  Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. J Mol Med. https://doi.org/10.1007/s001090000086
- Book
  South J, Blass B (2001) The future of modern genomics. Blackwell, London
- Book chapter
  Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) The rise of modern genomics, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257
- Online document
  Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1. Accessed 26 June 2007
- Dissertation
  Trent JW (1975) Experimental acute renal failure. Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see

ISSN.org LTWA

If you are unsure, please use the full journal title.

Authors preparing their manuscript in LaTeX can use the bibliography style file sn-basic.bst which is included in the Springer Nature Article Template.

Back to top ↑

Tables

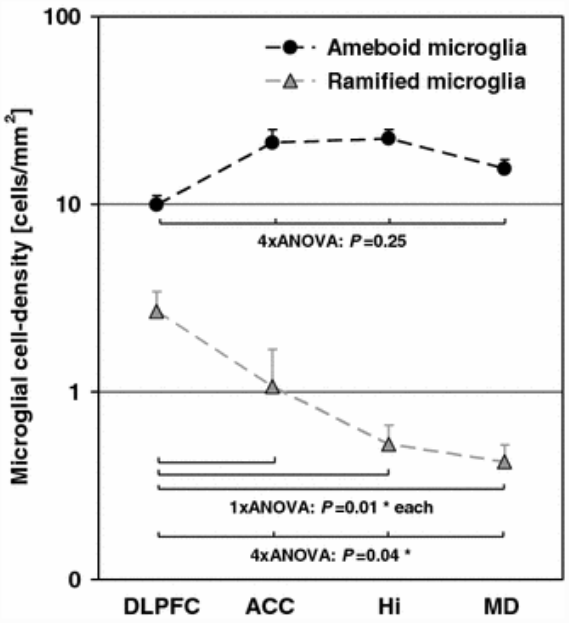
- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

Artwork and Illustrations Guidelines

Electronic Figure Submission

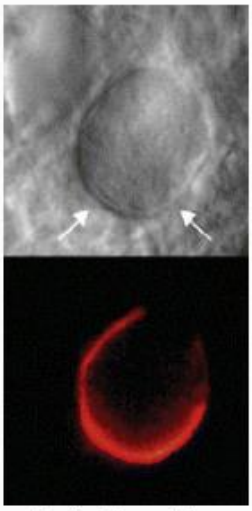
- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Line Art



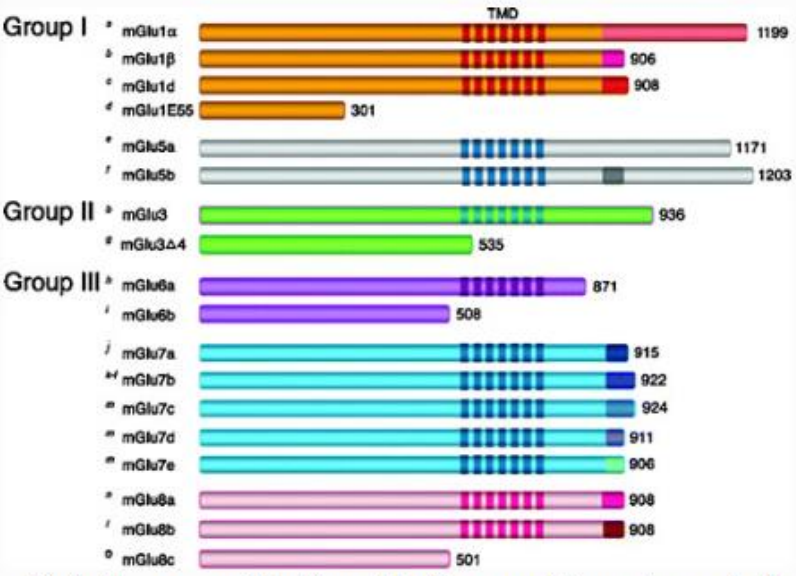
- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Halftone Art



- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

Combination Art



- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

Color Art

- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures,"A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices [Supplementary Information (SI)] should, however, be numbered separately.

Figure Captions

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.

- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

- Figures should be submitted within the body of the text. Only if the file size of the manuscript causes problems in uploading it, the large figures should be submitted separately from the text.
- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For large-sized journals the figures should be 84 mm (for double-column text areas), or 174 mm (for single-column text areas) wide and not higher than 234 mm.
- For small-sized journals, the figures should be 119 mm wide and not higher than 195 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (colorblind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

Back to top ↑

Supplementary Information (SI)

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Before submitting research datasets as Supplementary Information, authors should read the journal's Research data policy. We encourage research data to be archived in data repositories wherever possible.

Submission

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.
- High resolution (streamable quality) videos can be submitted up to a maximum of 25GB; low resolution videos should not be larger than 5GB.

Audio, Video, and Animations

- Aspect ratio: 16:9 or 4:3
- Maximum file size: 25 GB for high resolution files; 5 GB for low resolution files
- Minimum video duration: 1 sec
- Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts, m4v, 3gp

Text and Presentations

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

- Spreadsheets should be submitted as .csv or .xlsx files (MS Excel).

Specialized Formats

- Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as "Online Resource", e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4".
- Name the files consecutively, e.g. "ESM_3.mpg", "ESM_4.pdf".

Captions

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

- Supplementary Information (SI) will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

Back to top ↑

Editing Services

English

How can you help improve your manuscript for publication?

Presenting your work in a well-structured manuscript and in well-written English gives it its best chance for editors and reviewers to understand it and evaluate it fairly. Many researchers find that getting some independent support helps them present their results in the best possible light. The experts at Springer Nature Author Services can help you with manuscript preparation—including **English language editing, developmental comments, manuscript formatting, figure preparation, translation**, and more.

Get started and save 15%

You can also use our free Grammar Check tool for an evaluation of your work.

Please note that using these tools, or any other service, is not a requirement for publication, nor does it imply or guarantee that editors will accept the article, or even select it for peer review.