

FERNANDO COUTINHO MARQUES FILHO

**Análise da densidade mineral óssea por radiografia panorâmica
odontológica em adultos**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo para obtenção do Título de Doutor em Ciências da Saúde.

SÃO PAULO
2026

FERNANDO COUTINHO MARQUES FILHO

**Análise da densidade mineral óssea por radiografia panorâmica
odontológica em adultos**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo para obtenção do Título de Doutor em Ciências da Saúde.

Área de concentração: Ciências da Saúde

Orientador: Dr. Adriano Namó Cury

SÃO PAULO
2026

FICHA CATALOGRÁFICA

**Preparada pela Biblioteca Central da
Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo**

Marques Filho, Fernando Coutinho

Análise da densidade mineral óssea por radiografia panorâmica odontológica em adultos./ Fernando Coutinho Marques Filho. São Paulo, 2026.

Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo – Curso de Pós-Graduação em Ciências da Saúde.

Área de Concentração: Ciências da Saúde

Orientador: Adriano Namó Cury

1. Densidade óssea 2. Osteoporose 3. Radiografia panorâmica

BC-FCMSCSP/24-26

Dedico este trabalho aos meus pais, Fernando e Dalva; aos meus irmãos, Tony, Priscilla e Karol; e aos meus filhos, Fernandinho, Leticia e Gabriel.

“O destino é incerto, mas a coragem de
enfrentar o desconhecido nos dá poder para
continuar”.

(Stephen Percy Harris)

AGRADECIMENTOS

Ao nosso grande mestre, Jesus.

Aos meus pais, por todo o esforço ao longo da vida.

Aos meus filhos, Fernando, Leticia e Gabriel, muito obrigado pelo amor e carinho, vocês são a maior razão dessa conquista.

Ao meu irmão Antônio, por toda a paciência, ensinamentos e companheirismo, que vêm de uma vida inteira.

Ao meu professor orientador, Dr. Adriano Namó Cury, pela paciência, disponibilidade, bons conselhos e ajuda na conclusão do trabalho.

Ao meu grande amigo, Ricardo Camargo, por toda ajuda e boa vontade ao longo dessa jornada, principalmente pelo bom gosto nas apresentações.

Ao meu diretor, Eneogusto Moura, da UFRR, que me deu apoio total no decorrer do projeto.

Ao meu amigo, Tassio Sendin, que me orientou brilhantemente na parte radiológica dessa pesquisa.

A todos os professores da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, pelo conhecimento compartilhado e ajuda ao longo desses anos de muito trabalho.

Aos meus amigos, Ricardo Oliveira, Thyago Medina, Guilherme Avelino e Rodrigo Demétrio, pela torcida pela minha evolução profissional.

Às minhas queridas amigas, Pauliana Mota e Nyci Anne Chaves pelo carinho ao longo desses anos.

Aos meus pacientes, sem eles nada disso seria possível.

ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AUC	Área Under the Curve (área sob a curva)
25(OH)D3	25-hidroxi-vitamina D3
Ca ²⁺	Cálcio sérico total
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CNS	Conselho Nacional de Saúde
COL1A1	Gene do colágeno tipo I
DMO	Densidade Mineral Óssea
DXA	Dual-energy X-ray Absorptiometry
EPIs	Equipamentos de Proteção Individual
ESR1	Gene do receptor de estrogênio
EVCO	Expectativa de vida com osteoporose
g/cm ²	Grama por centímetro quadrado
IA	Inteligência Artificial
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICM	Índice Cortical Mandibular
IM	Índice Mentoniano
IMC	Índice de Massa Corporal
LSD	Least Significant Difference
MCW	Mandibular Cortical Width
MI	Mental Index
mg/dL	Miligrama por decilitro
ng/mL	Nanograma por mililitro
OMS	Organização Mundial da Saúde
PGRSS	Programa de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde
pg/mL	Picograma por mililitro
PMI	Panoramic Mandibular Index
PTH	Paratormônio
ROC	Receiver Operating Characteristic
RP	Razões de Prevalência
SBEM	Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia
SCOOP	Screening for Osteoporosis in Older Women for the Prevention of
Fractures	
TCFC	Tomografias Computadorizadas de Feixe Cônico
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
USPSTF	United States Preventive Services Task Force
VDR	Receptor de vitamina

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo geral	11
2.2 Objetivos específicos	11
3 MATERIAL E MÉTODO	12
3.1 Desenho do estudo	12
3.2 População do estudo	12
3.3 Amostra	12
3.4 Critérios de inclusão e de exclusão	12
3.5 Variáveis do estudo	13
3.6 Procedimento de pesquisa	13
3.7 Análise estatística	16
3.8 Aspectos éticos	17
4 RESULTADOS	18
4.1 Caracterização da amostra	18
4.2 Concordância entre métodos	21
4.3 Associação entre radiografia panorâmica e densitometria	22
4.4 Fatores associados à osteoporose e à osteopenia	23
4.5 Capacidade preditiva da curva ROC	29
4.6 Fatores associados ao Índice Mentoniano	31
5 DISCUSSÃO	34
6 CONCLUSÕES	40
7. REFERÊNCIAS	43
RESUMO	50
ABSTRACT	52
LISTA DE FIGURAS	54
LISTA DE TABELAS	55
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	56
ANEXO A- PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA	57

1 INTRODUÇÃO

A densidade mineral óssea (DMO) corresponde à quantidade de mineral óssea, predominantemente cálcio e fósforo, mensurada pela densitometria por dupla emissão de raios X (DXA). Embora o construto biológico de interesse esteja relacionado à densidade mineral volumétrica do tecido ósseo, a DMO obtida por DXA constitui uma estimativa areal, expressa em g/cm^2 , decorrente da natureza bidimensional da técnica. Consequentemente, essa medida não reflete diretamente a densidade volumétrica verdadeira (g/cm^3) e pode ser influenciada por variações no tamanho e na geometria óssea¹. Ainda assim, a DMO areal permanece amplamente empregada como parâmetro clínico para a avaliação da resistência e integridade óssea, refletindo aspectos estruturais e funcionais do esqueleto². A mineralização óssea resulta da interação complexa entre fatores hormonais, mecânicos e nutricionais, incluindo a ação de hormônios reguladores da homeostase cálcio-fósforo, a carga mecânica aplicada ao esqueleto, a ingestão adequada de cálcio e vitamina D, bem como sua produção endógena³.

Além desses aspectos, fatores genéticos exercem influência significativa sobre a DMO, sendo responsáveis por grande parte da variabilidade individual observada. Estudos indicam que polimorfismos em genes relacionados ao metabolismo ósseo, como o do receptor de vitamina D (VDR), colágeno tipo I (COL1A1) e receptor de estrogênio (ESR1), estão associados a diferenças na massa óssea e na suscetibilidade à osteoporose⁴⁻⁷.

A DMO apresenta um padrão de desenvolvimento ao longo do ciclo vital caracterizado por aumento progressivo desde a infância, com acentuada taxa de aquisição durante a puberdade, período responsável pela maior incorporação de massa óssea, atingindo o pico entre a terceira e a quarta décadas de vida. Após o pico de massa óssea, observa-se um período de relativa estabilidade⁸, seguido por um declínio gradual da DMO em ambos os sexos a partir da meia-idade⁹.

Nas mulheres, a perda óssea torna-se mais pronunciada no período pós-menopausa, em virtude da deficiência estrogênica, que promove aumento da reabsorção óssea. Nos homens, a redução da DMO ocorre de forma mais lenta e tardia, relacionada principalmente ao envelhecimento e à diminuição progressiva dos níveis de testosterona e de sua conversão periférica em estrogênio⁸.

Cerca de 95% da massa óssea adulta é adquirida até os 17 anos em mulheres e 21 anos em homens, sendo fundamental atingir esse pico para reduzir riscos de doenças ósseas na idade adulta^{10,11}. A falha em alcançar a massa óssea máxima resulta em maior propensão à osteopenia, à osteoporose e a fraturas por fragilidade já em fases jovens da vida. Embora raras em jovens e mulheres em pré-menopausa, tais fraturas podem ocorrer em decorrência de fatores secundários, como doenças endócrinas, uso prolongado de corticosteroides, distúrbios alimentares ou condições genéticas que afetam o metabolismo ósseo¹².

Neste contexto, é importante definir os principais distúrbios quantitativos da mineralização óssea. A osteopenia é um termo clínico utilizado para definir a redução da DMO abaixo dos valores considerados normais, porém sem atingir o limiar diagnóstico de osteoporose. Conforme a Organização Mundial da Saúde (OMS), caracteriza-se por um escore T entre -1,0 e -2,5, enquanto valores abaixo de -2,5 indicam osteoporose^{10,13}. Tanto a osteopenia quanto a osteoporose refletem alterações na microarquitetura do tecido ósseo, sem alteração qualitativa¹⁴.

Mais especificamente, a osteoporose é uma doença óssea sistêmica caracterizada pela redução da massa óssea e deterioração da microarquitetura do tecido ósseo, elevando o risco de fraturas, sobretudo na coluna vertebral, quadril e punho¹⁵. A condição acomete indivíduos de ambos os sexos, mas é mais prevalente em mulheres pós-menopáusicas devido à queda dos níveis de estrogênio¹⁶. Outros fatores associados incluem envelhecimento, histórico familiar, sedentarismo, alimentação pobre em cálcio, tabagismo, consumo excessivo de cafeína, diabetes mellitus e baixa exposição solar^{17,18}. As fraturas decorrentes da osteoporose, especialmente as de quadril, apresentam alta mortalidade e dificultam a reabilitação, causando impacto significativo na saúde pública¹⁹.

Classicamente, a osteoporose é dividida em primária (incluindo os tipos pós-menopausa, senil e idiopática juvenil) e secundária, relacionada a outras condições clínicas, como doenças reumáticas, transtornos endócrinos, uso prolongado de corticosteroides e anticonvulsivantes, além do consumo excessivo de álcool e tabaco¹⁹. O exame padrão-ouro para avaliação da DMO é a DXA, que permite classificar o paciente como normal, osteopênico ou osteoporótico, embora não seja indicado para rastreamento populacional em larga escala²⁰. No contexto brasileiro, as diretrizes da Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia²¹ recomendam a

realização da DXA apenas em mulheres com 65 anos ou mais, homens com 70 anos ou mais, e em adultos mais jovens que apresentem fatores de risco clínico significativos para osteoporose, conforme orientação do Ministério da Saúde²².

Manter níveis adequados de DMO é essencial para prevenir a osteoporose, que resulta do desequilíbrio entre reabsorção e formação óssea, com predominância da reabsorção^{3,23}. A osteoporose constitui um problema crescente de saúde pública, associando-se a dor óssea, fraturas por fragilidade, morbidade e mortalidade, além de considerável impacto econômico e social, especialmente em sociedades envelhecidas^{24,25}.

No entanto, apesar de sua importância, estratégias globais para a prevenção ainda são limitadas²⁶. Estudos globais também destacam variações na prevalência da osteoporose. Salari et al.²⁵ estimaram a prevalência global em 18,3%, sendo maior em mulheres (23,1%) do que em homens (11,7%). Wang et al.²⁷, em uma meta-análise na China, encontraram prevalência de osteopenia de 28,3%, mais acentuada entre 40 e 60 anos, com maior incidência em homens. Xiao et al.²⁶, por sua vez, avaliaram 108 estudos, apontando prevalência global de osteoporose de 19,7% e de osteopenia de 40,4%, com ampla variação regional.

Além disso, a meta-análise de Long et al.²⁸ envolvendo mais de 1,2 milhão de mulheres na pós-menopausa, identificou fatores preditores de fraturas osteoporóticas, como idade avançada, baixo índice de massa corporal (IMC), nível educacional médio ou superior, paridade igual ou superior a três, histórico de hipertensão, diabetes mellitus, consumo de álcool, menarca tardia (≥ 15 anos), menopausa precoce (< 40 anos) ou tardia (> 50 anos), uso de estrogênio e suplementação de vitamina D. Em Taiwan, Chung e Chan²⁴ analisaram mais de 194 mil indivíduos e verificaram prevalência de baixa DMO em 10,6%, associada a fatores como sexo feminino, idade avançada, obesidade central e dislipidemia, enquanto práticas como educação elevada, exercícios vigorosos, boa qualidade do sono e consumo regular de laticínios foram protetores. No Reino Unido, Duckworth et al.²⁹ relacionaram osteopenia e osteoporose a fatores psicossociais, como isolamento social, sedentarismo, ansiedade e baixa renda, evidenciando a importância dos determinantes sociais e emocionais na saúde óssea.

No contexto brasileiro, a prevalência de osteoporose em mulheres pós-menopáusicas varia entre 15% e 33%, conforme critérios diagnósticos aplicados^{30,31}.

Em homens, apesar do número menor de estudos, a osteoporose também é frequente, especialmente a partir dos 60 anos, com alta incidência de fraturas vertebrais³².

Astolfo et al.³³ realizaram uma revisão sistematizada sobre a osteoporose no Brasil, abordando sua prevalência, impacto e estratégias de prevenção. Os autores destacam que, com o envelhecimento populacional, a osteoporose representa um desafio crescente para a saúde pública, especialmente pelas fraturas por fragilidade, como as de quadril e de coluna, associadas a alta mortalidade e a custos elevados. A análise de estudos nacionais revelou que a incidência de fraturas de quadril pode triplicar até 2050, com mortalidade de até 30% no primeiro ano pós-fratura³³.

Bomfim e Camargos³⁴, por sua vez, estimaram a expectativa de vida com osteoporose (EVCO) aos 60 e 80 anos, para homens e mulheres no Brasil e nas regiões Norte e Nordeste. Utilizando o método de Sullivan, a análise combinou dados de morbidade do ELSI-Brasil e de mortalidade das Tábuas de Vida do IBGE. Em 2016, homens aos 60 anos nas regiões Nordeste e Norte viveriam, em média, 2,5 e 2,6 anos com osteoporose, respectivamente; enquanto mulheres da mesma idade viveriam 9,1 anos com a condição. Aos 80 anos, as diferenças de sexo se mantêm, com homens vivendo cerca de 3,9 anos (Nordeste) e 3,8 anos (Norte), e mulheres, 6,7 e 8,5 anos, respectivamente. Homens dessas regiões viveram, proporcionalmente, menos anos com osteoporose que a média nacional, enquanto para as mulheres as diferenças regionais foram menores³⁴.

Apesar da relevância epidemiológica da osteoporose, seu impacto clínico torna-se mais evidente quando associada a eventos como as quedas, principal fator precipitante de fraturas osteoporóticas, especialmente em idosos. As quedas representam um importante problema de saúde pública entre idosos, sendo uma das principais causas de fraturas, especialmente em indivíduos com osteoporose. Amorim et al.³⁵ estimaram a prevalência e os fatores associados à queda grave em idosos brasileiros, a partir de um estudo transversal com 10.537 participantes da Pesquisa Nacional de Saúde de 2013. A prevalência de queda grave foi 7,5%. As maiores chances de queda foram observadas em mulheres, idosos entre 70-79 anos e ≥ 80 anos, pessoas que vivem sem cônjuge, sedentárias no lazer, com múltiplas doenças, dificuldades no sono, limitações nas atividades básicas diárias e uso de dispositivo para marcha. Nesse contexto, é importante considerar também os impactos do

diagnóstico tardio da osteoporose, pois estudos que envolvem mulheres na pós-menopausa e adultos com risco elevado mostram que atrasos na identificação da doença estão diretamente relacionados a desfechos negativos como fraturas vertebrais e de quadril, perda da mobilidade, dor crônica e diminuição da qualidade de vida³⁶. Isso ocorre porque intervenções iniciadas após fraturas osteoporóticas são frequentemente menos eficazes e mais onerosas do que aquelas iniciadas precocemente, antes da primeira fratura³⁷. Uma vez que a fragilidade óssea acumulada já compromete a arquitetura esquelética, tornando a recuperação mais difícil e incompleta³⁸.

Seguindo essa linha de raciocínio, é possível compreender melhor o impacto das fraturas de quadril, que constituem uma das consequências mais graves da osteoporose. Essas fraturas estão associadas a uma alta taxa de mortalidade no primeiro ano após o evento e causam incapacidade funcional nos sobreviventes. Chen et al.³⁹ investigaram fatores que influenciam os desfechos de pacientes idosos com fratura de quadril, acompanhando 281 indivíduos por até um ano após a cirurgia. Os resultados mostraram que a fratura de quadril causa queda significativa na qualidade de vida e nas atividades de vida diária, além de aumentar a dependência por cuidados adicionais. A taxa de mortalidade em um ano foi de 13,9%. O principal preditor de recuperação funcional foi o estado funcional antes da fratura. Já a mortalidade esteve associada a fatores como sexo masculino, baixa força muscular, múltiplas comorbidades e atraso na cirurgia. O estudo destaca a necessidade de estratégias personalizadas para melhorar os resultados e reduzir os riscos nessa população vulnerável³⁹.

Além disso, mesmo fraturas vertebrais, que muitas vezes não são reconhecidas clinicamente, podem gerar deformidade progressiva da coluna, dor crônica, comprometimento pulmonar e isolamento social, afetando diretamente a autonomia do indivíduo e gerando sobrecarga emocional e financeira para famílias e sistemas de saúde⁴⁰. Ademais, o custo da osteoporose acarreta um fardo econômico significativo para os países, sendo as fraturas e suas consequências os principais fatores de custo^{40,41}.

Diante da relevância clínica desses desfechos, torna-se evidente a importância do diagnóstico precoce da osteoporose. A medida da DMO constitui um indicador fundamental para o diagnóstico e o monitoramento da osteoporose, doença

caracterizada pela redução da massa óssea e pelo aumento do risco de fraturas⁴². A absorciometria por dupla emissão de raios X (DXA) é reconhecida como o método padrão-ouro para mensuração da DMO; contudo, suas limitações relacionadas ao custo, à disponibilidade e à acessibilidade têm motivado a investigação de métodos complementares, entre eles a radiografia panorâmica odontológica⁴³. Nesse sentido, a radiografia panorâmica odontológica apresenta-se como uma alternativa promissora para avaliação óssea.

Seki et al.⁴⁴ investigaram parâmetros mandibulares, como o Índice Cortical Mandibular (ICM) e a largura cortical mandibular, em mulheres sob tratamento para osteoporose, demonstrando que esses indicadores podem auxiliar no monitoramento da saúde óssea em contextos com acesso restrito à densitometria, configurando uma estratégia complementar válida para triagem e acompanhamento clínico. A radiografia panorâmica (Figura 1), amplamente empregada na odontologia para avaliação da arcada dentária e das estruturas adjacentes, possibilita a análise de características morfológicas e radiomorfométricas que refletem alterações sistêmicas na densidade óssea, constituindo uma ferramenta promissora para a triagem de indivíduos com risco aumentado para osteoporose⁴⁵.

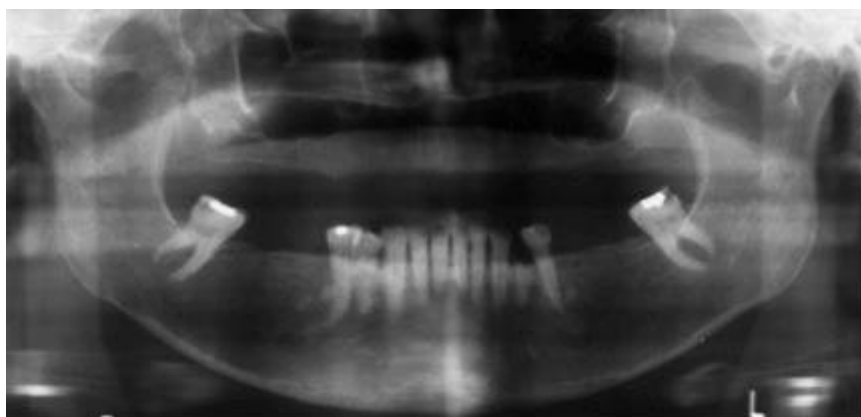


Figura 1-Radiografia panorâmica (osteoporose)

Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Osteoporosis-Panoramic-radiograph-of-a-65-year-old-white-women-shows-cortical-thinning_fig7_281525255

Legenda: A radiografia panorâmica de uma mulher branca de 65 anos mostra afinamento cortical do córtex inferior, cristas oblíquas externas e canais alveolares inferiores. O osso esponjoso é mais escuro do que o normal, embora os dentes estejam expostos corretamente; trabéculas são em menor número.

Avançando para os parâmetros radiográficos específicos, a espessura cortical mandibular e o ICM são centrais e correlacionados com a DMO sistêmica⁴⁶, sendo úteis na triagem de indivíduos com risco de osteoporose. O ICM, avaliado em

radiografias panorâmicas, tem se mostrado uma ferramenta acessível e eficaz para detectar alterações ósseas associadas à baixa DMO. Munhoz et al.⁴⁷ demonstraram a correlação do ICM com a DMO esquelética avaliada por DXA em mulheres pós-menopáusicas, evidenciando sua utilidade na identificação precoce de risco osteoporótico. Estudos como o de Canal-Macías et al.⁴⁸ reforçam essa relevância, mostrando associação entre erosão cortical mandibular e DMO avaliada por ultrassonografia falângica e DXA. Beshtawi, Bazzar e Abu-Ta'a⁴⁹ confirmaram que o ICM apresenta correlação mais forte com a DMO do que outros índices mandibulares, como o MI/MCW e o PMI, enquanto Leite et al.⁵⁰ constataram que a redução de 1 mm na largura média cortical mandibular aumenta significativamente a chance de T-score $\leq -2,5$ em homens acima de 60 anos. Esses achados consolidam o ICM como um indicador radiográfico confiável e complementar aos métodos convencionais de avaliação da DMO, como a DXA.

O ICM classifica a morfologia da cortical mandibular em distintos padrões, que vão desde a normalidade até graus variados de porosidade e de atrofia, associados a níveis reduzidos de densidade óssea⁵¹. Por sua vez, a espessura cortical mandibular, especialmente na região do forame mental, apresenta correlação significativa com os valores obtidos por meio do exame DXA, indicando seu potencial como marcador auxiliar para avaliação da saúde óssea⁵². Além desses parâmetros, destaca-se também o índice mentoniano (IM), que tem ganhado relevância como medida complementar para avaliação da DMO por meio da radiografia panorâmica. O IM consiste em um parâmetro mensurável extraído da radiografia panorâmica, utilizado para avaliar a espessura da cortical mandibular na região situada abaixo do forame mental. Trata-se de uma medida indireta da DMO e tem se destacado em pesquisas clínicas como um recurso promissor para a detecção precoce de osteopenia e osteoporose. Estudos como o de Devlin et al.⁵³ demonstraram que o IM apresenta correlação significativa com a DMO sistêmica, evidenciando sua utilidade na triagem de pacientes com risco de baixa densidade óssea. Além disso, a revisão sistemática de Heuchert et al.⁵⁴ reforça a precisão diagnóstica do IM, destacando sua aplicabilidade na prática clínica odontológica para a identificação precoce de alterações ósseas associadas à osteoporose.

Em um estudo envolvendo 120 mulheres na pós-menopausa, foi observado que os valores do IM foram significativamente mais baixos entre aquelas com histórico de

fraturas vertebrais por fragilidade, em comparação com o grupo controle⁵⁵. Outro estudo, com 100 mulheres com idade igual ou superior a 30 anos, identificou uma correlação significativa entre o IM e o T-score obtido por DXA ($r = 0,47$), indicando seu valor preditivo. Nessa análise, um ponto de corte de 4,5 mm apresentou sensibilidade de 76,9%, especificidade de 54,1% e acurácia de 63%, demonstrando sua aplicabilidade clínica⁵⁶.

Apesar de sua simplicidade e do baixo custo, é necessário considerar as limitações da radiografia panorâmica, como a variabilidade na qualidade das imagens, o posicionamento do paciente e a subjetividade na interpretação dos índices radiográficos, aspectos que requerem treinamento específico e padronização para garantir a confiabilidade dos resultados⁴⁵. Ainda assim, a radiografia panorâmica se configura como um instrumento complementar valioso para a triagem da osteoporose, sobretudo em populações vulneráveis, como mulheres pós-menopáusicas e idosos, favorecendo o diagnóstico precoce e possibilitando intervenções clínicas oportunas, minimizando complicações decorrentes da baixa DMO.⁵²

A radiografia panorâmica odontológica não deve ser entendida como um método diagnóstico definitivo para osteoporose, pois não quantifica com precisão a DMO esquelética, função que é desempenhada por exames específicos como a DXA⁵⁷. Salienta-se que ela atua como uma ferramenta de triagem inicial, útil para alertar o clínico sobre possíveis alterações estruturais ósseas que sugerem risco aumentado de baixa DMO ou osteoporose. Por isso, achados sugestivos em radiografias panorâmicas exigem confirmação por métodos diagnósticos apropriados e avaliação médica complementar⁵².

Jacob et al.⁵⁸ investigaram a aplicabilidade de índices radiomorfométricos obtidos a partir de radiografias panorâmicas digitais em mulheres pós-menopáusicas, com o objetivo de avaliar sua relação com a DMO aferida pelo exame padrão-ouro, a densitometria por DXA. O estudo envolveu a mensuração de diferentes índices mandibulares, incluindo a espessura cortical e o ICM, em radiografias panorâmicas digitais, e comparou os valores obtidos entre mulheres com DMO normal, osteopenia e osteoporose. Os resultados mostraram diferenças estatisticamente significativas nos índices radiográficos entre as categorias de DMO, indicando que essas medidas podem refletir alterações sistêmicas na densidade óssea. Complementando essas evidências, Abdinian, Milaei e Soltani⁵⁵ exploraram a relação entre índices qualitativos

e quantitativos obtidos não apenas por radiografias panorâmicas, mas também por tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC), correlacionando-os com a DMO femoral e vertebral, reforçando o potencial dessas técnicas como métodos complementares para a identificação de baixa densidade óssea. Além disso, a aplicação de técnicas de *deep learning*, como demonstrado por Tarighatnia et al.⁵⁹ permitiu identificar características sutis associadas à osteoporose em imagens odontológicas, mostrando que a inteligência artificial pode aprimorar a triagem populacional de forma acessível e não invasiva.

Por fim, é importante considerar os impactos psicológicos do diagnóstico de osteoporose. Estudos recentes mostram que muitas pessoas vivenciam esse diagnóstico como um sinal de envelhecimento e fragilidade, provocando sentimentos de medo, ansiedade e insegurança⁶⁰. Esse processo pode afetar negativamente a autoimagem e a identidade, levando à diminuição da autoestima, retraimento social e, em alguns casos, sintomas depressivos. Além disso, uma revisão sistemática e meta-análise apontou que mulheres com osteoporose apresentam pior qualidade de vida em domínios psicológicos, mesmo na ausência de fraturas⁶¹. O fato de receber o diagnóstico em si já é suficiente para desencadear sofrimento emocional. Esses achados reforçam a necessidade de uma abordagem integral no cuidado à osteoporose, que considere não apenas a saúde óssea, mas também o bem-estar psicológico das pacientes.

Nesse contexto, a detecção precoce é fundamental, pois permite intervenções mais simples e eficazes. Uma revisão sistemática realizada por Gates et al.⁶² evidenciou que o rastreamento para prevenção primária em adultos a partir dos 40 anos, realizado em atenção primária, pode reduzir significativamente o risco de fraturas osteoporóticas, principalmente as de quadril, que têm grande impacto na morbidade e mortalidade. A pesquisa também mostrou que o rastreamento é geralmente bem aceito por adultos nessa faixa etária, especialmente quando explicado o potencial benefício na prevenção de fraturas graves, favorecendo assim a implementação de programas preventivos em atenção primária⁶².

Além disso, a recomendação da *United States Preventive Services Task Force* (USPSTF) reforça a importância da triagem em mulheres pós-menopáusicas e indivíduos com fatores de risco a partir desta faixa etária, mostrando que a avaliação precoce permite intervenções oportunas que podem prevenir fraturas graves e

melhorar a qualidade de vida³⁸. Estudos clínicos randomizados, como o *Screening for Osteoporosis in Older Women for the Prevention of Fractures* (SCOOP), demonstram que programas estruturados de rastreamento com ferramentas de avaliação de risco são eficazes na redução de fraturas, corroborando a necessidade de monitoramento sistemático da população adulta⁶⁰. Dessa forma, a inclusão de adultos com 40 anos ou mais neste estudo possibilita identificar precocemente indivíduos em risco de osteoporose, permitindo intervenções preventivas e contribuindo para estratégias de saúde pública voltadas à redução de fraturas osteoporóticas.

Portanto, diante do envelhecimento populacional e do aumento da expectativa de vida, a detecção precoce da osteoporose em adultos a partir dos 40 anos deve ser incorporada como uma estratégia prioritária de saúde pública. Mais do que evitar fraturas, trata-se de preservar a independência, reduzir o sofrimento e garantir qualidade de vida à medida que se envelhece. Reconhecer os sinais de risco antes que as complicações surjam é não apenas uma ação clínica prudente, mas um investimento em bem-estar individual e coletivo, sustentado por evidências científicas robustas e atualizadas. Além disso, ao detectar a osteoporose em fases iniciais, é possível implementar intervenções que retardam ou impedem a progressão da doença, reduzindo a incidência de fraturas e suas consequências, como hospitalizações prolongadas, perda de independência e custos elevados para o sistema de saúde.

A literatura recente evidencia iniciativas pontuais de investigação da osteoporose na Região Amazônica, principalmente por meio de estudos observacionais em populações específicas^{63,64}. No entanto, essas pesquisas geralmente envolvem amostras restritas e há ausência de investigações mais amplas ou sistemáticas, indicando que a produção científica sobre o tema na Região Norte ainda é limitada. Apesar do crescente uso da radiografia panorâmica como ferramenta de triagem de osteoporose em contextos gerais e odontológicos no Brasil, não foram identificados estudos de campo realizados especificamente na população do Estado do Amazonas nas principais bases consultadas (PubMed, Scopus e Springer) até a data atual; uma lacuna que reforça a necessidade de novos estudos regionais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Comparar os índices morfométricos obtidos em radiografias panorâmicas odontológicas, de pacientes com idade superior a 40 anos no estado do Amazonas, com os resultados da densitometria óssea, a fim de verificar a possibilidade de sua utilização no rastreamento diagnóstico de osteopenia e osteoporose.

2.2 Objetivos específicos

Determinar, por meio da radiografia panorâmica odontológica, o ICM e o IM.

Identificar, por meio da densitometria óssea, os pacientes com alterações na DMO (osteopenia/osteoporose).

Verificar os índices bioquímicos de PTH, cálcio total iônico, fósforo, e 25-hidroxi-vitamina D3.

Determinar os pontos de corte ideais das variáveis analisadas (DXA Coluna Lombar, DXA Fêmur Proximal Direito e IM) para a detecção de osteoporose e osteopenia.

Avaliar a acurácia diagnóstica dessas variáveis na predição de osteoporose e osteopenia.

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 Desenho do estudo

Este estudo é de abordagem quantitativa, análise descritiva e analítica, e de delineamento transversal.

3.2 População do estudo

Pacientes com idade maior ou igual a 40 anos, no Estado do Amazonas.

3.3 Amostra

O cálculo do tamanho amostral foi realizado considerando as principais variáveis de interesse, incluindo cálcio sérico, PTH, fósforo, 25-OH vitamina D3 e índices radiográficos mandibulares (ICM e IM). Para variáveis contínuas, utilizou-se como referência a diferença média observada entre os grupos com diagnóstico de osteopenia e osteoporose, o desvio-padrão médio de cada grupo e o nível de significância estatística (alfa) de 5%. O poder do teste foi estabelecido em 80%, visando reduzir a probabilidade de erro tipo II.

A partir desses parâmetros, a amostra mínima necessária para detectar diferenças estatisticamente significativas na variável cálcio foi de 26 participantes por grupo, totalizando 52 indivíduos. Para outras variáveis, como fósforo, vitamina D3 e índices mandibulares, o tamanho amostral variou conforme a disponibilidade de dados nas subamostras, chegando a 148 participantes para vitamina D3.

As comparações entre grupos foram realizadas por meio do teste t-Student para variáveis contínuas e teste Qui-quadrado para variáveis categóricas, garantindo a avaliação adequada da significância estatística das diferenças observadas. A metodologia adotada assegura confiabilidade nos resultados e a representatividade amostral para as análises propostas.

3.4 Critérios de inclusão e de exclusão

Foram convidados a participar deste estudo 129 pacientes de ambos os sexos, com idade igual ou superior a 40 anos. A inclusão ocorreu mediante a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A), após o devido esclarecimento sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa. Não foram considerados elegíveis os indivíduos que recusaram a participação, apresentaram

impedimentos de ordem pessoal ou profissional, indivíduos que não realizaram todos os exames solicitados, bem como aqueles com *déficits* cognitivos que comprometessem a compreensão das informações. Também foram excluídos estrangeiros e indígenas, em virtude das especificidades éticas e legais relacionadas a esses grupos.

3.5 Variáveis do estudo

Para a realização do presente estudo, foram analisadas as seguintes variáveis: idade, sexo, cor da pele, tabagismo (variável "Fuma") e etilismo (variável "Bebe"), por se tratar de fatores sociodemográficos e comportamentais com potencial influência sobre a DMO. Foram incluídas também variáveis bioquímicas, como os níveis séricos de cálcio, PTH, fósforo e 25-hidroxi-vitamina D3, por seu papel no metabolismo ósseo, além da suplementação ou não de vitamina D.

Adicionalmente, os resultados de DXA foram incorporados, com medidas específicas da coluna lombar e do fêmur proximal direito, considerando-se essas regiões como padrões na avaliação da osteopenia e da osteoporose. O diagnóstico clínico relacionado à densidade óssea foi categorizado com base nos achados da DXA. Por fim, foram analisados dois índices morfométricos mandibulares obtidos por meio de radiografias panorâmicas odontológicas: o ICM e o IM, visando explorar sua possível correlação com os parâmetros da densitometria óssea.

3.6 Procedimento de pesquisa

Os dados foram coletados de pacientes previamente atendidos nas Clínicas Pró-Saúde, localizada na cidade de Manaus-AM, sob acompanhamento de dois médicos ortopedistas. Todos os participantes da pesquisa foram devidamente informados quanto aos objetivos do estudo e, após consentimento livre e esclarecido, foram encaminhados para a realização de radiografia panorâmica odontológica, exame de DXA, bem como exames laboratoriais de dosagem de PTH, cálcio total iônico, fósforo, e 25-hidroxi-vitamina D3.

Os exames de densitometria óssea foram executados em parceria com a clínica CEMED IMAGEM - Centro Médico e Diagnóstico por Imagem. Os exames laboratoriais, conduzidos pelo Laboratório de Análises Clínicas - FAL, ambos situados na capital do Amazonas.

Os exames radiológicos foram realizados em parceria com a CIMO - Exames de Imagens Odontológicas, na cidade de Manaus-AM. Durante a coleta dos dados, os participantes foram expostos à radiação ionizante em níveis considerados seguros, conforme os parâmetros estabelecidos para uso rotineiro em clínicas radiológicas. Todas as medidas de proteção radiológica foram rigorosamente seguidas, garantindo segurança tanto aos profissionais quanto aos pacientes. Durante a realização da radiografia panorâmica, adotaram-se práticas condizentes com os princípios de radioproteção, incluindo o uso de avental de chumbo e protetor de tireoide para os pacientes.

Os resíduos gerados no processo, como Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), plásticos protetores e outros descartáveis, foram eliminados adequadamente, seguindo as diretrizes do Programa de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) vigente. Ressalta-se que os exames radiográficos foram obtidos por meio de sistema digital, o que reduziu significativamente a produção de resíduos e os custos associados a impressões em filme. Após a realização da radiografia panorâmica, os exames foram encaminhados para análise, por um cirurgião-dentista especialista em radiologia odontológica, que determinou os índices radiomorfométricos da mandíbula por meio de laudo descritivo.

Os parâmetros avaliados incluíram o ICM e o IM. O ICM foi classificado conforme Cral et al.⁶⁵, Leite et al.⁶⁶ e Mahl et al.⁶⁷ em três categorias: C1 (normal, margem endosteal nítida e contínua em ambos os lados), C2 (osteopenia, presença de defeitos semilunares ou irregularidades na cortical) e C3 (osteoporose, cortical visivelmente fina e porosa) (Figura 2).

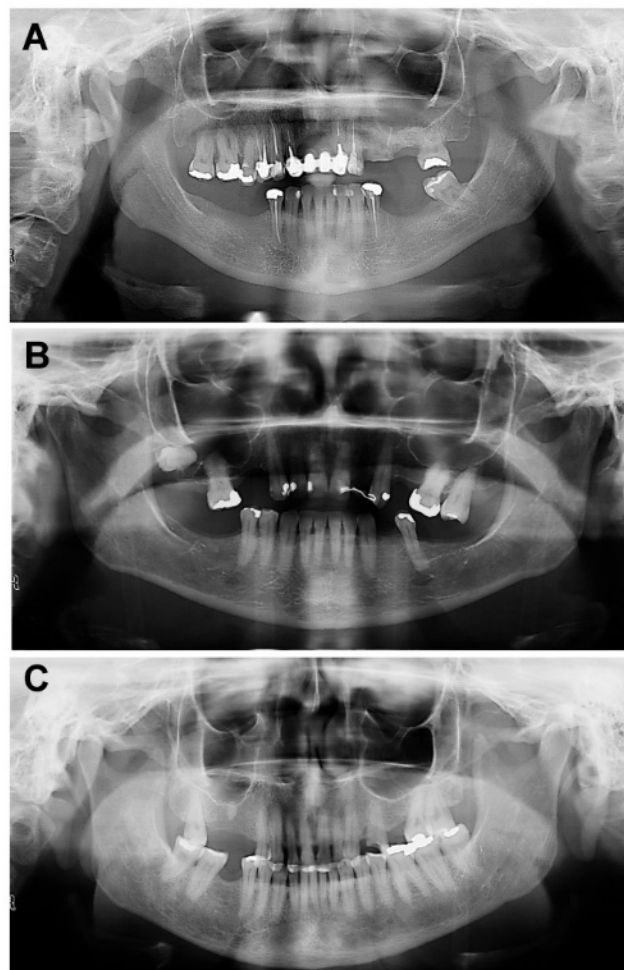


Figura 2-Estágios do Índice Cortical Mandibular

A= C1- Cortical lisa e regular; B= C2 - Cortical apresentando defeitos semilunares (reabsorção lacunar); C= C3 - Cortical apresentando aspecto poroso e com erosão.

Fonte:⁶⁸

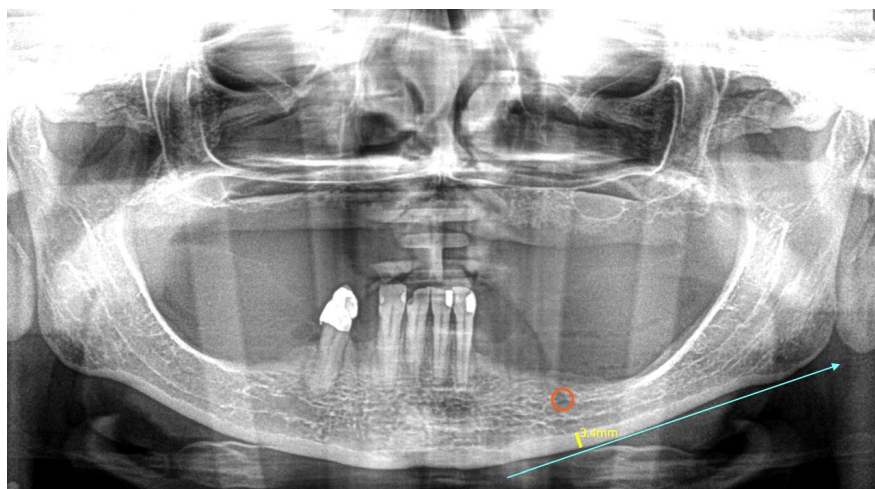


Figura 3-Radiografia com o traçado das linhas utilizadas para a determinação do Índice Mentoniano

Fonte: dados da pesquisa (2025).

O IM foi mensurado perpendicularmente à base da mandíbula, na altura do forame mentoniano. Foram considerados normais os valores iguais ou superiores a 3,1 mm (Figura 3).

3.7 Análise estatística

As variáveis quantitativas foram descritas por média e desvio padrão e as categóricas por frequências absolutas e relativas. A comparação de médias entre dois grupos foi realizada pelo teste t-student e entre três ou mais grupos pela Análise de Variância (ANOVA) em conjunto com o teste de Tukey para comparações múltiplas. Na comparação de proporções, os testes qui-quadrado de Pearson ou exato de Fisher foram aplicados conforme adequação da amostra e, quando necessário, a análise dos resíduos ajustados foi utilizada para localizar as associações estatisticamente significativas.

Para controle de fatores confundidores, o modelo de Regressão de Poisson com variância robusta foi aplicado nas análises univariada e multivariada, sendo calculadas as Razões de Prevalências (RP) juntamente com os respectivos intervalos de 95% de confiança (IC 95%). O critério para entrada da variável no modelo multivariado foi valor $p < 0,20$ na análise bivariada, sendo mantidas no modelo final apenas as variáveis com associação estatisticamente significativa, exceto para os índices da radiografia panorâmica odontológica, que constituíam o foco do estudo.

A curva Receiver Operating Characteristic (ROC) em conjunto com o índice de Youden foi utilizada para identificar os melhores pontos de corte na predição de osteopenia, osteoporose e de IM abaixo de 3,1 mm, sendo calculados a área sob a curva (AUC), o intervalo de 95% de confiança, a sensibilidade e a especificidade para cada variável de interesse. Para avaliar a concordância entre os métodos de forma quantitativa, as variáveis foram padronizadas pelo escore z [(valor obtido – média) / desvio padrão] e calculados o coeficiente de correlação intraclasse (ICC) e o gráfico de Bland-Altman. De acordo com Altman⁶⁹, valores de ICC inferiores a 0,4 indicam fraca concordância, entre 0,41 e 0,60 moderada concordância e acima de 0,6 forte concordância. O nível de significância adotado para todas as análises foi de 5% ($p < 0,05$) e os procedimentos estatísticos foram conduzidos com o auxílio do software SPSS®, versão 27.0.

3.8 Aspectos éticos

A presente pesquisa foi conduzida em conformidade com os princípios éticos que regem a pesquisa envolvendo seres humanos, conforme estabelecido na Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012⁷⁰, do Conselho Nacional de Saúde (CNS). Todos os participantes foram devidamente informados quanto aos objetivos, procedimentos, riscos e benefícios do estudo, e a participação ocorreu somente após a assinatura do TCLE. O projeto foi submetido à apreciação ética e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), sob o parecer nº 7.528.465, CAAE 79548124.9.0000.5301 garantindo o respeito à dignidade, à autonomia e aos direitos dos participantes (ANEXO A).

4 RESULTADOS

Os resultados são apresentados em seis blocos sequenciais, organizados segundo uma progressão lógica que vai do geral ao específico e da descrição à predição. Parte-se da caracterização da amostra, seguida da avaliação da concordância entre as medidas contínuas do IM e da densitometria óssea, verificando se os valores dos dois métodos apresentam concordância entre si. Em seguida, investiga-se a associação entre os achados da radiografia panorâmica e os diagnósticos densitométricos, respondendo à pergunta central do estudo, seguida da identificação dos fatores associados aos diagnósticos de osteoporose e osteopenia. Por fim, avalia-se a capacidade discriminatória das variáveis por meio de curvas ROC e investigam-se os determinantes do IM reduzido, explorando o potencial desse marcador radiográfico como ferramenta auxiliar de triagem. Essa sequência busca assegurar que cada bloco forneça o embasamento necessário para a interpretação do bloco seguinte.

4.1 Caracterização da amostra

Foram convidados a participar da pesquisa 129 indivíduos com idade igual ou superior a 40 anos, de ambos os sexos. Destes, 13 não retornaram para a entrega dos exames. A Figura 4 apresenta a caracterização da amostra composta por 116 participantes. A média de idade foi de $69,1 \pm 10,5$ anos, predominando o sexo feminino (84,5%). Em relação à cor da pele, a maioria declarou-se parda (52,6%), seguida de branca (36,2%) e negra (11,2%). Quanto aos hábitos, 20,7% eram fumantes, 7,8% ex-fumantes e 25,9% relataram consumo atual de bebida alcoólica, enquanto 12,1% referiram ter interrompido esse hábito.

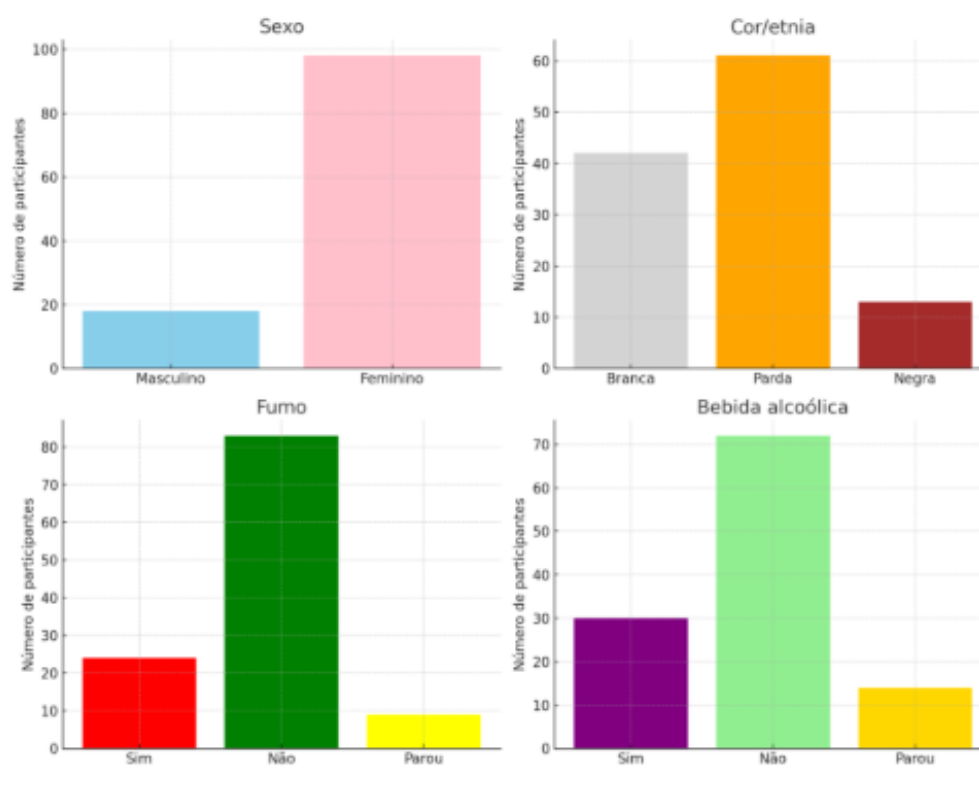


Figura 4-Caracterização da amostra

Fonte: dados da pesquisa (2025).

A Tabela 1, por sua vez, apresenta os dados laboratoriais da amostra de 116 participantes. A média de cálcio sérico foi $8,73 \pm 0,55$ mg/dL, com 73,3% apresentando valores de cálcio sérico normais. O PTH teve média de $49,0 \pm 12,6$ pg/mL, sendo 4,3% dos indivíduos classificados como hiperparatireoidismo. Os níveis médios de fósforo foram $3,27 \pm 0,49$ mg/dL, com aproximadamente 5,1% fora do intervalo de referência. Quanto à 25-OH vitamina D3, a média foi $34,4 \pm 7,4$ ng/mL, sendo 31,9% com insuficiência e 68,1% com níveis suficientes, sem casos de deficiência grave ou toxicidade.

Tabela 1-Dados sobre os exames bioquímicos

Variáveis	n=116
Cálcio (mg/dL) – média $\pm$ DP	$8,73 \pm 0,55$
Classificação Cálcio – n(%)	
Hipocalcemia (< 8,5 mg/dL)	31 (26,7)
Normocalcemia (8,5 – 10,5 mg/dL)	85 (73,3)
PTH (pg/mL) – média $\pm$ DP	$49,0 \pm 12,6$
Classificação PTH – n(%)	
Valor de referência (10 a 65 pg/mL)	111 (95,7)
Hiperparatireoidismo (> 65 pg/mL)	5 (4,3)
Fósforo (mg/dL) – média $\pm$ DP	$3,27 \pm 0,49$

Classificação Fósforo – n(%)	
Abaixo da referência (<2,5 mg/dL)	4 (3,4)
Valor de referência (2,5 a 4,5 mg/dL)	110 (94,8)
Acima da referência (>4,5 mg/dL)	2 (1,7)
25-OH Vitamina D3 (ng/mL) – média ± DP	34,4 ± 7,4
Classificação Vitamina D3 – n(%)	
Deficiência grave (<20 ng/mL)	0 (0,0)
Insuficiência (20 – 29 ng/mL)	37 (31,9)
Suficiência (30 – 100 ng/mL)	79 (68,1)
Toxicidade (> 100 ng/mL)	0 (0,0)

Fonte: dados da pesquisa (2025).

Enquanto isso, a Tabela 2 apresenta os achados de densitometria óssea e radiografia panorâmica odontológica da amostra de 116 participantes. Pela densitometria, 10,3% apresentaram resultados normais, 43,1% osteopenia e 46,6% osteoporose. Quanto ao ICM, 11,2% tinham margem cortical uniforme, 62,1% apresentaram defeitos semilunares e 26,7% perda acentuada com superfície porosa. O IM teve média de $2,73 \pm 0,66$ mm, sendo 65,5% abaixo do valor de referência e 34,5% dentro do valor de referência.

Tabela 2-Dados sobre a densitometria óssea e radiografia panorâmica odontológica

Variáveis	n=116
Diagnóstico densitometria óssea – n(%)	
Normal	12 (10,3)
Osteopenia	50 (43,1)
Osteoporose	54 (46,6)
Índice Cortical Mandibular – n(%)	
Margem cortical uniforme	13 (11,2)
Margem com defeitos semilunares de um ou ambos os lados	72 (62,1)
Perda acentuada cortical com superfície porosa	31 (26,7)
Índice mentoniano – média ± DP	$2,73 \pm 0,66$
Classificação Índice mentoniano – n(%)	
Abaixo do valor de referência (< 3,1 mm)	76 (65,5)
Valor de referência ($\geq 3,1$ mm)	40 (34,5)

Fonte: dados da pesquisa (2025).

A caracterização da amostra evidenciou predominância do sexo feminino, idade avançada e perfil bioquímico com destaque para a insuficiência de vitamina D. Em conjunto, esses dados auxiliam a fornecer o contexto necessário para a interpretação das análises subsequentes. Assim, a seguir, avalia-se o grau de concordância entre os métodos de mensuração utilizados no estudo.

4.2 Concordância entre métodos

Observou-se que quatro observações (3,4%) se situaram fora dos limites de concordância, indicando discordância pontual entre os métodos. No entanto, o gráfico de Bland-Altman (Figura 5) não evidenciou tendência sistemática das diferenças em função da magnitude das medidas, com distribuição aleatória em torno da linha de viés próxima de zero, sugerindo ausência de viés proporcional entre as medições. O coeficiente de correlação intraclass entre as medidas foi de 0,79 (IC95%: 0,69–0,85), indicando boa concordância entre os métodos e corroborando os achados da análise de Bland-Altman.

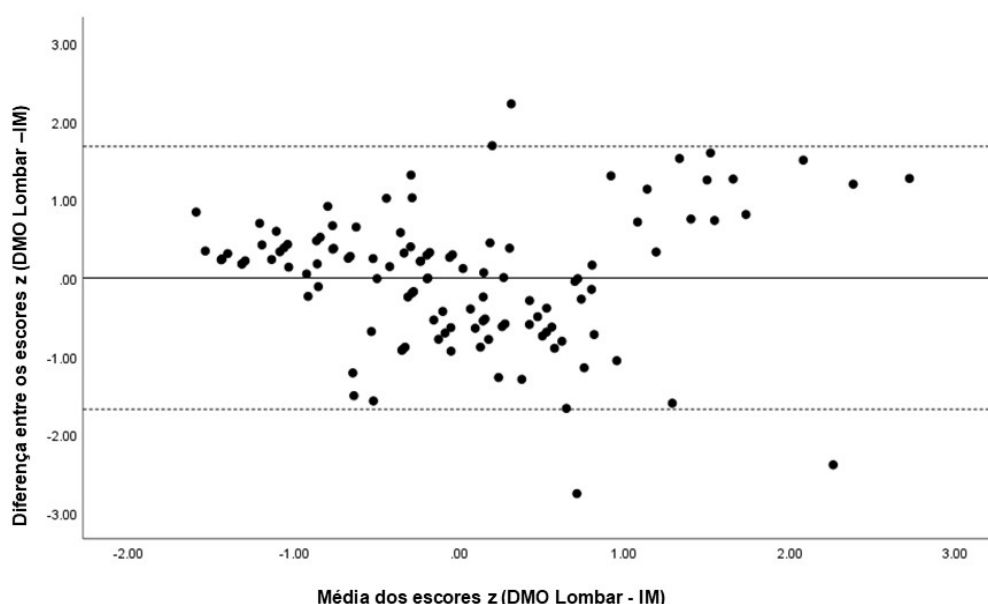


Figura 5-Gráfico de Bland-Altman para os escores z do DMO Coluna Lombar e IM
 Legenda: Linha cheia representa a média das diferenças (zero) e as linhas pontilhadas inferior e superior os limites de 95% de concordância entre os métodos de avaliação (média $\pm 1,96 \times$ Desvio Padrão:-1,68 e 1,68, respectivamente).

Fonte: dados da pesquisa (2025).

Na Figura 6, nota-se que cinco pontos apresentaram discordância significativa (4,3%). Entretanto, não há tendência sistemática no gráfico, indicando que o erro permanece distribuído de forma constante em torno de zero ao longo das medições. O coeficiente de correlação intraclass entre as medidas foi de 0,80 (IC 95%: 0,71–0,86), evidenciando boa concordância entre os métodos avaliados.

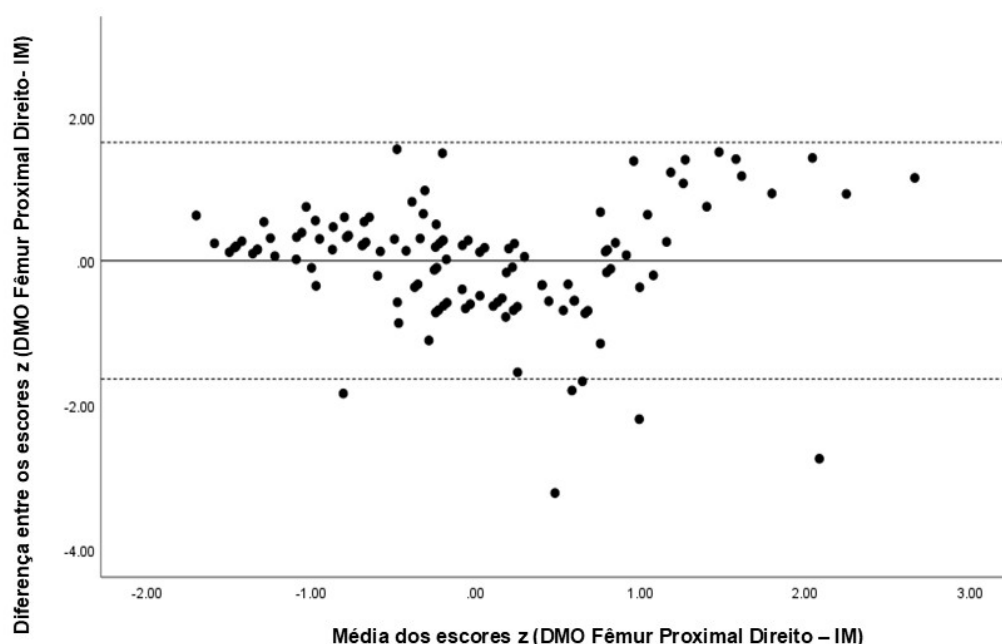


Figura 6-Gráfico de Bland-Altman para os escores z do DMO Fêmur Proximal Direito e IM

Legenda: Linha cheia representa a média das diferenças (zero) e as linhas pontilhadas inferior e superior os limites de 95% de concordância entre os métodos de avaliação (média $\pm 1,96 \times$ Desvio Padrão: -1,64 e 1,64, respectivamente).

Fonte: dados da pesquisa (2025).

Os gráficos de Bland-Altman demonstraram boa concordância entre as medidas contínuas do IM e da densitometria óssea, sem evidência de viés sistemático, com coeficientes de correlação intraclass de 0,79 e 0,80 para coluna lombar e fêmur proximal, respectivamente. Esses achados indicam que os valores do IM apresentaram boa concordância com os escores z densitométricos, sem evidência de viés sistemático, embora tal achado não implique equivalência entre os métodos.

4.3 Associação entre radiografia panorâmica e densitometria

Conforme dados da Tabela 3, houve associação estatisticamente significativa entre os dados da radiografia panorâmica odontológica com a densitometria óssea ($p < 0,001$). Quanto ao ICM, a densitometria normal se associou significativamente com margem cortical uniforme, os com diagnóstico de osteopenia se associaram significativamente com margem com defeitos semilunares de um ou ambos os lados e os com diagnóstico de osteoporose se associaram significativamente com perda acentuada cortical com superfície porosa. Em relação ao IM, os com diagnóstico

normal ou com osteopenia se associaram significativamente ao valor de referência e os com diagnóstico de osteoporose se associaram a valores abaixo da referência.

Tabela 3-Associação entre os dados da densitometria óssea e os da radiografia panorâmica odontológica

Variáveis	Normal (n=12)	Osteopenia (n=50)	Osteoporose (n=54)	p*
	n (%)	n (%)	n (%)	
Índice Cortical Mandibular				<0,001
Margem cortical uniforme	10 (83,3) [#]	3 (6,0)	0 (0,0)	
Margem com defeitos semilunares de um ou ambos os lados	2 (16,7)	46 (92,0) [#]	24 (44,4)	
Perda acentuada cortical com superfície porosa	0 (0,0)	1 (2,0)	30 (55,6) [#]	
Índice Mentoniano				<0,001
Abaixo do valor de referência (< 3,1 mm)	1 (8,3)	26 (52,0)	49 (90,7) [#]	
Valor de referência (≥ 3,1 mm)	11 (91,7) [#]	24 (48,0) [#]	5 (9,3)	

* Teste qui-quadrado de Pearson; # associação estatisticamente significativa pelo teste dos resíduos ajustados a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa (2025).

Os achados radiográficos mandibulares refletem de maneira significativa o estado de densidade óssea, indicando que alterações no ICM e no IM se associam significativamente às categorias densitométricas, sugerindo potencial uso como ferramenta auxiliar na identificação de indivíduos com maior risco. Com base nesses achados, a análise seguinte explora os fatores sociodemográficos e bioquímicos associados aos diferentes diagnósticos de densidade óssea.

4.4 Fatores associados à osteoporose e à osteopenia

Conforme dados da Tabela 4, idades mais elevadas foram significativamente encontradas nos diagnósticos de osteoporose, seguidas pelo de osteopenia, quando comparados ao de diagnóstico normal ($p < 0,001$). Sexo masculino foi significativamente mais presente no diagnóstico normal e o feminino no de osteoporose ($p < 0,001$). Os sujeitos de cor branca estavam significativamente mais presentes nos diagnósticos de normalidade e osteopenia, enquanto os de cor negra apresentaram associação significativa tanto com o diagnóstico normal quanto com o de osteoporose ($p = 0,015$). Valores de fósforo e vitamina D3 foram significativamente

mais baixos nos sujeitos com osteoporose do que nos demais ($p \leq 0,001$). A insuficiência de vitamina D3 foi significativamente mais prevalente nos sujeitos com osteoporose ($p < 0,001$). Observou-se ainda que a suplementação de vitamina D foi significativamente mais frequente entre os indivíduos com diagnóstico normal, sendo menos prevalente nos grupos com osteopenia e osteoporose ($p = 0,010$).

Em outras palavras, idade avançada, sexo feminino, determinados perfis étnicos e alterações bioquímicas, como níveis baixos de fósforo e vitamina D3, estão significativamente associados a maior probabilidade de osteoporose, evidenciando a necessidade de monitoramento clínico e laboratorial direcionado a esses grupos. A suplementação de vitamina D mostrou-se mais comum entre indivíduos sem comprometimento da DMO, o que pode refletir tanto um efeito protetor da suplementação quanto um maior acesso a cuidados preventivos nesse grupo.

Tabela 4-Associações das variáveis sociodemográficas e exames bioquímicos com a densitometria óssea

Variáveis	Normal (n=12)	Osteopenia (n=50)	Osteoporose (n=54)	p*
Idade (anos) – média $\pm$ DP	51,3 $\pm$ 5,9 ^a	66,9 $\pm$ 7,0 ^b	75,2 $\pm$ 8,6 ^c	<0,001
Sexo – n(%)				<0,001
Masculino	8 (66,7) [#]	9 (18,0)	1 (1,9)	
Feminino	4 (33,3)	41 (82,0)	53 (98,1) [#]	
Cor – n(%)				0,015
Branca	6 (50,0) [#]	22 (44,0) [#]	14 (25,9)	
Parda	3 (25,0)	27 (54,0)	31 (57,4)	
Negra	3 (25,0) [#]	1 (2,0)	9 (16,7) [#]	
Fumo – n(%)				0,058
Sim	2 (16,7)	14 (28,0)	8 (14,8)	
Não	10 (83,3)	29 (58,0)	44 (81,5)	
Parou	0 (0,0)	7 (14,0)	2 (3,7)	
Bebida alcoólica – n(%)				0,053
Sim	6 (50,0)	16 (32,0)	8 (14,8)	
Não	6 (50,0)	29 (58,0)	37 (68,5)	
Parou	0 (0,0)	5 (10,0)	9 (16,7)	
Cálcio (mg/dL) – média $\pm$ DP	8,94 $\pm$ 0,44	8,76 $\pm$ 0,46	8,66 $\pm$ 0,64	0,246
Classificação Cálcio – n(%)				0,017
Hipocalcemia (< 8,5 mg/dL)	1 (8,3)	9 (18,0)	21 (38,9) [#]	
Normocalcemia (8,5 – 10,5 mg/dL)	11 (91,7)	41 (82,0)	33 (61,1)	
PTH (pg/mL) – média $\pm$ DP	46,2 $\pm$ 8,5	48,7 $\pm$ 9,7	49,8 $\pm$ 15,6	0,666
Classificação PTH – n(%)				0,685
Valor de referência (10 a 65 pg/mL)	12 (100)	48 (96,0)	51 (94,4)	
Hiperparatireoidismo (> 65 pg/mL)	0 (0,0)	2 (4,0)	3 (5,6)	

Fósforo (mg/dL) – média ± DP	3,53 ± 0,58 ^b	3,39 ± 0,49 ^b	3,27 ± 0,49 ^a	0,001
Classificação Fósforo – n(%)	0,121			
Abaixo da referência (<2,5 mg/dL)	0 (0,0)	0 (0,0)	4 (7,4)	
Valor de referência (2,5 a 4,5 mg/dL)	12 (100)	48 (96,0)	50 (92,6)	
Acima da referência (>4,5 mg/dL)	0 (0,0)	2 (4,0)	0 (0,0)	
25-OH Vitamina D3 (ng/mL) – média ± DP	42,0 ± 7,0 ^c	35,6 ± 7,5 ^b	31,6 ± 5,7 ^a	<0,001
Classificação Vitamina D3 – n(%)	<0,001			
Insuficiência (20 – 29 ng/mL)	0 (0,0)	9 (18,0)	28 (51,9) [#]	
Suficiência (30 – 100 ng/mL)	12 (100) [#]	41 (82,0) [#]	26 (48,1)	
Suplementação Vitamina D – n(%)	9 (75,0) [*]	16 (32,0)	16 (29,6)	0,010

* Teste qui-quadrado de Pearson (variáveis categóricas) ou Análise de Variância (variáveis numéricas); # associação estatisticamente significativa pelo teste dos resíduos ajustados a 5% de significância; a,b,c Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: dados da pesquisa (2025).

Na Tabela 5, são apresentadas as razões de prevalência (RP) para a presença de osteoporose. Também são apresentados os intervalos de confiança de 95% (IC95%).

Tabela 5-Razão de Prevalências e Intervalo de Confiança de 95% para osteoporose nas análises bivariada e multivariada

Variáveis	RP (IC 95%) bruta	RP (IC 95%) ajustada*	p
DMO Coluna Lombar < 0,73	14,9 (5,74 – 38,4)	11,2 (3,89 – 31,9)	<0,001
DMO Femur Proximal Direito < 0,69	7,98 (3,94 – 16,2)	5,65 (2,69 – 11,9)	<0,001
IM < 2,25	3,02 (2,11 – 4,31)	1,82 (1,24 – 2,68)	0,002

* ajustado para idade, sexo, fumo e álcool

Fonte: dados da pesquisa (2025).

As RP brutas representam a associação direta entre cada variável e o desfecho, enquanto as RP ajustadas controlam o efeito de idade, sexo, fumo e consumo de álcool, permitindo avaliar a associação independente de cada variável com a osteoporose. Após o ajuste, a DMO da Coluna Lombar <0,73 manteve forte associação com o desfecho (RP=11,2; IC95%: 3,89–31,9; p<0,001), resultado esperado por se tratar de variável diretamente relacionada ao critério diagnóstico da osteoporose. A DMO do Fêmur Proximal Direito <0,69 também se manteve fortemente associada (RP=5,65; IC95%: 2,69–11,9; p<0,001). O IM <2,25 apresentou associação significativa, porém de menor magnitude (RP=1,82; IC95%: 1,24–2,68; p=0,002),

indicando que valores reduzidos desse índice radiográfico se associam de forma independente à maior prevalência de osteoporose, mesmo após controle de fatores de confusão.

Na Tabela 6, apresenta-se a análise multivariada de regressão de Poisson para investigação de fatores independentemente associados à osteoporose. Para essa análise, foram agrupados os diagnósticos de normal e osteopenia.

Tabela 6-Análise multivariada de Regressão de Poisson para investigar fatores independentemente associados à osteoporose

Variáveis	Razão de Prevalências (RP)	Intervalo de 95% de confiança	P
Idade	1,04	1,02 – 1,06	<0,001
Hipocalcemia (< 8,5 mg/dL)	1,69	1,19 – 2,41	0,004
Classificação Vitamina D3			
Insuficiência (20 – 29 ng/mL)	1,96	1,22 – 3,16	0,006
Suficiência (30 – 100 ng/mL)	1,00	-	-
Índice Mentoniano abaixo do valor de referência (< 3,1 mm)	2,69	1,02 – 7,10	0,045
Índice Cortical Mandibular de Perda acentuada cortical com superfície porosa (C3 do ICM)	1,54	1,07 – 2,22	0,021
Suplementação Vitamina D	0,93	0,62 – 1,39	0,729

Fonte: dados da pesquisa (2025).

Após o ajuste pelo modelo multivariado, a idade ($p<0,001$), a hipocalcemia ($p=0,004$), a insuficiência de vitamina D3 ($p=0,006$) e o IM abaixo de 3,1 mm ($p=0,045$) permaneceram significativamente associadas à osteoporose. Para cada ano a mais de idade, há um aumento de 4% na prevalência de osteoporose, para os com insuficiência de vitamina D3 há um aumento de 96% e para aqueles com IM abaixo de 3,1 mm esse aumento é de 169%. O ICM de perda acentuada cortical com superfície porosa permaneceu significativamente associado após o ajuste ($p=0,021$). A suplementação de vitamina D não apresentou associação significativa com osteoporose no modelo ajustado ($p=0,729$).

Ou seja, mesmo após o ajuste multivariado, idade avançada, insuficiência de vitamina D3, IM abaixo de 3,1 mm e perda acentuada da cortical mandibular (classificação C3 do ICM) se mantêm como variáveis independentes associadas à osteoporose, aumentando de forma significativa a prevalência da doença. Em termos práticos, cada ano a mais de idade eleva a prevalência em 4%, a insuficiência de

vitamina D3 praticamente dobra a prevalência (aumento de 96%) e o IM 92,6 abaixo de 3,1 mm eleva a prevalência de osteoporose em aproximadamente 2,7 vezes (aumento de 169%). O ICM, que anteriormente já apresentava associação estatisticamente significativa nas análises bivariadas, manteve-se como fator independentemente associado no modelo ajustado. A suplementação de vitamina D, por sua vez, não se manteve associada de forma independente ao desfecho.

Em síntese, os resultados evidenciam que os índices radiográficos mandibulares (ICM e IM) se associaram de forma significativa com os diagnósticos da densitometria óssea, indicando que alterações estruturais visíveis na radiografia panorâmica refletem a condição da DMO.

Além disso, os dados sociodemográficos e bioquímicos reforçam o perfil de maior vulnerabilidade, caracterizado por idade avançada, sexo feminino, hipocalcemia e níveis baixos de vitamina D3, que se mantiveram consistentemente associados à osteoporose. O modelo multivariado confirmou a robustez desses fatores, mesmo após a inclusão da suplementação de vitamina D, a qual não demonstrou efeito independente.

A Tabela 7 apresenta razões de prevalência (RP) e intervalos de confiança (IC95%) para osteopenia.

Tabela 7-Razão de Prevalências e intervalo de 95% de confiança para osteopenia na análise bivariada e multivariada

Variáveis	RP (IC 95%) bruta	RP (IC 95%) ajustada*	p
DMO Coluna Lombar < 0,73	7,00 (1,94 – 25,3)	5,53 (1,40 – 21,8)	0,015
DMO Femur Proximal Direito < 0,69	13,0 (1,98 – 85,5)	11,8 (1,62 – 85,8)	0,015
IM < 2,25	1,43 (1,17 – 1,75)	0,91 (0,77 – 1,07)	0,255

* ajustado para idade, sexo, fumo e álcool

Fonte: dados da pesquisa (2025).

As RP brutas representam a associação direta entre cada variável e o desfecho, enquanto as RP ajustadas foram controladas para idade, sexo, fumo e consumo de álcool, permitindo avaliar o efeito independente de cada variável. Na análise ajustada, a medida da DMO da Coluna Lombar <0,73 manteve significância estatística (RP = 5,53; IC95%: 1,40–21,8; p = 0,015), e a DMO do Fêmur Proximal Direito < 0,69 também se associou fortemente ao desfecho (RP = 11,8; IC95%: 1,62–

85,8; $p = 0,015$). O IM $< 2,25$; entretanto, não demonstrou associação significativa (RP = 0,91; IC95%: 0,77–1,07; $p = 0,255$).

Após a identificação dos fatores independentemente associados à osteoporose por meio da análise multivariada, procedeu-se à avaliação da acurácia diagnóstica das variáveis selecionadas. Para isso, foi empregada a análise da curva ROC, a fim de determinar os pontos de corte e a capacidade discriminatória das variáveis na predição de osteoporose e osteopenia.

Tabela 8-Análise multivariada de Regressão de Poisson para investigar fatores independentemente associados à osteopenia

Variáveis	Razão de Prevalências (RP)	Intervalo de 95% de confiança	P
Idade	1,04	1,02 – 1,05	<0,001
Hipocalcemia (< 8,5 mg/dL)	1,28	1,00 – 1,64	0,050
Sexo feminino	1,60	1,18 – 2,16	0,002
DXA Coluna Lombar < 1,06	5,78	1,46 – 22,8	0,012
DXA Femur Proximal Direito < 1,00	11,8	1,56 – 89,7	0,017
Índice Mentoniano abaixo do valor de referência (< 2,85 mm)	0,93	0,77 – 1,11	0,418

Fonte: dados da pesquisa (2025).

Foi realizado um modelo multivariado com todas as variáveis que apresentaram um valor $p < 0,20$ na análise bivariada das associações com a densitometria óssea para identificar fatores associados a osteopenia. Após o ajuste, permaneceram estatisticamente associadas com a osteopenia as variáveis idade ($p < 0,001$), hipocalcemia ($p = 0,050$), sexo ($p = 0,002$), DXA coluna lombar ($p = 0,012$) e DXA fêmur proximal direito ($p = 0,017$), conforme apresenta a Tabela 8. Para um ano a mais de idade há um aumento de 4% na prevalência de osteopenia (IC 95%: 1,02 – 1,05). Pacientes com hipocalcemia e do sexo feminino tem um aumento de 28% e 60%, respectivamente, na frequência de osteopenia (IC 95%: 1,00 – 1,46 e IC 95%: 1,18 – 2,16, respectivamente). Em relação ao DXA, pacientes com valores na coluna lombar abaixo de 1,06 e no fêmur proximal direito inferior a 1 tem uma prevalência 5,78 e 11,8 vezes maior, respectivamente, de apresentar osteopenia. O IM não permaneceu significativo após o ajuste.

As análises bivariada e multivariada confirmaram que idade avançada, sexo feminino, insuficiência de vitamina D3 e alterações densitométricas constituem fatores independentemente associados tanto à osteoporose quanto à osteopenia. Para a

osteoporose, os índices mandibulares também se mostraram fatores independentes, enquanto para a osteopenia o IM não se manteve significativo após o ajuste.

4.5 Capacidade preditiva da curva ROC

A Figura 7 apresenta as curvas ROC correspondentes às variáveis DMO Coluna Lombar, DMO Fêmur Proximal Direito e IM na detecção de osteoporose e a Tabela 9 apresenta os parâmetros de acurácia diagnóstica das variáveis em estudo para osteoporose.

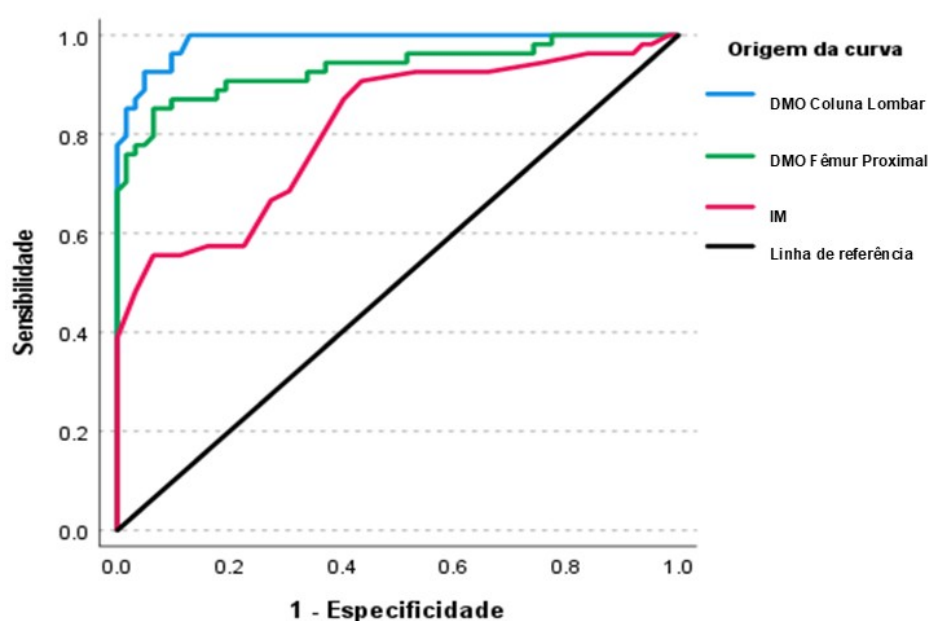


Figura 7-Curva ROC para detectar osteoporose conforme variáveis em estudo
Fonte: dados da pesquisa (2025).

Tabela 9-Variáveis em estudo para osteoporose

Variáveis	AUC (IC 95%)	Ponto de corte Osteoporose*	Sensibilidade	Especificidade
DMO Coluna Lombar	0,99 (0,98-1,00)	<0,73	92,6%	95,2%
DMO Femur Proximal Direito	0,93 (0,89-0,98)	<0,69	87,0%	90,3%
IM	0,81 (0,73-0,89)	<2,25	55,6%	93,5%

* pelo índice de Youden

Fonte: dados da pesquisa (2025).

Observa-se que a medida da DMO da Coluna Lombar demonstrou desempenho quase perfeito (AUC=0,99; IC95%: 0,98-1,00), resultado esperado uma vez que essa variável compõe o critério diagnóstico da osteoporose, apresentando sensibilidade de 92,6% e especificidade de 95,2% no ponto de corte <0,73. A variável

DMO do Fêmur Proximal Direito também apresentou elevada acurácia (AUC=0,93; IC95%: 0,89–0,98), com sensibilidade de 87,0% e especificidade de 90,3% para o ponto de corte <0,69. Por sua vez, o IM apresentou desempenho moderado (AUC=0,81; IC95%: 0,73–0,89), com sensibilidade de 55,6% e especificidade de 93,5% para o ponto de corte <2,25.

De modo semelhante, a Figura 8 ilustra as curvas ROC obtidas para a predição de osteopenia, envolvendo as mesmas variáveis de interesse, e a Tabela 10, as variáveis em estudo para osteopenia.

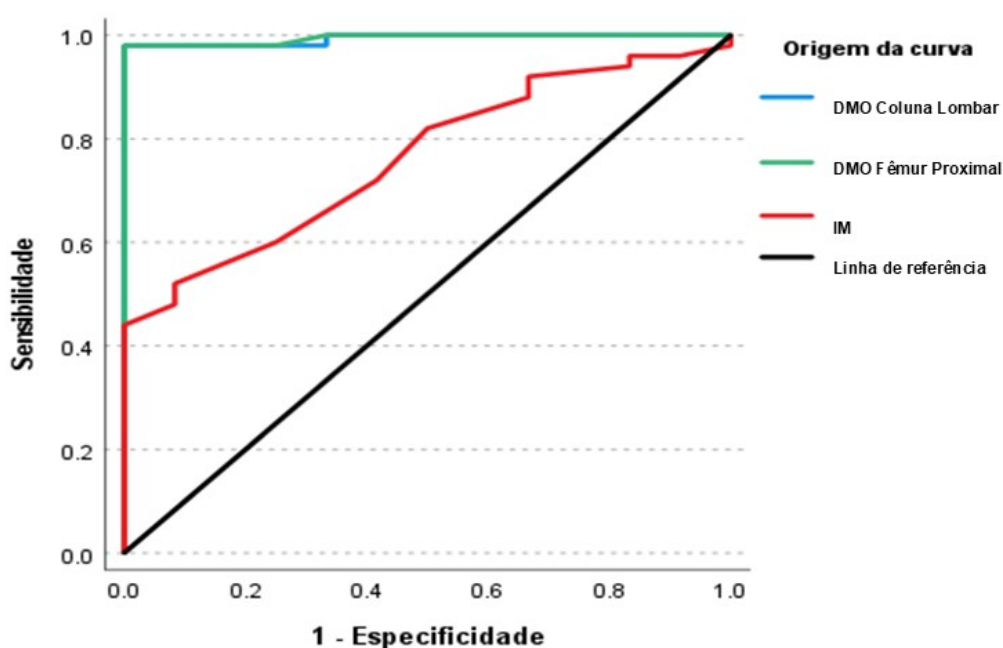


Figura 8-Curva ROC para detectar osteopenia conforme variáveis em estudo
Fonte: dados da pesquisa (2025).

Tabela 10-Variáveis em estudo para osteopenia

Variáveis	AUC (IC 95%)	Ponto de corte	Sensibilidad e	Especificidad e
Osteopenia*				
DMO Coluna Lombar	0,99 (0,98-1,00)	<1,06	96,0%	100%
DMO Femur Proximal Direito	0,99 (0,98-1,00)	<1,00	98,0%	100%
IM	0,76 (0,64-0,89)	<2,85	44,0%	100%

* pelo índice de Youden

Fonte: dados da pesquisa (2025).

As análises demonstraram que tanto a medida da DMO da Coluna Lombar quanto a DMO do Fêmur Proximal Direito apresentaram AUC = 0,99 (IC95%: 0,98–

1,00), com sensibilidade de 96,0% e 98,0%, respectivamente, e especificidade de 100% em ambos os casos. Os pontos de corte determinados pelo índice de Youden foram $<1,06$ para a coluna lombar e $<1,00$ para o fêmur proximal. O IM, por outro lado, apresentou acurácia mais baixa (AUC = 0,76; IC95%: 0,64–0,89), com sensibilidade de 44,0% e especificidade de 100% para o ponto de corte $<2,85$.

Pode-se observar, pelo exposto nas Figuras 7 e 8, que as curvas ROC evidenciaram desempenho diagnóstico excelente das medidas densitométricas, principalmente da DMO da Coluna Lombar e da DMO do Fêmur Proximal Direito, tanto na predição de osteoporose quanto de osteopenia. Esses resultados, corroborados pelos altos valores de AUC, sensibilidade e especificidade, demonstram a elevada capacidade discriminatória desses exames em identificar indivíduos com redução da DMO. Por outro lado, o IM apresentou desempenho inferior, com maior especificidade associada à menor sensibilidade, indicando utilidade complementar na triagem de indivíduos com maior probabilidade de osteoporose. De modo geral, as curvas ROC confirmam a acurácia das variáveis densitométricas e a consistência dos pontos de corte definidos pelo índice de Youden, fortalecendo a validade dos achados e o potencial uso clínico desses parâmetros na identificação de indivíduos com maior probabilidade de alterações ósseas.

Embora as curvas ROC apresentadas nas Figuras 7 e 8 confirmem a acurácia diagnóstica das variáveis avaliadas e a consistência dos pontos de corte definidos pelo índice de Youden, essa análise se concentra fundamentalmente na capacidade discriminatória dos métodos. A análise a seguir investiga os fatores independentemente associados ao IM abaixo do ponto de corte de 3,1 mm, aprofundando a compreensão sobre os determinantes desse marcador radiográfico.

4.6 Fatores associados ao Índice Mentoniano

Esta seção apresenta a análise dos fatores associados ao IM, incluindo associações bivariadas e análise multivariada. Os resultados buscam identificar variáveis relacionadas à redução do IM.

Tabela 11-Associações das variáveis sociodemográficas e exames bioquímicos com a classificação do Índice Mentoniano

Variáveis	IM < 3,1 mm (n=76)	IM ≥ 3,1 mm (n=40)	p*
Idade (anos) – média ± DP	73,6 ± 8,1	60,7 ± 9,4	<0,001
Sexo – n(%)			<0,001
Masculino	4 (5,3)	14 (35,0)	
Feminino	72 (94,7)	26 (65,0)	
Cor – n(%)			0,276
Branca	24 (31,6)	18 (45,0)	
Parda	44 (57,9)	17 (42,5)	
Negra	8 (10,5)	5 (12,5)	
Fumo – n(%)			0,704
Sim	17 (22,4)	7 (17,5)	
Não	54 (71,1)	29 (72,5)	
Parou	5 (6,6)	4 (10,0)	
Bebida alcoólica – n(%)			0,093
Sim	15 (19,7)	15 (37,5)	
Não	50 (65,8)	22 (55,0)	
Parou	11 (14,5)	3 (7,5)	
Cálcio (mg/dL) – média ± DP	8,72 ± 0,58	8,75 ± 0,51	0,771
Classificação Cálcio – n(%)			0,334
Hipocalcemia (< 8,5 mg/dL)	23 (30,3)	8 (20,0)	
Normocalcemia (8,5 – 10,5 mg/dL)	53 (69,7)	32 (80,0)	
PTH (pg/mL) – média ± DP	49,9 ± 11,6	47,2 ± 14,3	0,349
Classificação PTH – n(%)			0,658
Valor de referência (10 a 65 pg/mL)	72 (94,7)	39 (97,5)	
Hiperparatireoidismo (> 65 pg/mL)	4 (5,3)	1 (2,5)	
Fósforo (mg/dL) – média ± DP	3,24 ± 0,49	3,33 ± 0,47	0,349
Classificação Fósforo – n(%)			0,189
Abaixo da referência (<2,5 mg/dL)	4 (5,3)	0 (0,0)	
Valor de referência (2,5 a 4,5 mg/dL)	70 (92,1)	40 (100)	
Acima da referência (>4,5 mg/dL)	2 (2,6)	0 (0,0)	
Vitamina D3 (ng/mL) – média ± DP	31,7 ± 5,19	39,5 ± 8,26	<0,001
Classificação Vitamina D3 – n(%)			0,009
Insuficiência (20 – 29 ng/mL)	31 (40,8)	6 (15,0)	
Suficiência (30 – 100 ng/mL)	45 (59,2)	34 (85,0)	
Suplementação Vitamina D – n(%)	18 (23,7)	23 (57,5)	<0,001

* Teste qui-quadrado de Pearson ou exato de Fisher (variáveis categóricas) ou teste t-student (variáveis numéricas);

Fonte: dados da pesquisa (2025).

Conforme dados da Tabela 11, idades mais elevadas foram significativamente encontradas em pacientes com valores do IM abaixo de 3,1 mm ($p<0,001$). Sexo feminino foi significativamente mais presente nos pacientes com IM abaixo do ponto de corte ($p<0,001$). Valores de vitamina D3 foram significativamente mais baixos nos sujeitos com IM abaixo de 3,1 mm ($p<0,001$). Desta forma, a insuficiência de vitamina D3 foi significativamente mais prevalente nos sujeitos com IM abaixo do ponto de corte

($p=0,009$). Por fim, a suplementação com vitamina D foi significativamente mais prevalente no grupo com IM dentro do valor de referência ($IM \geq 3,1$ mm), sendo menos frequente entre os indivíduos com IM abaixo de 3,1 mm ($p<0,001$). Não foram observadas associações significativas entre o IM e as demais variáveis avaliadas, incluindo cálcio sérico, PTH, fósforo, cor da pele, tabagismo e consumo de álcool ($p>0,05$ para todos).

Tabela 12-Análise multivariada de Regressão de Poisson para investigar fatores independentemente associados ao Índice Mentoniano abaixo de 3,1 mm

Variáveis	Razão de Prevalências (RP)	Intervalo de 95% de confiança	P
Idade	1,02	1,01 – 1,04	0,002
Vitamina D3 (ng/mL)	0,98	0,96 – 1,00	0,048
DXA Coluna Lombar <0,80	2,98	1,60 – 5,55	<0,001
DXA Femur Proximal Direito <0,77	2,80	1,33 – 5,91	0,007

Fonte: dados da pesquisa (2025).

Após o ajuste pelo modelo multivariado, permaneceram estatisticamente associadas com o IM abaixo do ponto de corte de 3,1 mm as variáveis idade ($p=0,002$), níveis de vitamina D3 ($p=0,048$), DXA coluna lombar ($p<0,001$) e DXA fêmur proximal direito ($p=0,007$), conforme apresenta a Tabela 12. Para um ano a mais de idade há um aumento de 2% na prevalência de $IM < 3,1$ mm (IC 95%: 1,01 – 1,04). Para um aumento de 1 ng/mL nos níveis de vitamina D3 há uma redução de 2% na prevalência do desfecho (IC 95%: 0,96 – 1,00). Em relação ao DXA, pacientes com valores na coluna lombar abaixo de 0,8 e no fêmur proximal direito inferior a 0,77 tem uma prevalência cerca de 3 vezes maior, de apresentar $IM < 3,1$ mm.

Em conjunto, os resultados apresentados nesta seção indicam que a radiografia panorâmica odontológica, por meio do IM, apresenta potencial como ferramenta auxiliar na triagem de indivíduos com maior probabilidade de alterações da DMO, devendo ser interpretada de forma integrada com dados clínicos, laboratoriais e densitométricos. Esses resultados serão discutidos no capítulo seguinte, à luz da literatura científica disponível.

5 DISCUSSÃO

O presente estudo foi motivado pela necessidade de explorar ferramentas clínicas capazes de identificar precocemente indivíduos com risco de baixa DMO, de forma a orientar estratégias preventivas e intervenções clínicas mais eficazes. A literatura evidencia que alterações radiográficas mandibulares podem refletir o estado da DMO sistêmica, indicando que o consultório odontológico constitui um ponto estratégico para o rastreamento da osteoporose. Nesse contexto, o estudo buscou comparar o ICM e o IM obtidos em radiografias panorâmicas odontológicas com os resultados da DXA, em pacientes maiores de 40 anos no estado do Amazonas, a fim de verificar sua aplicabilidade como método auxiliar no rastreamento de osteopenia e osteoporose, considerando também parâmetros bioquímicos como PTH, cálcio total, fósforo e 25-hidroxi-vitamina D3.

Os achados demonstraram associação consistente entre alterações radiográficas mandibulares, representadas pelo ICM e pelo IM, e a DMO aferida por DXA. Além disso, foram confirmados fatores clássicos de risco para osteoporose, como idade avançada, sexo feminino e alterações metabólicas, especialmente a insuficiência de vitamina D. Esses resultados indicam que alterações estruturais observáveis na radiografia panorâmica refletem processos sistêmicos de perda óssea, reforçando a hipótese de que o osso mandibular pode atuar como marcador periférico da condição esquelética global. Dessa forma, a presença de alterações corticais mandibulares pode ser considerada um indicativo de fragilidade óssea sistêmica, permitindo ao cirurgião-dentista identificar indivíduos com maior risco e encaminhá-los para investigação densitométrica.

Do ponto de vista fisiopatológico, esses achados são compatíveis com o processo de envelhecimento ósseo, caracterizado pela redução progressiva da atividade osteoblástica, aumento da reabsorção óssea e alterações hormonais relacionadas à menopausa, especialmente o declínio estrogênico^{8,9}. Além disso, a regulação do eixo cálcio–vitamina D–PTH exerce papel central na homeostase óssea, sendo que sua disfunção contribui diretamente para a perda de massa óssea e aumento da fragilidade estrutural³.

Esses resultados estão em consonância com a literatura científica recente, que demonstra associação significativa entre índices radiomorfológicos mandibulares e a DMO mensurada por DXA, considerado padrão-ouro para avaliação da osteoporose^{47,54,71}. Evidências oriundas de revisões sistemáticas e metanálises indicam que o ICM e o IM apresentam correlação significativa com os valores densitométricos, reforçando seu potencial como ferramentas auxiliares na triagem de indivíduos com risco de baixa massa óssea^{47,54,59}. Essa convergência de evidências fortalece a aplicabilidade clínica desses índices, especialmente em contextos de atenção primária e em populações com acesso limitado à densitometria.

No que se refere à associação entre radiografia panorâmica e densitometria, observou-se relação estatisticamente significativa entre os achados radiográficos e os diagnósticos densitométricos. A distribuição dos padrões do ICM seguiu um gradiente clínico coerente com a progressão da perda óssea, no qual margens corticais uniformes se associaram à normalidade, a defeitos semilunares à osteopenia e à perda cortical acentuada à osteoporose. De forma semelhante, valores reduzidos do IM estiveram fortemente associados ao diagnóstico de osteoporose, indicando que esses índices refletem alterações estruturais compatíveis com o estado sistêmico da densidade óssea. Esses achados corroboram estudos prévios que apontam a aplicabilidade da radiografia panorâmica como instrumento de triagem em saúde pública e na prática odontológica^{47,57,72}.

A análise de concordância entre os métodos, realizada por meio dos gráficos de Bland-Altman, demonstrou forte concordância entre as medidas do IM e os escores densitométricos, sem evidência de viés sistemático. Paralelamente, os coeficientes de correlação intraclass apresentaram valores de 0,79 (IC95%: 0,69–0,85) para a coluna lombar e 0,80 (IC95%: 0,71–0,86) para o fêmur proximal direito, classificados como de forte concordância segundo o critério de Altman⁶⁹. Embora pequenas discordâncias pontuais tenham sido identificadas, a distribuição aleatória das diferenças em torno da média indica ausência de viés proporcional, sugerindo que os métodos, apesar de distintos, apresentam comportamento consistente ao longo da magnitude das medidas. Assim, o IM pode ser utilizado como medida complementar na avaliação da densidade óssea, ainda que não substitua a DXA. Estudos recentes corroboram essa interpretação ao demonstrar que métodos alternativos de avaliação

da DMO, quando não apresentam viés sistemático, podem contribuir para estratégias de triagem e estratificação de risco^{73,74}.

No que se refere à capacidade discriminatória, as análises por curvas ROC evidenciaram excelente desempenho das medidas densitométricas, com áreas sob a curva próximas de 1,0 (AUC=0,99 para a DMO da coluna lombar e AUC=0,93 para o fêmur proximal direito na predição de osteoporose, e AUC=0,99 para ambas as medidas na predição de osteopenia), confirmando sua elevada acurácia diagnóstica. Em contraste, o IM apresentou desempenho moderado, caracterizado por alta especificidade e menor sensibilidade (AUC=0,81 para osteoporose e AUC=0,76 para osteopenia). Esse padrão indica maior utilidade como ferramenta complementar na identificação de comprometimento ósseo já estabelecido, em detrimento da detecção precoce de alterações iniciais, o que está em consonância com a literatura⁵⁴.

Em relação aos fatores associados à osteoporose, o modelo multivariado confirmou que idade avançada, insuficiência de vitamina D, IM reduzido e alterações corticais acentuadas permaneceram independentemente associados ao desfecho. O aumento progressivo da prevalência com a idade reflete o impacto cumulativo do envelhecimento sobre o tecido ósseo, associado à redução da atividade osteoblástica, aumento da reabsorção óssea e alterações hormonais, especialmente o declínio estrogênico na pós-menopausa^{25,75}. Esse processo resulta em deterioração da microarquitetura óssea e aumento da fragilidade, o que justifica a forte associação observada entre idade e osteoporose.

Os achados relacionados ao sexo e à idade refletem o perfil epidemiológico clássico da osteoporose, caracterizado por maior prevalência em mulheres e em indivíduos mais idosos⁷⁶. A predominância feminina observada na amostra pode ser explicada pela maior utilização de serviços de saúde por mulheres, fenômeno amplamente documentado em estudos populacionais brasileiros, nos quais homens apresentam menor adesão a práticas preventivas e menor procura por serviços de saúde^{76,77}. Estudos baseados na Pesquisa Nacional de Saúde indicam que diferenças socioculturais e comportamentais de gênero influenciam diretamente a busca por serviços de saúde, sendo as mulheres mais propensas ao cuidado preventivo e acompanhamento contínuo, enquanto homens tendem a procurar atendimento apenas em situações agudas^{76,77}.

Em relação à cor da pele, observou-se associação estatisticamente significativa com os diagnósticos densitométricos ($p=0,015$). Indivíduos de cor branca estiveram significativamente mais presentes nos grupos de DMO normal e osteopenia; enquanto os de cor negra apresentaram associação tanto com o grupo de DMO normal quanto com o grupo com osteoporose. Esse resultado aparentemente paradoxal pode, em parte, refletir o reduzido tamanho do subgrupo negro na amostra ($n=13$), o que limita a robustez das inferências para esse grupo específico. A literatura aponta que mulheres afrodescendentes tendem a apresentar maior DMO em comparação a caucasianas, ao mesmo tempo em que fatores como menor síntese cutânea de vitamina D em indivíduos com maior pigmentação cutânea podem impactar negativamente a saúde óssea⁷⁸⁻⁸¹. Dessa forma, a interpretação desse achado requer cautela, sendo necessários estudos com amostras maiores e maior representatividade étnica para conclusões mais robustas. Além disso, diferenças étnico-raciais podem influenciar a densidade mineral óssea e a síntese cutânea de vitamina D, embora tais associações sejam multifatoriais e dependentes de aspectos biológicos, ambientais e sociais.

Quanto aos hábitos de vida, embora o tabagismo e o consumo de álcool não tenham atingido significância estatística, os valores próximos ao limiar indicam possível tendência de associação. Evidências científicas indicam que o tabagismo pode interferir na ação da vitamina D e no metabolismo ósseo; enquanto o consumo excessivo de álcool está associado à redução da formação óssea e aumento do risco de fraturas, reforçando a relevância desses fatores no contexto clínico⁸².

A associação com a insuficiência de vitamina D reforça seu papel central na homeostase óssea. A vitamina D atua na regulação da absorção intestinal de cálcio e fósforo, sendo essencial para a mineralização óssea adequada, e sua deficiência leva ao aumento compensatório do PTH e à intensificação da reabsorção óssea⁸³. Esse processo contribui para a perda de massa óssea e aumento do risco de fraturas, além de impactar a função muscular e elevar o risco de quedas⁸³. No contexto brasileiro, especialmente em regiões com elevada exposição solar, como a Amazônia, a ocorrência de insuficiência de vitamina D pode parecer paradoxal, mas fatores comportamentais e biológicos influenciam sua síntese, explicando a presença de hipovitaminose mesmo em ambientes com alta radiação solar.

Um achado que merece atenção é a ausência de associação independente da suplementação de vitamina D com a osteoporose no modelo multivariado (RP=0,93; IC95%: 0,62–1,39; p=0,729). Embora a suplementação tenha sido mais frequente entre indivíduos com DMO normal, esse padrão não se manteve após o ajuste por fatores de confusão. Esse resultado pode refletir limitações do delineamento transversal, especialmente a impossibilidade de estabelecer temporalidade entre exposição e desfecho. Além disso, a suplementação pode ter sido iniciada recentemente antes da coleta de dados e não ter atingido dose e tempo de uso suficientes para impactar a DMO, uma vez que seus efeitos são mais consistentes em casos de deficiência grave e uso prolongado⁸⁴⁻⁸⁶.

A associação entre hipocalcemia e osteoporose deve ser interpretada com cautela, considerando o rigoroso controle fisiológico da calcemia, frequentemente mantida à custa da reabsorção óssea^{87,88}. Nesse sentido, a associação observada pode refletir variabilidade laboratorial, condições clínicas específicas ou fatores não controlados, não sendo possível estabelecer relação causal direta. De maneira complementar, níveis reduzidos de fósforo observados nos indivíduos com osteoporose sugerem possível impacto na mineralização óssea, embora sua regulação seja complexa e multifatorial⁸⁹. Em relação ao PTH, não foram observadas associações significativas com os diagnósticos densitométricos, sugerindo que o hiperparatireoidismo clínico não constitui mecanismo predominante na população estudada⁹⁰.

No que se refere à osteopenia, observou-se elevada prevalência, configurando-se como condição intermediária relevante no continuum da perda de massa óssea. Embora associada à idade e ao sexo feminino, o IM não se manteve como fator independente nos modelos ajustados, sugerindo menor sensibilidade para alterações iniciais. Esse achado indica que as alterações estruturais mandibulares detectáveis radiograficamente podem não ser suficientemente sensíveis para identificar fases iniciais da desmineralização óssea, em consonância com a literatura⁹¹. As análises por curvas ROC corroboraram essa interpretação, evidenciando menor capacidade discriminatória do IM para osteopenia, especialmente em termos de sensibilidade, o que limita sua aplicabilidade como ferramenta de rastreamento precoce.

A análise dos fatores associados ao IM reduzido demonstrou que idade avançada, menores níveis de vitamina D3 e valores densitométricos reduzidos

constituem determinantes significativos desse marcador radiográfico. Esses achados confirmam que o IM não apenas se associa aos diagnósticos densitométricos, mas que sua redução é determinada pelos mesmos fatores sistêmicos que condicionam a perda óssea esquelética, reforçando o caráter de marcador periférico da condição óssea global. A relação entre DMO sistêmica e morfometria mandibular fortalece a hipótese de que o osso mandibular reflete, de forma mensurável, o estado metabólico ósseo do indivíduo, sustentando o uso do IM como ferramenta auxiliar de triagem em contextos clínicos odontológicos⁵⁴.

Outro aspecto relevante diz respeito às desigualdades no acesso à densitometria óssea. Além disso, dados epidemiológicos nacionais indicam que, entre 2022 e 2025, a distribuição de densitometrias ósseas no estado do Amazonas concentrou-se majoritariamente em áreas urbanas, especialmente na capital, com expressiva desigualdade de acesso nos municípios do interior, evidenciando iniquidades estruturais no rastreamento da osteoporose⁹². Nesse cenário, a radiografia panorâmica odontológica assume papel estratégico, uma vez que é amplamente utilizada na prática clínica e apresenta baixo custo relativo. A incorporação sistemática da análise dos índices radiomorfométricos pode ampliar a identificação de indivíduos em risco, especialmente em contextos com acesso limitado à densitometria, reforçando o papel da odontologia na detecção precoce de condições sistêmicas.

Por fim, os resultados deste estudo evidenciam que os índices radiomorfométricos mandibulares apresentam associação significativa com a DMO, especialmente no contexto da osteoporose. Além disso, a osteopenia apresentou elevada prevalência na população estudada, configurando-se como um importante estágio intermediário no *continuum* da perda de massa óssea e reforçando sua relevância clínica como marcador de risco para progressão para osteoporose. Quando integrados a dados clínicos, laboratoriais e demográficos, esses índices podem atuar como ferramentas complementares de triagem, contribuindo para a identificação precoce de indivíduos com risco elevado de fragilidade óssea. Ressalta-se, entretanto, que as limitações inerentes ao delineamento transversal, particularmente a impossibilidade de estabelecer relações de causalidade e temporalidade, indicam a necessidade de estudos longitudinais que confirmem o valor preditivo desses índices na progressão da perda óssea ao longo do tempo.

6 CONCLUSÕES

O objetivo geral de comparar os índices morfométricos de radiografias panorâmicas odontológicas com a densitometria óssea para avaliar sua utilidade como ferramenta no rastreio de osteopenia e osteoporose foi atingido. Os achados indicam que alterações observáveis nos índices radiográficos mandibulares refletem de forma consistente a condição da DMO, destacando o IM reduzido e as alterações corticais identificadas pelo ICM como indicadores relevantes de fragilidade óssea sistêmica. Além disso, a análise de concordância pelo método de Bland-Altman demonstrou boa concordância entre as medidas radiográficas e os valores obtidos por DXA, sem evidência de viés sistemático significativo, o que reforça a confiabilidade desses índices como ferramentas auxiliares de triagem, sem implicar equivalência entre os métodos.

Em relação aos objetivos específicos, a determinação dos índices radiográficos demonstrou que o ICM e o IM podem sinalizar alterações ósseas precoces, possibilitando sua aplicação no contexto da prática odontológica como instrumento de triagem. A identificação dos pacientes com osteopenia e osteoporose por densitometria óssea evidenciou elevada prevalência dessas condições em indivíduos com idade avançada, especialmente no sexo feminino, reforçando a necessidade de estratégias de rastreamento direcionadas. Destaca-se, ainda, a relevância da osteopenia como condição intermediária, que representa estágio de risco aumentado para progressão da perda óssea e desenvolvimento de osteoporose, indicando a importância de intervenções precoces.

A avaliação dos parâmetros bioquímicos revelou associação entre alterações metabólicas e fragilidade óssea, evidenciando a importância de uma abordagem integrada que contemple fatores radiográficos, clínicos e laboratoriais. No que se refere à acurácia diagnóstica, a análise demonstrou que as medidas densitométricas da coluna lombar e do fêmur proximal apresentam excelente capacidade discriminatória, enquanto o IM se mostrou útil como ferramenta complementar de triagem, especialmente quando interpretado em conjunto com variáveis clínicas e bioquímicas.

Os resultados reforçam que a avaliação integrada dos índices mandibulares, exames densitométricos e parâmetros metabólicos constitui uma estratégia eficaz

para a detecção precoce de osteopenia e osteoporose. A incorporação sistemática da análise radiográfica odontológica à prática clínica possibilita a identificação de indivíduos em risco, a priorização de encaminhamentos para densitometria óssea e a implementação de medidas preventivas, especialmente em populações vulneráveis, como mulheres idosas com alterações metabólicas associadas.

Entretanto, algumas limitações devem ser consideradas na interpretação dos resultados. O delineamento transversal do estudo impede a inferência de causalidade. O tamanho amostral e a predominância do sexo feminino podem influenciar as estimativas e limitar a generalização dos achados. Além disso, a possibilidade de viés de seleção deve ser considerada, uma vez que a amostra pode não representar integralmente a população geral. A variabilidade técnica inerente às radiografias panorâmicas, incluindo fatores como angulação e magnificação, pode interferir nas medidas dos índices radiográficos. Ademais, a ausência de avaliação formal da reprodutibilidade intra e interobservador constitui uma limitação metodológica relevante. Por fim, o cálcio sérico isolado apresenta interpretação limitada quando não analisado em conjunto com outros marcadores metabólicos, embora este estudo tenha incluído parâmetros adicionais, como PTH e vitamina D.

A partir desses achados, destacam-se implicações práticas relevantes, como a necessidade de inclusão sistemática, nos laudos de radiografias panorâmicas, de descrições padronizadas dos índices ICM e IM, com especial atenção a valores de IM inferiores a 3,1 mm e à presença de perda cortical acentuada. Tais achados devem orientar o encaminhamento para avaliação densitométrica e investigação metabólica. Recomenda-se, ainda, o fortalecimento de fluxos assistenciais integrados entre a odontologia e outros níveis de atenção à saúde, bem como a avaliação e correção de alterações metabólicas, como insuficiência de vitamina D, conforme diretrizes clínicas vigentes.

Para o avanço do conhecimento na área, estudos futuros devem priorizar delineamentos prospectivos, com o objetivo de avaliar a capacidade preditiva dos índices radiográficos mandibulares na ocorrência de fraturas osteoporóticas. Investigações multicêntricas são necessárias para validar os pontos de corte e padronizar protocolos radiográficos em diferentes populações. Além disso, a incorporação de ferramentas baseadas em inteligência artificial pode contribuir para a redução da variabilidade entre observadores e para o aprimoramento da acurácia

diagnóstica. Por fim, recomenda-se investigar o impacto de intervenções metabólicas, como a correção da insuficiência de vitamina D, na progressão das alterações radiográficas mandibulares e na evolução da DMO.

7. REFERÊNCIAS

1. Haseltine KN, Chukir T, Smith PJ, Jacob JT, Bilezikian JP, Farooki A. Bone mineral density: clinical relevance and quantitative assessment. *J Nucl Med*. 2021;62(4):446-454. <http://doi.org/10.2967/jnumed.120.256180>
2. Rodrigues Filho EDA, Santos MAMD, Silva ATPD, Farah BQ, Costa MDC, Campos FDACES, Falcão APST. Relation between body composition and bone mineral density in young undergraduate students with different nutritional status. *Einstein (São Paulo)*. 2016;14(1):12–7. <https://doi.org/10.1590/S1679-45082016AO3569>
3. Vincent KR, Vincent HK, Braith RW, Lennon SL, Lowenthal DT. Resistance exercise training attenuates exercise-induced lipid peroxidation in the elderly. *Eur J Appl Physiol*. 2002;87(4–5):416–23. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0640-2>
4. Alhalwachi Z, Mousa M, Juneidi S, Restrepo-Rodas G, Karras S, Alsafar H, Al Anouti F. Examining the association between genetic polymorphisms and osteoporosis among post-menopausal women: a systematic review. *Informatics in Medicine Unlocked*. 2025;56:101652. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2025.101652>
5. Bustamante M, Nogués X, Enjuanes A, Elosua R, García-Giralt N, Pérez-Edo L, et al. COL1A1, ESR1, VDR and TGFB1 polymorphisms and haplotypes in relation to BMD in Spanish postmenopausal women. *Osteoporos Int*. 2007;18(2):235–43. <https://doi.org/10.1007/s00198-006-0225-8>
6. Ralston SH, Uitterlinden AG. Genetics of osteoporosis. *Endocr Rev*. 2010;31(5):629–662. <https://doi.org/10.1210/er.2009-0044>
7. Zhou H, Ma H, Yang J, Guo H, Yang Y, Chen L, et al. Vitamin D receptor Bsm I polymorphism and osteoporosis risk in postmenopausal women: a meta-analysis from 42 studies. *Genes Nutr*. 2020;15(1):17. <https://doi.org/10.1186/s12263-020-00679-9>
8. Rani J, Swati S, Meeta M, Singh SH, Tanvir T, Madan A. Postmenopausal osteoporosis: menopause hormone therapy and selective estrogen receptor modulators. *Indian J Orthop*. 2023;57(Suppl 1):105-14. <https://doi.org/10.1007/s43465-023-01071-6>
9. Vilaca T, Eastell R, Schini M. Osteoporosis in men. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2022;10(4):273-283. [http://doi.org/10.1016/S2213-8587\(22\)00012-2](http://doi.org/10.1016/S2213-8587(22)00012-2)
10. Varacallo MA, Seaman TJ, Jandu JS, Pizzutillo P. Osteopenia [Internet]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29763053/>
11. Weaver CM, Gordon CM, Janz KF, Kalkwarf HJ, Lappe JM, Lewis R, O'Karma M, Wallace TC, Zemel BS. The National Osteoporosis Foundation's position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: a systematic review and implementation recommendations. *Osteoporos Int*. 2016 Apr;27(4):1281-1386. <https://doi.org/10.1007/s00198-015-3440-3>
12. Eastell R, O'Neill TW, Hofbauer LC, Langdahl B, Reid IR, Gold DT, Cummings SR. Postmenopausal osteoporosis. *Nat Rev Dis Primers*. 2016;2:16069. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.69>

13. Varacallo MA, Fox EJ. Osteoporosis and its complications. *Med Clin North Am*. 2014 Jul;98(4):817-31, xii-xiii. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2014.03.007>
14. Porter JL, Varacallo MA. Osteoporosis. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Aug 4. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441901/>
15. Freitas Lima SM, Rezende TMB. Benefícios de exames tomográficos na endodontia: revisão de literatura. *Oral Sciences*. 2011; p. 26–31. <https://portalrevistas.ucb.br/index.php/oralsciences/article/view/7554>.
16. Compston JE, McClung MR, Leslie WD. Osteoporosis. *Lancet*. 2019;393(10169):364–76. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32112-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32112-3)
17. Brandt IAG, Starup-Linde J, Andersen SS, Viggers R. Diagnosing osteoporosis in diabetes: a systematic review on BMD and fractures. *Curr Osteoporos Rep*. 2024;22(2):223-244. <http://doi.org/10.1007/s11914-024-00867-1>
18. Ferreira DDCF. A relevância da densitometria óssea para o diagnóstico e tratamento da osteoporose. Repositório Institucional do Unifip. 2023;8(1). <https://coopex.unifip.edu.br/index.php/repositoriounifip/article/view/2629>.
19. Santos KL, Santos DP. Impacto da densitometria óssea no diagnóstico e tratamento eficaz da osteoporose. In: Conceição MS, Cascaes GN, organizadores. Diagnóstico por imagem: uma abordagem integrada. Vitória (ES): Editora Poisson; 2025. p. 19–23.
20. World Health Organization. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: report of a WHO study group. Geneva: WHO; 1994. (Technical Report Series, no. 843).
21. Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia (SBEM). Diretrizes brasileiras para o diagnóstico e tratamento da osteoporose. 2023. <https://www.endocrino.org.br/diretrizes/>
22. Brasil. Ministério da Saúde. Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas: Osteoporose. Brasília: Ministério da Saúde; 2023. <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/pcdt/o/osteoporose/view>
23. Cadore EL, Brentano MA, Kruel LF. Efeitos da atividade física na densidade mineral óssea e na remodelação do tecido ósseo. *Rev Bras Med Esporte*. 2005;11(6):373–9. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922005000600013>
24. Chung PC, Chan TC. Environmental and personal factors for osteoporosis or osteopenia from a large health check-up database: a retrospective cohort study in Taiwan. *BMC Public Health*. 2022;22(1):1531. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-13938-8>.
25. Salari N, Ghasemi H, Mohammadi L, Behzadi MH, Rabieenia E, Shohaimi S, Mohammadi M. The global prevalence of osteoporosis in the world: a comprehensive systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2021;16:609. <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02772-0>.
26. Xiao PL, Cui AY, Hsu CJ, Peng R, Jiang N, Xu XH, et al. Global, regional prevalence, and risk factors of osteoporosis according to the World Health Organization diagnostic criteria: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporos Int*. 2022;33(10):2137–53. <https://doi.org/10.1007/s00198-022-06454-3>.
27. Wang Y, Zhao Y, Ma Y, Huang W, Lu M, Zheng Y, et al. Prevalence and distribution of osteopenia in adults in mainland China: a meta-analysis. *BMJ Open*. 2022;12(4):e057874. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35459534/>.

28. Long G, Liu C, Liang T, Zhang Z, Qin Z, Zhan X. Predictors of osteoporotic fracture in postmenopausal women: a meta-analysis. *J Orthop Surg Res.* 2023;18(1):574. <http://dx.doi.org/10.1186/s13018-023-04051-6>
29. Duckworth E, Shah R, O'Neill C, Truumees E, Narasimhan V, Jayakumar P. What personal factors are associated with osteoporosis, fragility fracture, and osteopenia? A population-level analysis using the United Kingdom Biobank. *Bone.* 2025;190:117277. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2024.117277>.
30. Baccaro LF, Conde DM, Costa-Paiva L, Pinto-Neto AM. The epidemiology and management of postmenopausal osteoporosis: a viewpoint from Brazil. *Clin Interv Aging.* 2015;10:583–91. <https://doi.org/10.2147/CIA.S54614>
31. Camargo MBR, Cendoroglo MS, Ramos LR, Latorre MRDO, Saraiva GL, Lage A, et al. Bone mineral density and osteoporosis among a predominantly Caucasian elderly population in the city of São Paulo, Brazil. *Osteoporos Int.* 2005;16:1451–60. <https://doi.org/10.1007/s00198-004-1831-y>
32. Borges CN, de Almeida JM, Lima D, Cabral M, Bandeira F. Prevalence of morphometric vertebral fractures in old men and the agreement between different methods in the city of Recife, Brazil. *Rheumatol Int.* 2014;34:1387–94. <https://doi.org/10.1007/s00296-014-3035-x>
33. Astolfo HBF, Outi HYF, Melo BL, Olazar NG, Jales IJ, Araújo KF, et al. Epidemiologia da osteoporose e fraturas relacionadas no Brasil: desafios da saúde pública. *Int J Health Manag Rev.* 2024;10(1):e384. <https://doi.org/10.47172/ijhmreview.v10i1.384>
34. Bomfim WC, Camargos MCS. Osteoporose nas regiões Norte e Nordeste do Brasil: estimativas do número de anos vividos com essa enfermidade pelos idosos. *Braz J Health Rev.* 2021;4(1):3894–3909. <https://doi.org/10.34119/bjhrv4n1-309>
35. Amorim JSCD, Souza MAN, Mambrini JVDM, Lima-Costa MF, Peixoto SV. Prevalência de queda grave e fatores associados em idosos brasileiros: resultados da Pesquisa Nacional de Saúde, 2013. *Ciênc Saúde Coletiva.* 2021;26:185–96. <https://doi.org/10.1590/1413-81232020261.30542018>
36. Curry SJ, Krist AH, Owens DK, Barry MJ, Cughey AB, Davidson KW, et al. Screening for osteoporosis to prevent fractures: US Preventive Services Task Force recommendation statement. *JAMA.* 2018;319(24):2521–2531.: <https://doi.org/10.1001/jama.2018.7498>
37. US Preventive Services Task Force. Screening for osteoporosis to prevent fractures: US Preventive Services Task Force recommendation statement. *JAMA.* 2025;333(6):498–508. <https://doi.org/10.1001/jama.2024.27154>
38. Nicholson WK, Silverstein M, Wong JB, Chelmsow D, Coker TR, Davis EM, et al. Screening for osteoporosis to prevent fractures: US Preventive Services Task Force recommendation statement. *JAMA.* 2025;333(6):498–508. <https://doi.org/10.1001/jama.2024.27154>
39. Chen YP, Kuo YJ, Liu CH, Chien PC, Chang WC, Lin CY, Pakpour AH. Prognostic factors for 1-year functional outcome, quality of life, care demands, and mortality after surgery in Taiwanese geriatric patients with a hip fracture: a prospective cohort study. *Ther Adv Musculoskelet Dis.* 2021;13:1759720X211028360. <https://doi.org/10.1177/1759720X211028360>
40. Kemmak AR, Rezapour A, Jahangiri R, Nikjoo S, Farabi H, Soleimanpour S. Economic burden of osteoporosis in the world: a systematic review. *Med J Islam Repub Iran.* 2020;34:154. <https://doi.org/10.21203/rs.2.22372/v1>

41. Lorentzon M, Johansson H, Harvey NC, Liu E, Vandenput L, McCloskey EV, Kanis JA. Osteoporosis and fractures in women: the burden of disease. *Climacteric*. 2022;25(1):4–10. <https://doi.org/10.1080/13697137.2021.1951206>
42. Aibar-Almazán A, Voltes-Martínez A, Castellote-Caballero Y, Afanador-Restrepo DF, Carcelén-Fraile MDC, López-Ruiz E. Current status of the diagnosis and management of osteoporosis. *Int J Mol Sci*. 2022;23(16):9465. <https://doi.org/10.3390/ijms23169465>
43. Kiswanjaya B, Taufiq SR, Syahraini SI, Yoshihara A. The influence of age, sex, and mandibular morphometric parameters on cortical bone width and erosion: a panoramic radiography study. *Front Dent Med*. 2025;6:1558372. <https://doi.org/10.3389/fdmed.2025.1558372>
44. Seki K, Nagasaki M, Yoshino T, Yano M, Kawamoto A, Shimizu O. Radiographical diagnostic evaluation of mandibular cortical index classification and mandibular cortical width in female patients prescribed antiosteoporosis medication: a retrospective cohort study. *Diagnostics*. 2024;14(10):1009. <http://doi.org/10.3390/diagnostics14101009>
45. Audhi MR, Salsabila S. The Analysis Study of Diagnostic Performance and Accuracy of Panoramic Radiography to Screen Bone Mineral Density in Woman: A Comprehensive Systematic Review. *Indones J Gen Med*. 2024;2(2):1-20. <https://doi.org/10.70070/88g24546>
46. Mupparapu M, Akintoye SO. Application of panoramic radiography in the detection of osteopenia and osteoporosis—Current state of the art. *Curr Osteoporos Rep*. 2023;21(4):354-9. <https://doi.org/10.1007/s11914-023-00807-5>
47. Munhoz L, Morita L, Nagai AY, Moreira J, Arita ES. Mandibular cortical index in the screening of postmenopausal at low mineral density risk: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol*. 2021;50(4):20200514. <http://doi.org/10.1259/dmfr.20200514>
48. Canal-Macías ML, Vera-Rodríguez M, Rodríguez-Vázquez JF, et al. Association between mandibular cortical erosion and bone mineral density assessed by phalangeal ultrasound and dual energy X-ray absorptiometry in Spanish women. *Diagnostics (Basel)*. 2025;15(3):746. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15040507>
49. Beshtawi KR, Bazzar S, Abu-Ta'a MF. Comparative analysis of mandibular cortical bone indicators of osteoporosis: CBCT vs. traditional panoramic radiographs. *Open Dent J*. 2025;19:18742106382852. <https://doi.org/10.2174/0118742106382852250512075933>
50. Leite AF, Figueiredo M, Carmo JZB, et al. Relationships between mandibular cortical indexes, bone mineral density, and osteoporotic fractures in Brazilian men over 60 years old. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2025;139(2):e53–e60. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2024.10.001>
51. Taguchi A, Tanaka R, Kakimoto N, Morimoto Y, Arai Y, Hayashi T, et al.; Japanese Society for Oral and Maxillofacial Radiology. Clinical guidelines for the application of panoramic radiographs in screening for osteoporosis. *Oral Radiol*. 2021;37(2):189-208. <https://doi.org/10.1007/s11282-021-00518-6>
52. Selvakumar R, Chandran A, Patil A, Harini TC, Dandekeri S, Verma D, et al. Osteoporosis risk group: Screening for osteoporosis in dental clinics using panoramic radiographs. *J Educ Health Promot*. 2022;11(1):271. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_1727_21

53. Devlin H, Horner K. Mandibular radiomorphometric indices in the diagnosis of reduced skeletal bone mineral density. *Osteoporos Int.* 2002;13(5):373–8. <https://doi.org/10.1007/s001980200042>
54. Heuchert J, Koziel S, Spinek AE. Radiomorphometric indices of the mandible as indicators of decreased bone mineral density and osteoporosis-meta-analysis and systematic review. *Osteoporos Int.* 2024;35(3):401–412. <http://doi.org/10.1007/s00198-023-06949-7>
55. Abdinian M, Milaei M, Soltani P. Digital panoramic radiography and CBCT as auxiliary tools for detection of low bone mineral density in post-menopausal women: a cross-sectional study. *BMC Med Imaging.* 2023;23(1):78. <https://doi.org/10.1186/s12880-023-01046-x>
56. Mansour S, Khan EA, AlGhamdi AS, Javed F, Marzouk H. Panoramic radiomorphometric indices as reliable parameters in predicting osteoporosis. *Am J Med Sci.* 2013;346(6):473–8. <https://doi.org/10.1097/MAJ.0b013e3182972148>
57. Kinalski MA, Boscato N, Damian MF. The accuracy of panoramic radiography as a screening of bone mineral density in women: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol.* 2020;49(2):20190149. <http://doi.org/10.1259/dmfr.20190149>
58. Jacob LE, Subramanian K, Srinivasan S, Krishnan M, Krishnan A, Mathew A. Assessment of the efficacy of digital panoramic radiographs in analyzing changes in bone mineral density in postmenopausal women. *J Family Med Prim Care.* 2022 Aug;11(8):4342–4348. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36353003/>
59. Tarighatnia A, Amanzadeh M, Hamedan M, Mohammadnia A, Nader ND. Deep learning-based evaluation of panoramic radiographs for osteoporosis screening: a systematic review and meta-analysis. *BMC Med Imaging.* 2025;25(1):1–11. <http://doi.org/10.1186/s12880-025-01626-z>
60. Al Zadjali F, Brooks J, O'Neill TW, Stanmore E. Experiences of postmenopausal osteoporosis: a narrative review. *Disabil Rehabil.* 2024;46(5):828–840. <https://doi.org/10.1080/09638288.2023.2169770>
61. Gao S, Zhao Y. Quality of life in postmenopausal women with osteoporosis: a systematic review and meta-analysis. *Qual Life Res.* 2023;32(6):1551–1565. <https://doi.org/10.1007/s11136-022-03281-1>
62. Gates M, Pillay J, Nuspl M, Wingert A, Vandermeer B, Hartling L. Screening for the primary prevention of fragility fractures among adults aged 40 years and older in primary care: systematic reviews of the effects and acceptability of screening and treatment, and the accuracy of risk prediction tools. *Syst Rev.* 2023;12(1):51. <https://doi.org/10.1186/s13643-023-02181-w>
63. Abreu ESS, Anjos CO, Rahman ZM, Miyabara R, Baltatu OC, Campos LA. Vitamin D and postoperative recovery in elderly ribeirinhos—riverside Amazon communities with femur fractures. *Clin Pract.* 2025;15(10):179. <http://doi.org/10.3390/clinpract15100179>
64. Leite-Silva PR, Pinheiro RS, Barbosa-Ferreira JM, Balieiro A, Sabidó M, Lacerda MV, et al. Bone mass, fracture risk, and associated factors in postmenopausal women living with HIV. *Menopause.* 2024;31(1):46–51. <http://doi.org/10.1097/GME.0000000000002293>
65. Cral WG, Silveira MQ, Tucunduva RMA, Abujamra RHH, Queluz DP. Utilização de índices radiomorfométricos em exames de imagem. *Rev Fac Odontol Lins.* 2017;22(1):91–5. <https://doi.org/10.5335/rfo.v22i1.6732>
66. Leite AF, Haiter-Neto F, Devito KL, Oliveira ML, Ambrosano GMB. Radiografia panorâmica – instrumento auxiliar no diagnóstico da osteoporose. *Rev Assoc*

- Paul Cir Dent. 2008;48(4):226–33. <https://doi.org/10.1590/S0482-50042008000400006>.
67. Mahl CR, Licks R, Fontanella VRC. Comparação de índices morfométricos obtidos na radiografia odontológica panorâmica na identificação de indivíduos com osteoporose/osteopenia. Radiol Bras. 2008;41(3):183–7. <https://doi.org/10.1590/S0100-39842008000300011>.
 68. Alves-Silva EG, Fachetti Ribeiro B, Silva CF, de Kássia-Alves R, Arruda-Vasconcelos R, Louzada LM, et al. Evaluation of mandibular bone alterations by panoramic radiography: a potential tool in the identification of signs of osteopenia and osteoporosis. Bioengineering (Basel). 2025;12(7):746. <http://doi.org/10.3390/bioengineering12070746>
 69. Altman DG. Practical statistics for medical research. London: Chapman & Hall; 1991. p. 403-407.
 70. Brasil. Conselho Nacional de Saúde (Brasil). Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Aprova diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Diário Oficial da União. 2013 jun 13;Seção 1:59.
 71. Sundar C, Ramalingam S, Divakar DD, Kumar SS, Manoharan A. The role of dental radiographs in assessing bone mineral density: a systematic review of literature. Saudi Dent J. 2026;38(1):5. <http://doi.org/10.1007/s44445-025-00104-0>
 72. Alam T, AlShahrani I, Assiri KI, Almoammar S, Togoo RA, Luqman M. Evaluation of clinical and radiographic parameters as dental indicators for postmenopausal osteoporosis. Oral Health Prev Dent. 2020;18(3):a44688. <http://doi.org/10.3290/j.ohpd.a44688>
 73. Hung WC, Lin YL, Cheng TT, Chin WL, Tu LT, Chen CK, et al. Establish and validate the reliability of predictive models in bone mineral density by deep learning as examination tool for women. Osteoporos Int. 2024;35(1):129-141. <http://doi.org/10.1007/s00198-023-06913-5>
 74. Yoshida A, Sato Y, Kai C, Hirono Y, Sato I, Kasai S. Utility of osteoporosis screening based on estimation of bone mineral density using bidirectional chest radiographs with deep learning models. Front Med (Lausanne). 2025;12:1499670. <http://doi.org/10.3389/fmed.2025.1499670>
 75. Sadigursky D, Barretto LA, Lobão DMV, Carneiro RJF, Colavolpe PO. Osteoporosis in brazilian patients awaiting knee arthroplasty. Acta Ortop Bras. 2017;25(3):74-77. <http://doi.org/10.1590/1413-785220172503167325>
 76. Cobo B, Cruz C, Dick PC. Desigualdades de gênero e raciais no acesso e uso dos serviços de atenção primária à saúde no Brasil. Cien Saude Colet. 2021;26:4021-4032. <http://doi.org/10.1590/1413-81232021269.05732021>
 77. Palmeira NC, Moro JP, Getulino FDA, Vieira YP, Soares Junior ADO, Saes MDO. Analysis of access to health services in Brazil according to sociodemographic profile: National Health Survey, 2019. Epidemiol Serv Saude. 2022;31:e2022966. <http://doi.org/10.1590/s2237-96222022000300013>
 78. Ames BN, Grant WB, Willett WC. Does the high prevalence of vitamin D deficiency in African Americans contribute to health disparities? Nutrients. 2021;13(2):499. <http://doi.org/10.3390/nu13020499>
 79. Libon F, Cavalier E, Nikkels AF. Skin color is relevant to vitamin D synthesis. Dermatology. 2013;227(3):250-254. <http://doi.org/10.1159/000354750>
 80. Munhoz L, Aoki EM, Cortes AR, de Freitas CF, Arita ES. Osteoporotic alterations in a group of different ethnicity Brazilian postmenopausal women: an

- observational study. *Gerodontology*. 2018;35(2):101-109.
<http://doi.org/10.1111/ger.12322>
81. Singh Ospina N, Diaz-Thomas A, McDonnell ME, Demay MB, Pittas AG, York E, et al. Navigating complexities: vitamin D, skin pigmentation, and race. *J Clin Endocrinol Metab*. 2024;109(8):1955-1960.
<http://doi.org/10.1210/clinem/dgae314>
 82. Trevisan C, Alessi A, Girotti G, Zanforlini BM, Bertocco A, Mazzochin M, et al. The impact of smoking on bone metabolism, bone mineral density and vertebral fractures in postmenopausal women. *J Clin Densitom*. 2020;23(3):381-389.
<http://doi.org/10.1016/j.jocd.2019.07.007>
 83. Yao P, Bennett D, Mafham M, Lin X, Chen Z, Armitage J, et al. Vitamin D and calcium for the prevention of fracture: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Netw Open*. 2019;2(12):e1917789.
<http://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.17789>
 84. Kazemian E, Pourali A, Sedaghat F, Karimi M, Basirat V, Sajadi Hezaveh Z, et al. Effect of supplemental vitamin D3 on bone mineral density: a systematic review and meta-analysis. *Nutr Rev*. 2023;81(5):511-530.
<http://doi.org/10.1093/nutrit/nuac068>
 85. Cong B, Zhang H. The effects of combined calcium and vitamin D supplementation on bone mineral density and fracture risk in postmenopausal women with osteoporosis: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Musculoskelet Disord*. 2025;26(1):928.
<http://doi.org/10.1186/s12891-025-09089-7>
 86. Massé O, Mercurio CM, Dupuis S, Arruda A, Desforges K, Dugré N, et al. Vitamin D and/or calcium to prevent fractures and falls: protocol for a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. 2024;14(12):e085902.
<http://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-085902>
 87. Campos FS, Pinhati FR. O controle do cálcio e a hipocalcemia. *Cadernos UniFOA*. 2013;8(23):77-85. <http://doi.org/10.47385/cadunifoa.v8.n23.17>
 88. Shaker JL, Deftos LJ. Calcium and phosphate homeostasis. In: *Endotext* [Internet]. 2023. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279023>
 89. Lin F, Chen J, Chen M, Lin S, Dong S. Protective effect and possible mechanisms of resveratrol in animal models of osteoporosis: A preclinical systematic review and meta-analysis. *Phytother Res*. 2023;37(11):5223-5242.
<http://doi.org/10.1002/ptr.7954>
 90. Lombardi G, Di Somma C, Rubino M, Faggiano A, Vuolo L, Guerra E, et al. The roles of parathyroid hormone in bone remodeling: prospects for novel therapeutics. *J Endocrinol Invest*. 2011;34(7 Suppl):18-22.
<http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21985975/>
 91. Calciolari E, Donos N, Park JC, Petrie A, Mardas N. Panoramic measures for oral bone mass in detecting osteoporosis: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res*. 2015;94(3_suppl):17S-27S. <http://doi.org/10.1177/0022034514554949>
 92. DATASUS – Ministério da Saúde. Sistema de Informações Ambulatoriais do SUS (SIA/SUS). Produção ambulatorial do SUS, Amazonas, janeiro de 2022 a outubro de 2025. TabNet Win32 3.3: Produção ambulatorial do SUS – Amazonas – por local de residência.
<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sia/cnv/qauf.def>

RESUMO

Título: Análise da densidade mineral óssea por radiografia panorâmica odontológica em adultos

Autor: Fernando Marques Coutinho Filho

Tese de Doutorado em Ciências da Saúde – 2026

A densidade mineral óssea (DMO) é um indicador central da integridade óssea, refletindo a concentração de minerais, principalmente cálcio e fósforo. Alterações como osteopenia e osteoporose aumentam o risco de fraturas, com implicações clínicas e sociais relevantes, especialmente em adultos acima de 40 anos. Embora a densitometria óssea por dupla emissão de raios X (DXA) seja o padrão-ouro, a radiografia panorâmica odontológica tem sido investigada como alternativa complementar para triagem precoce por meio de índices morfométricos mandibulares. O presente estudo objetivou comparar os índices cortical mandibular (ICM) e mentoniano (IM) obtidos em radiografias panorâmicas com a DMO aferida por DXA, no Amazonas, em pacientes maiores de 40 anos, avaliando sua utilidade como ferramenta auxiliar no rastreio de osteopenia e osteoporose, considerando também níveis bioquímicos de paratormônio (PTH), cálcio total, fósforo e 25-hidroxi-vitamina D3. Participaram 116 indivíduos selecionados entre 129 convidados, sendo 84,5% mulheres, com média de idade de $69,1 \pm 10,5$ anos. Foram coletados dados sociodemográficos, exames laboratoriais, DXA da coluna lombar e fêmur proximal direito e radiografias panorâmicas odontológicas para determinação dos índices ICM e IM. As variáveis contínuas foram analisadas por ANOVA e teste t de Student, as categóricas por teste do qui-quadrado, e o controle de fatores de confusão foi realizado por regressão de Poisson multivariada, adotando-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Idade avançada, insuficiência de vitamina D3 e IM abaixo do valor de referência permaneceram significativamente associados à maior prevalência de osteoporose. O ICM também apresentou associação significativa com os desfechos densitométricos, tanto nas análises bivariadas quanto no modelo multivariado. No que se refere à osteopenia, observou-se elevada prevalência na amostra, reforçando sua importância como condição intermediária associada ao risco de progressão para osteoporose. A análise da curva Receiver Operating Characteristic (ROC) indicou que o IM apresentou boa capacidade discriminatória para identificar indivíduos com osteoporose, enquanto as medidas densitométricas apresentaram desempenho excelente. A análise de concordância pelo método de Bland-Altman demonstrou boa

concordância entre as medições radiográficas e os valores obtidos por DXA, sem evidência de viés sistemático, indicando consistência entre os métodos sem implicar equivalência. Os resultados indicam que os parâmetros radiográficos mandibulares podem complementar a densitometria óssea, contribuindo para a identificação precoce de indivíduos em risco de osteopenia e osteoporose. A utilização desses índices na prática odontológica representa uma estratégia viável de triagem, especialmente em populações com acesso limitado aos exames de referência.

Palavras-chave: Densidade óssea. Osteoporose. Radiografia Panorâmica.

ABSTRACT

Title: Analysis of Bone Mineral Density Using Panoramic Dental Radiography in Adults

Autor: Fernando Marques Coutinho Filho

Tese de Doutorado em Ciências da Saúde – 2026

Bone mineral density (BMD) is a central indicator of bone integrity, reflecting the concentration of minerals, primarily calcium and phosphorus. Alterations such as osteopenia and osteoporosis increase the risk of fractures, with relevant clinical and social implications, especially in adults over 40 years of age. Although dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) is the gold standard, panoramic dental radiography has been investigated as a complementary alternative for early screening through mandibular morphometric indices. The present study aimed to compare the mandibular cortical index (MCI) and mental index (MI) obtained from panoramic radiographs with BMD measured by DXA, in the state of Amazonas, in patients older than 40 years, evaluating their usefulness as an auxiliary tool for screening osteopenia and osteoporosis, also considering biochemical levels of parathyroid hormone (PTH), total calcium, phosphorus, and 25-hydroxyvitamin D3. A total of 116 individuals were included from 129 invited participants, of whom 84.5% were women, with a mean age of 69.1 ± 10.5 years. Sociodemographic data, laboratory tests, DXA of the lumbar spine and right proximal femur, and panoramic dental radiographs were collected to determine MCI and MI. Continuous variables were analyzed using ANOVA and Student's t-test, categorical variables using the chi-square test, and confounding factors were controlled through multivariate Poisson regression, adopting a significance level of 5% ($p < 0.05$). Advanced age, vitamin D3 insufficiency, and MI below the reference value remained significantly associated with a higher prevalence of osteoporosis. MCI also showed a significant association with densitometric outcomes in both bivariate analyses and the multivariate model. Regarding osteopenia, a high prevalence was observed in the sample, reinforcing its importance as an intermediate condition associated with the risk of progression to osteoporosis. Receiver Operating Characteristic (ROC) curve analysis indicated that MI demonstrated good discriminatory ability to identify individuals with osteoporosis, while densitometric measurements showed excellent performance. Agreement analysis using the Bland–Altman method demonstrated good agreement between radiographic measurements and DXA values, with no evidence of systematic bias, indicating consistency between methods without implying equivalence. The results suggest that mandibular

radiographic parameters may complement bone densitometry, contributing to the early identification of individuals at risk for osteopenia and osteoporosis. The use of these indices in dental practice represents a feasible screening strategy, especially in populations with limited access to reference diagnostic tests.

Keywords: Bone density. Osteoporosis. Panoramic Radiography.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Radiografia panorâmica (osteoporose).....	6
Figura 2- Estágios do Índice Cortical Mandibular	15
Figura 3- Radiografia com o traçado das linhas utilizadas para a determinação do Índice Mentoniano.....	15
Figura 4- Caracterização da amostra.....	19
Figura 5- Gráfico de Bland-Altman para os escores z do DMO Coluna Lombar e IM21	
Figura 6- Gráfico de Bland-Altman para os escores z do DMO Fêmur Proximal Direito e IM	22
Figura 7- Curva ROC para detectar osteoporose conforme variáveis em estudo	29
Figura 8- Curva ROC para detectar osteopenia conforme variáveis em estudo	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -Dados sobre os exames bioquímicos	19
Tabela 2 -Dados sobre a densitometria óssea e radiografia panorâmica odontológica	20
Tabela 3 -Associação entre os dados da densitometria óssea e os da radiografia panorâmica odontológica	23
Tabela 4 -Associações das variáveis sociodemográficas e exames bioquímicos com a densitometria óssea	24
Tabela 5 -Razão de Prevalências e Intervalo de Confiança de 95% para osteoporose nas análises bivariada e multivariada	25
Tabela 6 -Análise multivariada de Regressão de Poisson para investigar fatores independentemente associados à osteoporose	26
Tabela 7 -Razão de Prevalências e intervalo de 95% de confiança para osteopenia na análise bivariada e multivariada.....	27
Tabela 8 -Análise multivariada de Regressão de Poisson para investigar fatores independentemente associados à osteopenia.....	28
Tabela 9 -Variáveis em estudo para osteoporose.....	29
Tabela 10 -Variáveis em estudo para osteopenia	30
Tabela 11 -Associações das variáveis sociodemográficas e exames bioquímicos com a classificação do Índice Mentoniano	32
Tabela 12 -Análise multivariada de Regressão de Poisson para investigar fatores independentemente associados ao Índice Mentoniano abaixo de 3,1 mm	33

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

1ª. Via Pesquisador

2ª. Via Sujeito da Pesquisa

Projeto de Pesquisa em prevenção de fraturas: “ANÁLISE DA DENSIDADE MINERAL ÓSSEA POR MEIO DA RADIOGRAFIA PANORÂMICA ODONTOLÓGICA EM PACIENTES ADULTOS NO ESTADO DO AMAZONAS”.

Sujeito da Pesquisa / Responsável pelo Sujeito da Pesquisa:

Sr(a) _____ / _____ anos

Endereço: _____
 _____ Telefone: _____ Data: ____/____/20____.

Concordo em participar da pesquisa intitulada “Análise da densidade mineral óssea por meio da radiografia panorâmica odontológica em pacientes adultos no Estado do Amazonas”. Com esta pesquisa, pretende-se avaliar índices obtidos de radiografias panorâmicas dentárias para auxiliar no diagnóstico de osteoporose em homens no Estado e para isto, pretende: descrever as características socioculturais e clínico-epidemiológicas dos participantes em estudo. Assim, dou permissão para que sejam feitos questionamentos organizados em um formulário estruturado. Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e os pesquisadores informaram-me e esclareceram-me os riscos mínimos que a pesquisa oferece à minha saúde. Também sei que esta pesquisa pode trazer benefícios para a prevenção ou tratamento da osteoporose em homens no futuro, mesmo que eu não me beneficie disso agora. A radiografia panorâmica pode ajudar no diagnóstico de muitas doenças ósseas e dentárias, que muitas vezes não provocam sintomas em pacientes e, será realizada sem custo algum. A densitometria óssea é o exame padrão ouro para diagnóstico da osteoporose e os exames laboratoriais ajudarão a chegar em um diagnóstico mais preciso. Fui informado que a pesquisa poderá causar um possível constrangimento, ansiedade e desconforto psíquico, porém, mediante qualquer problema, serei encaminhado ao atendimento médico da própria instituição de saúde. A radiografia panorâmica e a densitometria serão realizadas mediante todas as medidas de segurança necessárias e serei exposto a doses seguras (sem riscos de efeitos danosos imediatos) de radiação ionizante, apesar de ter conhecimento do caráter cumulativo da radiação ao longo dos anos no corpo humano. Sei que tenho o direito e a liberdade de me negar a participar do estudo ou desistir de participar, mesmo após a aplicação do formulário, se assim desejar, sem nenhum prejuízo moral, físico ou social e sem que isso acarrete qualquer prejuízo financeiro e/ou em meu tratamento e acompanhamento.

Tenho conhecimento de que os dados coletados serão divulgados oportunamente em fóruns, congressos, revistas nacionais e/ou internacionais da área da pesquisa em tela, e poderão ser publicados em forma de artigo. No entanto, me é garantido o sigilo sobre minha identidade ou sobre qualquer informação que possa identificar-me. Meus dados e o material advindo da coleta poderão ser usados em novas pesquisas, caso justificativa devida, sendo estas pesquisas aprovadas devidamente pelo Comitê de Ética e Pesquisa-CEP e, quando for o caso, da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa-CONEP, submissas totalmente à devida legislação. Se necessário, poderei entrar em contato com o pesquisador, *Fernando Coutinho M. Filho*, tel (95) 98119-1016, ou com o orientador da pesquisa, *Prof. Dr. Adriano Namo Cury*, tel (11) 99637-1815.

Tendo sido informado sobre a pesquisa “Análise da densidade mineral óssea por meio da radiografia panorâmica odontológica em pacientes adultos no Estado do Amazonas”, concordo em participar da mesma.

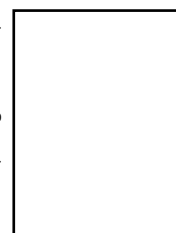
Autorizo a guarda dos dados da pesquisa para fins de pesquisas futuras (período de 5 anos): () Sim () Não

Assinatura do Paciente ou Responsável ou polegar direito: _____

Manaus-AM, ____ de ____ de 20____.

Para quaisquer informações, fica disponibilizado o endereço do CEP da Faculdade Cathedral Boa Vista – RR, localizado na Av. Luís Canuto Chaves nº 293 – Bairro: Caçari, Cep 69.307-053, Boa Vista-RR, que funciona de 2ª a 6ª Feira, das 14:30 às 20:30 horas, telefone (95) 2121-3560, e-mail: cep@cathedral.edu.br

(Polegar Direito)



ANEXO A- PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

FACULDADE CATHEDRAL DE
ENSINO SUPERIOR/ RR



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: ANÁLISE DA DENSIDADE MINERAL ÓSSEA POR MEIO DA RADIOGRAFIA PANORÂMICA ODONTOLÓGICA EM PACIENTES ADULTOS NO AMAZONAS

Pesquisador: FERNANDO COUTINHO MARQUES FILHO

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 79548124.9.0000.5301

Instituição Proponente: FACULDADES CATHEDRAL DE ENSINO SUPERIOR

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.528.465

Apresentação do Projeto:

A osteoporose caracteriza-se pela diminuição da massa óssea e deterioração na microarquitetura do tecido ósseo, resultando em fragilidade mecânica e consequente predisposição a fraturas com trauma mínimo. A doença pode ser precisamente diagnosticada por métodos não invasivos para determinação da densidade mineral óssea ainda antes do surgimento de fraturas. Isso possibilita uma intervenção precoce buscando-se a prevenção da perda óssea naqueles indivíduos que apresentam diminuição da densidade óssea. Diversos pesquisadores correlacionaram os índices radiomorfométricos e a perda de massa óssea mandibular para o rastreamento de pacientes com baixa densidade mineral óssea. A presente pesquisa visa analisar os índices morfométricos de radiografias panorâmicas odontológicas em pacientes a partir de 40 anos no Estado do Amazonas para verificar a possibilidade da sua utilização como adjuvante e/ou substituto no diagnóstico de osteopenia/osteoporose. Trata-se de um estudo transversal onde serão realizadas radiografias panorâmicas odontológicas, exame de densitometria óssea, além de exames bioquímicos (PTH, cálcio total iônico, fósforo, 25-hidroxi-vitamina D3 e cálcio urinário 24h) em 120 pacientes. Espera-se que seja encontrada uma relação entre a perda óssea mandibular, saúde bucal e a osteoporose.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Endereço: Avenida Luís Canuto Chaves, n° 293

Bairro: Caçari

CEP: 69.307-053

UF: RR

Município: BOA VISTA

Telefone: (95)2121-3460

Fax: (95)2121-3460

E-mail: cep@cathedral.edu.br

FACULDADE CATHEDRAL DE ENSINO SUPERIOR/ RR



Continuação do Parecer: 7.528.465

Comparar os índices morfométricos de radiografias panorâmicas odontológicas em pacientes maiores de 40 anos no estado do Amazonas com o exame de densitometria óssea para verificar a possibilidade da sua utilização como adjuvante no diagnóstico de osteopenia/osteoporose.

Objetivo Secundário:

* Determinar, por meio da radiografia panorâmica odontológica, os Índices Cortical Mandibular (ICM) e Mentoniano (IM);* Realizar a densitometria óssea nos pacientes do estudo;¿ Obter o índice Trabecular Bone Score (TBS), das densitometrias realizadas;¿ Realizar os exames bioquímicos de paratormônio (PTH), cálcio total iônico, fósforo, 25-hidroxi-vitamina D3 e cálcio urinário 24h.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos e Benefícios Adequados.

Riscos:

Os participantes da pesquisa serão expostos à radiação ionizante em doses seguras utilizadas rotineiramente em clínicas, contudo serão tomadas todas as medidas de segurança tanto em relação aos profissionais quanto aos pacientes envolvidos.

Benefícios:

Essa pesquisa busca proporcionar benefícios à sociedade e ao participante já que esse terá acesso, sem custos, a um exame panorâmico no qual podem ser diagnosticadas patologias ósseas e dentárias, muitas vezes assintomáticas. O paciente terá acesso a um exame de densitometria óssea, onde poderá ser avaliada sua perda mineral óssea na região da coluna e fêmur para fins de possível diagnóstico de osteopenia e osteoporose, além dos exames laboratoriais já especificados.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa de grande relevância.

Não houve mudança no procedimento, a única alteração é o quantitativo de participantes na pesquisa que será 120. O aumento do número de participantes pode aumentar a potência estatística do estudo, permitindo uma melhor detecção de efeitos significativos, podendo melhorar a confiabilidade e validade dos instrumentos de medida utilizados, tornando os resultados mais sólidos e aceitáveis pela comunidade científica. Apesar dessa modificação, os prazos e cronograma da pesquisa não sofrerão alterações significativas, inclusive com a

Endereço: Avenida Luís Canuto Chaves, n° 293

Bairro: Caçari

CEP: 69.307-053

UF: RR

Município: BOA VISTA

Telefone: (95)2121-3460

Fax: (95)2121-3460

E-mail: cep@cathedral.edu.br

FACULDADE CATHEDRAL DE ENSINO SUPERIOR/ RR



Continuação do Parecer: 7.528.465

mesma previsão de conclusão

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os documentos Adequados.

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado. O aumento do número de participantes pode aumentar a potência estatística do estudo, permitindo uma melhor detecção de efeitos significativos, podendo melhorar a confiabilidade e validade dos instrumentos de medida utilizados, tornando os resultados mais sólidos e aceitáveis pela comunidade científica. Apesar dessa modificação, os prazos e cronograma da pesquisa não sofrerão alterações significativas, inclusive com a mesma previsão de conclusão

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_2537076_E1.pdf	11/04/2025 09:12:30		Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA2025.pdf	11/04/2025 09:09:32	FERNANDO COUTINHO MARQUES FILHO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tclecep.pdf	03/12/2024 10:08:59	FERNANDO COUTINHO MARQUES FILHO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Fernando_projeto_2024_final.pdf	03/12/2024 10:03:29	FERNANDO COUTINHO MARQUES FILHO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	concorde.pdf	16/04/2024 11:23:58	FERNANDO COUTINHO MARQUES FILHO	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO_ATUALIZADO.pdf	16/04/2024 11:20:06	FERNANDO COUTINHO MARQUES FILHO	Aceito
Folha de Rosto	folha_rostoassinada.pdf	16/04/2024 11:16:44	FERNANDO COUTINHO	Aceito

Endereço: Avenida Luís Canuto Chaves, n° 293

Bairro: Caçari

CEP: 69.307-053

UF: RR

Município: BOA VISTA

Telefone: (95)2121-3460

Fax: (95)2121-3460

E-mail: cep@cathedral.edu.br

FACULDADE CATHEDRAL DE
ENSINO SUPERIOR/ RR



Continuação do Parecer: 7.528.465

Folha de Rosto	folha_rostoassinada.pdf	16/04/2024 11:16:44	MARQUES FILHO	Aceito
----------------	-------------------------	------------------------	---------------	--------

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BOA VISTA, 25 de Abril de 2025

Assinado por:
Luana Comito Muner
(Coordenador(a))

Endereço: Avenida Luís Canuto Chaves, n° 293
Bairro: Caçani **CEP:** 69.307-053
UF: RR **Município:** BOA VISTA
Telefone: (95)2121-3460 **Fax:** (95)2121-3460 **E-mail:** cep@cathedral.edu.br