



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRO - REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
MESTRADO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

RODRIGO BARBOSA DE ALBUQUERQUE

COMPARAÇÃO DA DENSIDADE MINERAL ÓSSEA DE  
ATLETAS DO SEXO MASCULINO PRATICANTES DE  
DIFERENTES MODALIDADES ESPORTIVAS

Aracaju  
2010

RODRIGO BARBOSA DE ALBUQUERQUE

COMPARAÇÃO DA DENSIDADE MINERAL  
ÓSSEA DE ATLETAS DO SEXO MASCULINO  
PRATICANTES DE DIFERENTES  
MODALIDADES ESPORTIVAS

Dissertação apresentada ao Núcleo de Pós-Graduação em Medicina da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr Antonio Cesar Cabral de Oliveira

Co-orientador: Prof. Dr. Amândio A. Rihan Geraldes

Aracaju  
2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DA SAÚDE  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

A345c Albuquerque, Rodrigo Barbosa de  
Comparação da densidade mineral óssea de atletas do sexo masculino praticantes de diferentes modalidades esportivas / Rodrigo Barbosa de Albuquerque. – Aracaju, 2010. 66 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Universidade Federal de Sergipe, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Núcleo de Pós-Graduação em Medicina.

Orientador (a): Prof. Dr. Antonio César Cabral de Oliveira.  
Co-Orientador: Prof. Dr. Amândio A. Rihan Geraldês.

1. Osteogênese 2. Ossos 3. Densidade mineral 4. Saúde  
5. Exercícios físicos 6. Homens 7. Composição corporal 8.  
Educação física I. Título

CDU 613.71:611.018.4:796.035



## **DEDICATÓRIA**

*Dedico esse trabalho a meus pais Francisco e Natcha, que nunca mediram esforços a fim de facilitar minha busca pelo conhecimento. A minha esposa Isabella e nossa filhinha Maria Luiza que está chegando. A minhas irmãs e a Elza que, durante a construção desse estudo, foi uma das principais incentivadoras.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ser minha principal base de sustentação. Aos meus orientadores: Prof. Dr. Antônio César Cabral e Prof. Dr. Amandio A. Rihan Geraldes, pela paciência e auxílio durante todas as etapas de construção do estudo. Ao amigo Jean Toscano pela grande colaboração. A professora Marineide que me ajudou em parte das correções ortográficas de minha dissertação, com bastante carinho. A todos os professores do Núcleo de pós-graduação em Medicina da UFS, que direta ou indiretamente auxiliaram em minha infinita busca pelo conhecimento científico que com certeza são responsáveis pelo desenvolvimento da minha maturidade acadêmica durante esses dois anos de curso. Aos treinadores das equipes que, cederam seus atletas para participarem do estudo e, especialmente, a estes que de forma voluntária aceitaram participar desta pesquisa.

# COMPARAÇÃO DA DENSIDADE MINERAL ÓSSEA DE ATLETAS DO SEXO MASCULINO PRATICANTES DE DIFERENTES MODALIDADES ESPORTIVAS

## RESUMO

O objetivo desse estudo foi verificar e comparar a Densidade Mineral Óssea (DMO): total e regional (pernas, coluna, pelve e braços) de atletas de quatro modalidades esportivas: voleibol (AV), futebol de campo (AF), natação (AN) e ciclismo (AC) e, um grupo controle (GC). A amostra deste estudo foi selecionada convenientemente, foi composta por 51 sujeitos: 10 AF, (21,28±4,43 anos, 74,75±6,63 Kg e 1,78±0,06 m), 11 AV (20,10±1,34 anos, 81,27±8,89 Kg e 1,86±0,07 m), 10 AN (22,2±3,92 anos; 73,61±16,55 Kg; 1,76±0,08 m), 10 AC (29,06±1,45 anos; 71,00±11,31 Kg; 1,71±0,08 m) e 10 sujeitos que formaram o GC (24,59±2,75 anos; 72,85±10,52 Kg; 1,73±0,05 m). As DMO, total e regional, foram medidas e a comparação de cada uma, entre os grupos, foi feita utilizando a ANOVA e teste *post hoc* LSD além da ANCOVA para diminuir os efeitos das variáveis intervenientes, com o nível de significância de  $p < 0,05$ . O valor médio para a DMO total dos AF foi de 1,31±0,09, a DMO das pernas desse mesmo grupo foi de 1,55±0,09, a DMO dos braços apresentou resultado médio de 0,92±0,10, a DMO da coluna 1,21±0,13 e a DMO da pelve 1,47±0,12; para os AV, os resultados da DMO total, DMO das pernas, DMO dos braços, da coluna e da pelve foram, respectivamente 1,35±0,08, 1,58±0,11, 1,00±0,07, 1,25±0,14, 1,45±0,21; para os AN os resultados médios para as DMO total, DMO das pernas, DMO dos braços, DMO da coluna e da pelve, foram respectivamente 1,21±0,05, 1,32±0,11, 0,93±0,07, 1,12±0,13 e 1,25±0,11; para os AC as DMO total, das pernas, dos braços da coluna e da pelve foram, respectivamente 1,26±0,15, 1,43±0,22, 1,11±0,38, 1,13±0,11 e 1,27±0,19; para o GC os resultados médios das mesmas DMO foram, respectivamente 1,29±0,09, 1,47±0,14, 1,00±0,10, 1,17±0,13 e 1,30±0,17. A DMO das pernas dos AV e dos AF foi superior que a dos AN, os AV ainda apresentaram superioridade dessa mesma DMO que a dos AC. Essa mesma DMO nos AN foi menor que a do GC. Dessa forma, pode-se concluir que AV e AF podem apresentar, ao menos no que diz respeito à DMO dos membros inferiores, maior resposta osteogênica e possível proteção contra as perdas ósseas em idades avançadas, enquanto que atletas de modalidades esportivas com menor participação da força gravitacional ou impacto, particularmente atletas de natação podem não experimentar estresses significativos para promoção de respostas osteogênicas.

Palavras-chave: osteogênese, saúde óssea, resposta osteogênica, exercício físico.

# COMPARISON OF BONE MINERAL DENSITY OF MALE ATHLETES AND PRACTITIONERS OF DIFFERENTS SPORTS ACTIVITIES

## ABSTRACT

The aim of this study was to assess and compare the bone mineral density (BMD): total and regional (legs, spine, pelvis and arms) of athletes from four sports: volleyball (VA), soccer (SA), swimming (SA) and cycling (CA) and a control group (CG). The sample was selected conveniently, was composed by 51 subjects: 10 SA ( $21,28 \pm 4,43$  years,  $74,75 \pm 6,63$  kg and  $1,78 \pm 0,06$  m), 11 VA ( $20,10 \pm 1,34$  years,  $81,27 \pm 8,89$  kg and  $1,86 \pm 0,07$  m), 10 SA ( $22,2 \pm 3,92$  years,  $73,61 \pm 16,55$  kg;  $1,76 \pm 0,08$  m), 10 CA ( $29,06 \pm 1,45$  years,  $71,00 \pm 11,31$  kg,  $1,71 \pm 0,08$  m) and 10 subjects who formed the CG ( $24,59 \pm 2,75$  years,  $72,85 \pm 10,52$  kg,  $1,73 \pm 0,05$  m). The BMD, total and regional levels were measured and compared using ANOVA and post hoc LSD beyond the ANCOVA to lessen the effects of intervening variables, with the level of  $p < 0,05$ . Mean value for BMD total of SA was  $1,31 \pm 0,09$ , BMD of the legs of that group was  $1,55 \pm 0,09$ , BMD of the arms had mean score of  $0,92 \pm 0,10$ , BMD of the spine and BMD of the pelvis was  $1,21 \pm 0,13$  and  $1,47 \pm 0,12$ , for VA, the results of BMD total, BMD leg, BMD of the arms, spine and pelvis were respectively  $1,35 \pm 0,08$ ,  $1,58 \pm 0,11$ ,  $1,00 \pm 0,07$ ,  $1,25 \pm 0,14$ ,  $1,45 \pm 0,21$  for SA the average results for the BMD total BMD of the legs, BMD arms, BMD of the spine and pelvis, were respectively  $1,21 \pm 0,05$ ,  $1,32 \pm 0,11$ ,  $0,93 \pm 0,07$ ,  $1,12 \pm 0,13$  and  $1,25 \pm 0,11$ , for CA the BMD total, legs, arms, spine and pelvis were respectively  $1,26 \pm 0,15$ ,  $1,43 \pm 0,22$ ,  $1,11 \pm 0,38$ ,  $1,13 \pm 0,11$  and  $1,27 \pm 0,19$  for control group, the average performance of the same BMD were respectively  $1,29 \pm 0,09$ ,  $1,47 \pm 0,14$ ,  $1,00 \pm 0,10$ ,  $1,17 \pm 0,13$  and  $1,30 \pm 0,17$ . The BMD of the legs of VA and SA was greater than that of SA, the VA also showed superiority of this BMD than the CA. This same BMD in SA was lower than the CG. Thus, it can be concluded that VA and SA can present, at least with respect to the BMD of the lower limbs, the greater osteogenic response and possible protection against bone loss in old age, while athletes in sports with less participation of gravitational force or impact, particularly swimmers may not experience significant stress to promote osteogenic responses.

Keywords: osteogenesis, bone health, osteogenic response, physical exercise.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Visão esquemática de um osso longo	21
Figura 2. Osso trabecular e osso cortical	22
Figura 3. Características físicas dos grupos estudados	41
Figura 4. Características antropométricas dos grupos estudados	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Proteínas não colagênicas no osso e suas funções	23
Tabela 2. Características físicas e histórico esportivo dos grupos estudados	42
Tabela 3. Matriz correlacional	43
Tabela 4. Resultados descritivos das DMO total e regionais dos grupos analisados	44

## LISTA DE SIGLAS

<b>DMO –</b>	Densidade Mineral Óssea
<b>WHO –</b>	World Health Organization
<b>PMO –</b>	Pico de Massa Óssea
<b>CMO –</b>	Conteúdo Mineral Ósseo
<b>OMS –</b>	Organização Mundial de Saúde
<b>DXA -</b>	Absortometria Radiológica de Dupla Energia
<b>MOCT –</b>	Mineral Ósseo Corporal Total
<b>DMOT –</b>	Densidade Mineral Óssea Total
<b>MMsO –</b>	Massa de Tecido Magro sem Osso
<b>MG –</b>	Massa Magra
<b>MTM –</b>	Massa de Tecido mole
<b>MLG -</b>	Massa Livre de Gordura
<b>ACSM –</b>	Colégio americano de medicina do esporte
<b>IMC –</b>	Índice de Massa Corporal
<b>CNS –</b>	Conselho Nacional de Saúde
<b>TCLE –</b>	Termo de Consentimento livre e Esclarecido
<b>ANOVA –</b>	Análise de variância
<b>ANCOVA –</b>	Análise de co-variância

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>12</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>18</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>18</b>
2.1 A Densidade Mineral Óssea .....	<b>18</b>
2.2 Considerações anatômicas e fisiológicas do tecido ósseo .....	<b>20</b>
2.2.1 Composição do tecido ósseo .....	<b>22</b>
2.3 Fatores que afetam a saúde óssea .....	<b>25</b>
2.3.1 Idade, sexo e raça .....	<b>26</b>
2.3.2 A Massa corporal .....	<b>28</b>
2.3.3 Hormônios e dieta .....	<b>29</b>
2.3.4 Prática de Atividade física .....	<b>29</b>
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>35</b>
<b>3. OBJETIVOS DO ESTUDO</b> .....	<b>35</b>
3.1 Objetivo geral .....	<b>35</b>
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>36</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>36</b>
4.1 Tipo de estudo .....	<b>36</b>
4.2 População/Amostragem .....	<b>36</b>
4.2.1 Critérios de inclusão .....	<b>36</b>
4.2.2 Critérios de exclusão .....	<b>37</b>
4.3 Dados Coletados .....	<b>37</b>
4.4 Instrumentos .....	<b>38</b>
4.5 Procedimentos para coleta de dados .....	<b>38</b>
4.6 Massa corporal e estatura .....	<b>39</b>
4.7 Absortometria radiológica de raio X de dupla energia (DXA) .....	<b>39</b>
4.8 Análise estatística .....	<b>40</b>
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>41</b>
<b>5. RESULTADOS</b> .....	<b>41</b>
5.1 Características Físicas e características do treinamento dos Sujeitos .....	<b>41</b>
5.2 Características descritivas e comparação da DMO total e regional .....	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	<b>46</b>
<b>6. DISCUSSÃO</b> .....	<b>46</b>
<b>CAPÍTULO VII</b> .....	<b>52</b>
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>53</b>
APÊNDICE A - Questionário de dados gerais e histórico de atividade física .....	<b>61</b>
APÊNDICE B - Termo de consentimento livre e esclarecido .....	<b>64</b>

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUÇÃO

A densidade mineral óssea (DMO), entendida como a quantificação da massa óssea expressa em g/cm<sup>2</sup>, é o resultado de um processo dinâmico de sua formação e reabsorção, capaz de explicar 70 a 85% da variação na força do osso (HANNAN, 2000; PEER, 2004; STEWART).

Devido às suas relações com a osteopenia e osteoporose, e consequentemente, com a fragilidade óssea e o aumento dos riscos de fraturas, as possíveis alterações na DMO despertam grande atenção, desde que a presença de elevados valores de DMO, que ocorre, naturalmente, até o início da idade adulta, pode ser considerada fator de proteção contra a osteopenia/osteoporose (GREENE *et al.*, 2005; HANSEN *et al.*, 1991).

A *World Health Organization* (WHO, 2003) reporta que, enquanto em 1990 ocorreram cerca de 1,7 milhão de fraturas de quadril em todo o mundo, em 2025, esse número poderá chegar a três milhões. Apesar da doença afetar com maior predominância a população do sexo feminino, particularmente após a menopausa, tem-se visto um aumento na preocupação também com a perda da DMO na população do sexo masculino (CAMPION; MARICIC, 2003).

De acordo com Mudd, Fornetti e Pivarnik (2007), nos Estados Unidos estima-se que a osteoporose acometa cerca de 44 milhões de indivíduos adultos, e, desses, 20% são homens. Esses autores afirmam que em média 30% das fraturas de quadril - relacionadas a osteoporose - acometem sujeitos do sexo masculino, dos quais 31% chegam ao óbito, enquanto somente 17% das mulheres morrem por conta das fraturas de quadril.

A osteoporose representa um sério problema de saúde em vários países. A literatura científica sugere que existe uma maior prevalência de osteoporose em mulheres, assim, os dados sobre a prevalência da doença em homens podem não refletir a realidade. ROCHIDA *et al.*, (2006) explicam que isso ocorre pelo fato da patologia, nesse sexo, ser pouco investigada (ROCHIRA *et al.*, 2006). Por outro lado, conforme Kelley, Kelley e Tran

(2000), há evidências que as taxas de osteoporose em homens vêm aumentando significativamente.

Vários fatores podem interferir na DMO, podendo ser classificados em externos: hábitos de vida, como dieta e exercícios físicos; e internos: hormônios, idade, hereditariedade, distúrbios no ciclo menstrual, dentre outros. Quanto aos externos, são numerosas as evidências entre a prática de diferentes tipos de exercícios físicos e a DMO, em que um estilo de vida fisicamente ativo tem sido considerado um fator de prevenção primária importante para a aquisição e manutenção de uma boa saúde óssea (BURROWS *et al.*, 2003; FREDERICSON *et al.*, 2007; NAGATA *et al.*, 2002; TORSTVEIT; SUNDGOT-BORGEN, 2005).

As alterações observadas nos ossos - em decorrência das cargas ou estresses mecânicos, de forma particular aqueles provocados pela prática de exercícios físicos - são explicadas pela Lei de *Wolff*. De acordo com esta lei, o osso responde de forma dinâmica à presença ou ausência de diferentes forças, mudando seu tamanho, formato e densidade (HALL, 2003). Stewart e Hannan (2000) reportam que os aumentos na massa óssea em resposta as cargas externas, ocorrem, com maior expressão, entre o final da adolescência e o início da idade adulta, quando acontece a aquisição do pico de massa óssea (PMO) – definido como a massa óssea máxima adquirida no decorrer da vida – (STEWART; HANNAN, 2000).

O PMO associa-se ao grau de perda óssea pelo avanço da idade - de forma geral - os sujeitos que alcançam maiores picos apresentarão menores riscos para o desenvolvimento da osteopenia e/ou osteoporose (NICHOLS *et al.*, 2007). Maiores PMO podem ser alcançados quando forças externas maiores são aplicadas aos ossos, particularmente no período da adolescência e no início da idade adulta, não obstante, a monitoração da DMO tem recebido bastante atenção, uma vez que seu déficit, nessa fase, associa-se com um risco aumentado de fraturas e osteoporose em idades avançadas (GORDON *et al.*, 2007). Devido ao exposto, sugere-se que a prática de exercícios físicos, principalmente durante a fase de aquisição do PMO, pode prevenir o surgimento da osteopenia e/ou osteoporose durante o envelhecimento (VALIMAKI, *et al.*, 1994 ).

Como as perdas da massa óssea, as fraturas decorrentes da osteoporose são mais prevalentes em regiões específicas do corpo, por exemplo: corpos vertebrais, colo do fêmur e parte distal do rádio (HALL, 2003). Vários estudos (CALBET *et al.*, 1998; CALBET; HERRERA; RODRÍGUEZ, 1999; MENKES *et al.*, 1993; UZUNCA *et al.*, 2005), indicam que a mineralização e a resistência dos ossos relacionam-se com as cargas suportadas pelo esqueleto, assim, as respostas do tecido ósseo às cargas mecânicas, são localizadas e específicas. Logo, verifica-se que há um aumento na deposição de minerais nas áreas que recebem um maior estresse.

Assim, a prática de exercício físico tem sido proposta como uma importante variável independente, para a manutenção e/ou aumento da DMO nas regiões ósseas que apresentam maior prevalência de fraturas por fragilidade. Reforçando esta hipótese, Jones *et al.*, (1977) ao estudarem um grupo de tenistas do sexo masculino, enfatizam a hipótese de que a prática do esporte produz aumentos significativos na DMO do braço dominante, quando comparado com o membro contralateral.

Uzunca *et al.*, (2005) ressaltam que homens praticantes de futebol de campo, possuem maiores DMO nas regiões da coluna vertebral, calcâneo, tíbia e no trocânter do fêmur, entretanto não apresentam maiores DMO na região do punho, quando comparados com indivíduos sedentários.

Alguns autores defendem que o envolvimento em exercícios físicos que contém diversas cargas mecânicas pode produzir a elevação da massa óssea, principalmente os que geram maiores forças tensionais e compressivas (NAGATA *et al.*, 2002; RYAN *et al.*, 1994). Ryan *et al.* (1994), utilizando como amostra 21 homens com idades entre 51 e 71 anos, demonstraram que a prática de 16 semanas de um programa de treinamento contra resistência (TCR) foi capaz de produzir aumento de cerca de 3% na DMO do fêmur.

Nessa perspectiva, Torstveit e Sundgot-Borgen (2005) reportam que atletas de várias modalidades esportivas, como: voleibol, futebol, basquetebol, natação, ciclismo, dentre outras, apresentam maiores DMO, quando comparados com os sujeitos sedentários de mesma faixa etária.

Utilizando uma amostra composta por 186 atletas do sexo feminino, com média de idade de 22,2 ( $\pm 5,58$ ) anos, os autores afirmam que atletas de elite, dependendo do esporte praticado, podem apresentar 3% a 20% mais DMO total e regional, quando comparadas a indivíduos não atletas.

Ainda nessa linha, em estudo realizado com 300 atletas do sexo feminino, Torstveit e Sundgot-Borgen (2005) dizem que as praticantes de esportes que fornecem elevados níveis de impacto (futebol, voleibol, basquetebol) experimentam os maiores estímulos osteogênicos, quando comparadas com as praticantes de esportes de médio ou baixo impacto (natação, boliche, ciclismo). Nichols, Palmer e Levy (2003), com amostra de homens ciclistas de alto nível, demonstraram que estes possuíam menor DMO total, da coluna e do quadril, quando comparados com os não atletas, o que sugere que atletas de ciclismo possam ter um risco mais elevado para o desenvolvimento de osteoporose que indivíduos sedentários.

Em estudo recente, Mudd, Fornetti e Pivarnik (2007) compararam a DMO regional de 99 mulheres (20,2  $\pm 1,3$  anos), atletas de diferentes modalidades esportivas, e verificaram que as especialistas em natação, quando comparadas com as atletas de outras modalidades esportivas como o futebol, apresentaram resultados menores tanto para a DMO total como para a DMO regional. Esses resultados sustentam que os esportes - que exigem menor ação da força da gravidade - podem não gerar magnitude suficiente para estimular aumentos na DMO.

De fato, tem-se sugerido que o impacto e/ou a intensidade são as principais variáveis metodológicas do exercício físico para induzir aumentos da massa óssea (KARLSSON *et al.*, 2001). Praticantes de modalidades esportivas que têm longas durações, por exemplo, poderiam não se beneficiar com aumentos significantes da DMO, porém, tal associação ainda não está claramente determinada. Na tentativa de sustentar tais declarações, Burrows *et al.*, (2003), em um estudo realizado com 52 mulheres corredoras de longa distância com 18 a 44 anos de idade (31 $\pm$ 5 anos) e que treinavam em média oito horas semanais, sugerem haver uma relação inversa entre a distância da corrida e a DMO do fêmur e da coluna

vertebral, fato que pode ser explicado pela relação inversamente proporcional entre volume e intensidade de treinamento (KOMI, 1992).

Para Maïmoun *et al.*(2003), outros fatores podem ser determinantes para a estimulação da formação óssea, principalmente quando as concentrações hormonais se encontram dentro de uma variação fisiológica normal.

Embora exista um efeito fortalecedor ósseo em atividades físicas de maior carga, o treinamento intenso pode acarretar baixa produção de alguns hormônios anabólicos, como o hormônio do crescimento, portanto, seus efeitos negativos na saúde óssea axial devem ser levados em consideração. Além disso, o estabelecimento da extensão de superioridade da superioridade de uma ou outra modalidade esportiva na resposta osteogênica é difícil pelo fato da maioria dos estudos realizados para essa finalidade ter sido feito com mulheres (CALBET; HERRERA; RODRÍGUEZ, 1999). Mais além, a maior parte dos estudos usou atletas de modalidades esportivas com características diferentes em um mesmo grupo (ANDREOLI *et al.*, 2001; CREGHTON *et al.*, 2001; LIU *et al.*, 2003; MORRIS *et al.*, 2000).

Tsukahara *et al.* (1994) em um estudo longitudinal, realizado com mulheres japonesas, comprovaram que atividades aquáticas, entre elas a natação, podem ser benéficas para manutenção da DMO. Em estudo com animais, Melton *et al.* (2004) sugerem que um programa de exercícios aquáticos previne perdas na DMO no fêmur. Da mesma forma, Magkos *et al.*, (2007b) indicam que atletas de natação, particularmente aqueles que participam de competições de curta duração, têm respostas ósseas semelhantes a corredores. Na mesma direção, Kemper *et al.*, (2009) sugeriram que a natação produz respostas osteogênicas semelhantes aquelas observadas com a prática de treinamento resistido em mulheres idosas.

Embora a maioria das evidências aponte para uma superioridade das modalidades de maior impacto nas respostas osteogênicas, os dados expostos permitem observar que ainda não está claramente estabelecido qual tipo de exercício oferece maiores benefícios para a DMO, especialmente no que diz respeito à população do sexo masculino. Portanto,

partindo desses pressupostos, o presente estudo levanta o seguinte problema de pesquisa: há diferença estatisticamente significativa entre a DMO total e regional, em atletas de diferentes modalidades esportivas e de sujeitos não praticantes de exercícios físicos?

## CAPÍTULO II

### 2. REVISÃO DE LITERATURA

#### 2.1. A Densidade Mineral Óssea

A DMO, obtida através da razão entre o Conteúdo Mineral Ósseo (CMO), em gramas, e a área total do local ósseo, mensurado em centímetros quadrados (cm<sup>2</sup>), é considerada a medida padrão utilizada para representar a força óssea (PEER, 2004).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS, 1994), a medida da DMO é considerada o “padrão-ouro” para a verificação da osteoporose, visto que, é a maior responsável pela força óssea (cerca de 70%). Sendo assim, a medida da DMO, realizada com o objetivo de monitorar a saúde óssea, seja individualmente ou populacionalmente, é de grande interesse e importância para os profissionais de saúde e para as políticas públicas, desde que, permite monitorar alterações na massa óssea que, no futuro, possam vir a resultar em graves problemas de saúde, com importante impacto econômico e social (SILVA *et al.*, 2006).

O avanço tecnológico tem sido o principal responsável pelo desenvolvimento de testes utilizados para o diagnóstico da DMO (PEER, 2004). Dentre os diversos testes laboratoriais disponíveis para a avaliação da DMO, destacam-se: os marcadores bioquímicos, o ultrassom quantitativo, a tomografia computadorizada quantitativa e a absorptometria radiológica de dupla energia (DXA), sendo o último o mais difundido e amplamente utilizado desde a sua criação em 1987 (PEER, 2004; SILVA, 2007).

Os testes supracitados possuem um alto grau de sofisticação e confiabilidade para alcançar seus objetivos e, apesar de terem sido inicialmente propostos para serem utilizados em mulheres idosas, para identificação da presença ou ausência de osteoporose, atualmente vêm sendo utilizados em populações de diferentes escalões etários e sexo, com o objetivo de diagnóstico da saúde óssea (WHO, 2003).

Segundo o Instituto Nacional de Saúde dos Estados Unidos (NIH, 2006) o DXA, para além de ser o teste mais amplamente utilizado, também é o que apresenta maior validade para a medida da composição corporal e, particularmente, para a DMO. Essa é a técnica que permite as melhores estimativas e resultados mais precisos entre os testes de verificação da DMO (GOING *et al.*, 1993; WILLIAMS *et al.*, 2006). Atualmente essa técnica tem sido utilizada também para estimativa da quantidade de gordura e músculos (LEKAMWASAM *et al.* 2009; ROCHE; HEYMSFIELD; LOHMAN, 1996; TOTHIL *et al.*, 1999 ).

Embora, na literatura nacional e na internacional, encontrem-se diferentes siglas para representar o termo *dual energy X-ray absorptiometry* (absortometria radiológica de dupla energia): DXA, DEXA, DRA, QDR, DER e DEPR, com o objetivo de uniformização, Roche, Heymsfield e Lohman (1996) recomendam a utilização da sigla DXA.

Segundo os autores, a DXA permite estimar os seguintes componentes da composição corporal: mineral ósseo corporal total (MOCT), densidade mineral óssea total (DMOT), massa de tecido magro sem osso (MMsO), massa gorda (MG), massa de tecido mole (MMsO+MG) e massa livre de gordura (MMsO+MOCT). Dessa forma, devido à relevância para a saúde, além da possibilidade de identificar possíveis desordens alimentares, metabólicas, endócrinas entre outras, a DXA, como um teste com alto grau de confiabilidade na avaliação da composição corporal, assume importante papel (GOING *et al.*, 1993). Além disso, demonstra-se que esse procedimento apresenta uma boa precisão (CALBET *et al.*, 1998; CREIGHTON *et al.*, 2001; DAWSON-HUGHES, 1991; FULLER *et al.*, 1992; HAARBO *et al.*, 1991; HANSEN *et al.*, 1993; MAZESS *et al.*, 1990; MOREL *et al.*, 2001; MUDD *et al.*, 2007; TAAFE *et al.*, 1997; TORSTVEIT; SUNDGOT-BORGEN, 2005; UZUNCA *et al.*, 2005;).

Atualmente, estão disponíveis três equipamentos de DXA: QDR (*Hologic, Waltham, MA*), DPX (*Lunar Radiation, Madison, WI*) e o XR (*Norland, Fort Atkison, WI*), sendo que cada um destes modelos, se baseia em uma diferente configuração de hardware e, principalmente, de software

(PACCINI; GLANER, 2008). Entretanto, os procedimentos de medida da densidade mineral óssea dos três modelos de DXA são semelhantes.

Paccini e Glaner (2008) afirmam que o conceito norteador da DXA é de que a atenuação do *photon in vivo* é uma função da composição de cada tecido, assumindo que o corpo consiste de três componentes (gordura, osso tecido livre de gordura), distinguíveis por suas propriedades de atenuação do raio-X, ou seja, a DXA permite a estimação da composição corporal a partir de medidas da atenuação do raio-X. Segundo Laskey e Phil (1996) os equipamentos de DXA possuem uma fonte que produz feixes de raios-x em duas energias, que são atenuados pelos diferentes componentes da composição corporal do avaliado.

A aplicabilidade geral da DXA, em indivíduos de todas as idades, deve-se ao fato de não ser uma técnica invasiva, pela sua velocidade de aplicação, baixo custo e inocuidade, ou seja, baixa exposição à radiação, além de possibilitar a verificação de três componentes da composição corporal (GORDON *et al.*, 2008; LOHMAN, 1996; ROCHE; HEYMSFIELD; LOHMAN, 1996). Apesar disso, os mesmos autores afirmam que, o teste não é recomendado para mulheres grávidas, devido a existência de alguma quantidade de radiação (mesmo que mínima).

Segundo Horber *et al.* (1992), a estimativa do conteúdo mineral ósseo através da realização da DXA não possui interferência da ingestão alimentar e/ou de fluidos. Entretanto, existem algumas restrições para a realização do teste. Por exemplo, Roche, Heymsfield e Lohman (1996) recomendam que sujeitos muito “grandes”, não devem ser medidos precisamente; a depender do equipamento utilizado, indivíduos com mais de 1,93 metros, ou mais largos que a área do *scan* teriam suas medidas prejudicadas, devido ao fato de alguma área corporal ficar fora do alcance do *scanner*.

## **2.2. Considerações anatômicas e fisiológicas do tecido ósseo**

O osso, um tecido multifuncional, assim como os músculos, demonstra uma alta plasticidade e é o único tecido corporal que tem como responsabilidade principal sustentar cargas que são impostas a ele (KAHN

*et al.*, 2001). Além disso, esse tecido é capaz de se adaptar as demandas a ele impostas (CALBET *et al.*, 1998).

Do ponto de vista macroscópico, o esqueleto pode ser dividido em axial - constituído pelas vértebras, pelve e outros ossos planos como o crânio e a escápula - e apendicular, que compreende todos os ossos longos (HALL, 2003). Os ossos longos consistem de amplas extremidades chamadas de epífises, uma haste essencialmente cilíndrica conhecida por diáfise e uma zona entre elas denominada de metáfise onde ocorre a remodelação óssea durante as fases de crescimento e desenvolvimento (Figura 1).

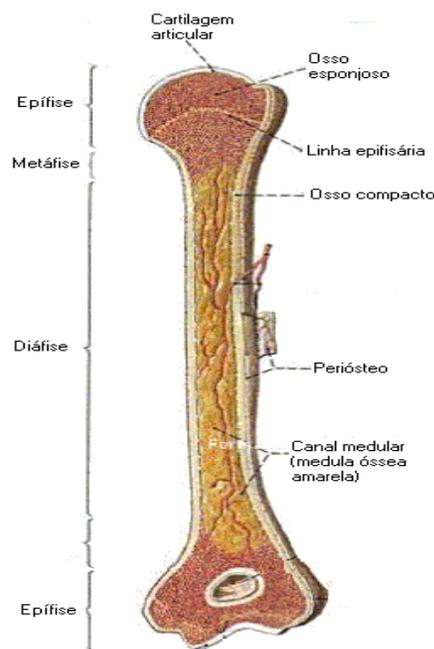


Figura 1 – Visão esquemática de um osso longo  
FONTE: Modificado de Hall. Biomecânica básica. Guanabara Koogan, 2003.

Os ossos também podem ser descritos microscopicamente, para tal, Hall (2003) observa que os ossos dividem-se em: osso cortical ou compacto e osso trabecular ou esponjoso (Figura 2). Enquanto o osso cortical tem como função primária fornecer estrutura e proteção aos diversos órgãos e tecidos corporais, o osso trabecular possui uma função metabólica ativa,

resultado de seu contato com a medula óssea, vasos sanguíneos e tecido conjuntivo (PEER, 2004).

Uma vez que o osso trabecular é mais ativo metabolicamente, as regiões do esqueleto com maiores quantidades desse tipo de osso, como as vértebras, por exemplo, são mais responsivas ao estresse gerado pela prática de exercícios físicos (CADORE; BRENTANO; KRUEL, 2005). Entretanto, de acordo com os mesmos autores, embora apresente menor responsividade ao exercício, os ossos corticais também aumentam sua DMO em resposta aos estresses mecânicos.

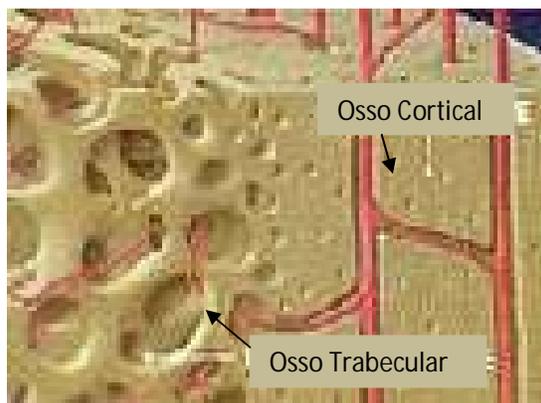


Figura 2 – Aparência microscópica do tecido ósseo  
FONTE: Modificado de Hall (2003)

### 2.2.1. Composição do tecido ósseo

O tecido ósseo é composto principalmente de três componentes: um componente orgânico (cerca de 25% do seu peso), um componente inorgânico (70% do seu peso) e água (5% do seu peso), sendo a porção orgânica composta principalmente por colágenos do tipo I, contendo também proteínas não colagênicas e pequenas porções de células ósseas (osteoclastos, osteoblastos e osteócitos) que têm grande relevância biológica (HALL, 2003; KHAN *et al.*, 2001) .

A matriz orgânica do osso determina a estrutura e as propriedades mecânicas e biomecânicas (HALL, 2003). Cerca de 98% da matriz orgânica óssea é composta por colágeno do tipo I e proteínas não colagênicas,

enquanto que os 2% remanescentes são de células ósseas. O colágeno é uma proteína contendo três cadeias polipeptídicas de aproximadamente 1000 aminoácidos cada, que possui uma tripla hélice formada por duas cadeias alfa1 idênticas e uma cadeia alfa2, unidas por pontes de hidrogênio (KHAN *et al.*, 2001). Cada molécula é alinhada com a próxima de forma paralela para formar uma fibrila de colágeno que são agrupadas para formar uma fibra de colágeno, e pequenas fendas intra e inter moléculas colagênicas possibilitam a atividade biológica. Em menores proporções, mas não menos importantes na atividade biológica do tecido ósseo estão às proteínas não colagênicas. Segundo Khan *et al.*, (2001) existem diversos tipos e funções desse tipo de proteína (TABELA 1).

Tabela 1 – PROTEÍNAS NÃO COLAGÊNICAS NO OSSO E SUAS FUNÇÕES

Proteínas não colagênicas	Aspectos notáveis
Osteocalcina	Cerca de 10 a 20% das proteínas não colagênicas no osso e está intimamente associada com a fase mineral. Atrai osteoclastos para os locais de reabsorção óssea. A osteocalcina sérica serve como um marcador biológico de formação óssea.
Osteonectina	Secretada pelos osteoblastos. Está envolvida na regulação da concentração de cálcio e aumenta a fixação de células de reabsorção óssea ao osso.
Integrinas	Uma família das proteínas de matriz óssea que inclui a osteopontina, sialoproteína óssea, trombospondina, e fibronectina. Nos osteoblastos, osteoclastos e fibroblastos, fornecem uma ancora para essas células na matriz extra celular.
Fatores de crescimento e citocinas	Incluem o fator de transformação de crescimento-beta (TGF-beta), fatores de crescimento semelhante a insulina (IGFs), proteínas morfogênicas ósseas. Regula a diferenciação, ativação, crescimento e síntese da célula óssea. Pode desempenhar um papel no controle da mineralização da matriz óssea.
Outras	Incluem as sialoproteínas fosforiladas, pequenos proteoglicanos e glicoproteínas.

FONTE: Adaptado de KHAN *et al.* Physical activity and bone health. Champaign: Human Kinetics. 2001.

O componente inorgânico é composto principalmente de cristais de cálcio e fosfato. Com relação aos materiais constituintes, o carbonato e o fosfato de cálcio, o colágeno e a água destacam-se como principais formadores de tecido ósseo. São eles que proporcionam aos ossos suas

características peculiares. O fosfato de cálcio e o carbonato de cálcio, por exemplo, são os principais responsáveis pela resistência compressiva dos ossos, conferindo aos mesmos uma maior rigidez. Por outro lado, o colágeno é o principal responsável pela resistência elástica dos ossos, permitindo-os certa flexibilidade (HALL, 2003).

Quanto aos tipos de células ósseas, observam-se: os osteoblastos, osteoclastos e osteócitos. Os osteoblastos, derivados das células osteoprogenitoras da medula óssea e localizado na superfície das trabéculas, nos canais de Havers e no periósteo, tem como função fundamental a síntese de matriz óssea não mineralizada (OCARINO; SERAKIDES, 2006). Mais além, os osteócitos - osteoblastos envolvidos pela matriz óssea à medida que a sintetiza - apresentam como função, a manutenção da viabilidade óssea e a reabsorção da matriz e minerais do osso através da osteólise osteocítica, mecanismo essencial para manter os níveis de cálcio extracelulares. Essas células servem como uma rede de comunicação, pois possuem projeções inter canaliculares, conhecidas como junções *gap* que proporcionam tal comunicação (TATE *et al.*, 2004). Enquanto isso, os osteoclastos, células multinucleadas, têm como principal função, quando ativado, promover a reabsorção óssea por osteoclasia (BOYLE; SIMONET; LACEY, 2003).

São os osteoclastos que respondem, aumentando ou diminuindo suas funções, aos estímulos extrínsecos dados ao sistema esquelético. Durante o repouso absoluto há a predominância da ação dos osteoclastos, enquanto que durante a prática de exercícios físicos com magnitudes de carga suficiente, há a predominância da ação dos osteoblastos (HALL, 2003).

Pesquisas clássicas e recentes sustentam a afirmação supracitada, entretanto, tem-se observado resultados conflitantes quanto às respostas osteogênicas à prática de diferentes tipos de exercício/atividade física (ANDREOLI *et al.*, 2001; BELLEW; GEHRIG, 2006; TAAFE *et al.*, 1995; TAAFE *et al.*, 1997)

De uma forma geral, os ossos possuem as seguintes funções no corpo: fornecer base de sustentação, proteção a outros órgãos e tecidos e formar um sistema de alavancas que pode ser movimentado através da

força aplicada pelos músculos nas suas inserções (HALL, 2003). Assim, a manutenção do tecido ósseo e de seus minerais é importante para conservação de uma boa saúde e qualidade de vida. Nesse sentido, tem-se dado atenção para aqueles que seriam os principais responsáveis, intrínseca e extrinsecamente, pelo aumento ou manutenção do tecido ósseo (o cálcio, o hormônio paratireóideo, a vitamina D, os estresses mecânicos). Peer (2004) destaca que todo osso necessita de estresse para adquirir uma estrutura geométrica e arquitetural apropriada. O primeiro a observar que o esqueleto vivo se adapta as cargas mecânicas impostas a ele otimizando sua estrutura e aumentando ou diminuindo a atividade das células osteoblásticas e osteoclásticas foi o anatomista alemão Julius Wolff que deu seu nome a essa resposta óssea as cargas mecânicas - lei de Wolff - (NEVILL; HOLDER; STEWART, 2004). Entretanto, o que tem sido observado é que os estresses advindos da prática de exercícios físicos tanto podem ser benéficos como maléficos para integridade do tecido ósseo.

Embora a prescrição de exercícios/atividades físicas envolva diferentes variáveis metodológicas (GERALDES, 2003), o volume e a intensidade são as que têm recebido maior atenção quando se trata de respostas osteogênicas (CADORE; BRENTANO; KRUEL, 2005).

Vários estudos têm se preocupado em identificar qual o volume e/ou intensidade ideal para proporcionar maiores picos de massa óssea. Entretanto os resultados encontrados ainda não são conclusivos e apresentam conflitos.

### **2.3 Fatores que afetam a saúde óssea**

Alguns indivíduos podem apresentar um ganho inadequado ou uma perda exagerada da DMO, situações que aumentam a suscetibilidade à fraturas, podendo acarretar em sérios problemas de saúde pública e nos setores econômico e social. Segundo ZETHRAEUS *et al.* (2007), 1 a 2% dos custos totais para a saúde nos Estados Unidos, são destinados ao tratamento de fraturas osteoporóticas. De fato, estima-se que os gastos para o tratamento de fraturas osteoporóticas que foram de 7 bilhões de dólares

em 1986 chegue a 62 bilhões de dólares em 2020 (CUMMINGS; RUBIN; BLACK, 1990).

Consequentemente, o acompanhamento da saúde óssea e a utilização de medidas profiláticas que possam manter ou aumentar os níveis de massa óssea, tem se tornado um tema de grande interesse e relevância nos últimos anos. Para uma adequação da DMO favorável, alguns fatores inter-relacionados devem ser levados em consideração, a saber: a idade, o sexo, a raça, a massa corporal, os hormônios, a dieta e, em especial, a atividade/exercício físico (PEER, 2004). Serão comentadas posteriormente, todas essas variáveis dando-se ênfase nos efeitos dos exercícios físicos, particularmente das diferentes modalidades esportivas, na DMO.

### 2.3.1 Idade, sexo e raça

A idade é uma importante variável interveniente na saúde óssea. Vários resultados têm sido publicados, demonstrado a relação existente entre a idade e a DMO, com dois momentos distintos: o primeiro, até o final da adolescência onde o indivíduo alcançaria o pico da massa óssea, e o segundo do início da idade adulta até a idade mais avançada, onde se observa uma relação inversamente proporcional entre essas duas variáveis (PEER, 2004)

Durante a adolescência, o aumento de massa óssea, em função do estirão de crescimento e das maiores taxas de mineralização, é bastante extenso (SILVA *et al.*, 2006). Lloyd *et al.* (2000) afirmam que mulheres, durante a adolescência ganham cerca de 40 a 50% de massa óssea, aproximadamente 1000 g de DMO.

Alguns estudos apontam que o pico de massa óssea do quadril e da coluna, além da massa óssea total nas diversas regiões ósseas do corpo são alcançados, no período entre o fim da adolescência e início da idade adulta (BOOT *et al.*, 1997; TAAFE *et al.*, 1997). Morel *et al.*, (2001) explicam que o pico de massa óssea e a perda da DMO são importantes determinantes da osteoporose em idades avançadas.

Whiting *et al.*, (2004), citando o '*Saskatchewan Bone Mineral Accrual Study*', um estudo longitudinal realizado com o objetivo de identificar o período em que se observa o pico máximo do conteúdo mineral ósseo em indivíduos caucasianos de ambos os sexos, demonstram que o pico de massa óssea nas mulheres é alcançado aos 12,5 anos, enquanto que nos homens ele é alcançado aos 14 anos de idade.

De fato, devido a relação existente entre o pico de massa óssea e o surgimento de patologias ósseas no futuro, devem-se oferecer situações favoráveis para a aquisição de ganhos máximos em massa óssea até o final da adolescência (14 à 18 anos) e/ou início da idade adulta. O pico de massa óssea proporciona importante fator de proteção para o surgimento de osteopenia e/ou osteoporose em idades avançadas (MOREL *et al.*, 2001; SILVA *et al.*, 2004).

As informações quanto à perda óssea com o avanço da idade são conflitantes. Segundo o *American College of Sports Medicine* (ACSM, 2004) após o indivíduo atingir o pico de massa óssea, há uma manutenção desta até aproximadamente os 40 anos de idade e, a partir daí há perda de cerca de pelo menos 0,5% a cada ano, independente do sexo ou raça. Por outro lado, Wiggins e Wiggins (1997) declaram que após o pico da massa óssea ser alcançado, em algum período entre 18 e 25 anos, tanto homens quanto mulheres iniciam uma diminuição progressiva da DMO, equivalente a 0,3% a 0,5% ao ano. Tais informações permitem observar a importância em se monitorar a saúde óssea durante o avanço da idade, seja com o objetivo de se atingir um pico máximo de massa óssea, seja para evitar perdas indesejadas na mesma, devido associação com riscos aumentados de fraturas e/ou perdas ósseas que podem apresentar quadro patológico.

Perry III *et al.* (1996) afirmam que na população idosa, a perda óssea relacionada com a idade é o principal determinante de fraturas. Os autores reportam que cerca de 3% de todos os custos médicos são relacionados a fraturas osteoporóticas.

Observa-se que a osteoporose acomete um grande número de mulheres nos Estados Unidos, colocando a doença como um dos principais problemas de saúde pública do país (BELEW; GEHRIG, 2006). Segundo

Kelley, Kelley e Tran (2000), a preocupação com a osteoporose não se restringe só com as mulheres. Os autores afirmam que homens que vivem nos Estados Unidos da América, têm a osteoporose como um sério problema de saúde pública, afetando aproximadamente cinco milhões de indivíduos com 50 ou mais anos de idade. Das pessoas afetadas naquele país, 5% são de indivíduos brancos, asiáticos, hispânicos e indianos americanos com 50 a 79 anos, enquanto que 3,5% de indivíduos negros nessa mesma faixa etária. No Brasil, em estudo realizado com 277 homens negros e brancos demonstrou-se que, ao menos no colo do fêmur, os sujeitos das diferentes raças não apresentaram valores estatisticamente diferentes (JAIME *et al.*, 2006). Entretanto, os mesmos autores sugerem que os indivíduos de raça negra são menos afetados pelas perdas de massa óssea em decorrência do avanço da idade.

### 2.3.2. A Massa Corporal

A massa corporal tem sido observada como uma importante aliada para a manutenção da massa óssea, em conjunto com a ação da força gravitacional. Análises feitas com astronautas demonstram que um único vôo ao espaço promove, além de outras condições deletérias, uma importante diminuição e desmineralização óssea (RUCCI *et al.*, 2009). Elon (1996) cita os resultados de 1995 relatados pelo projeto denominado '*Study of Osteoporotic Fractures Research Group*' sobre os fatores de risco para a osteoporose, confirmando que mulheres pesadas possuiriam menor risco de ocorrência de fratura de quadril. Segundo Peer (2004) estudos apontam para uma associação positiva do peso corporal com a DMO. Em crianças e adultos, o peso corporal tem demonstrado ser o preditor primário da DMO (FAULKNER *et al.*, 1996; FLICKER *et al.*, 1995). Em estudo recente (COBAYASHI; LOPES; TADDEI, 2005), feito com 172 adolescentes de diferentes estados nutricionais (obesas, sobrepeso e eutróficas), foi revelado que aqueles com sobrepeso ou obesos tinham DMO maior quando comparados aos eutróficos. Entretanto, outros estudos indicam que a

precisão do peso corporal como preditor da DMO só existe em indivíduos idosos e não naqueles mais jovens (KHAN *et al.*, 2001).

Além disso, o fracionamento da composição corporal em seus componentes tem fornecido esclarecimentos importantes. Cadore, Brentano e Kruel (2005) reportam que a força muscular e a massa magra possuem influências na DMO independente dos níveis de aptidão física do indivíduo.

### 2.3.3 Hormônios e Dieta

Os hormônios sexuais assumem importante papel na homeostase óssea, uma vez que têm efeitos indiretos e diretos na DMO (PEER, 2004). Com o avanço da idade observa-se uma diminuição progressiva nos níveis séricos desses hormônios. Segundo Rochira *et al.*, (2006) as concentrações séricas de testosterona diminui lentamente com o avanço da idade, fato gerado por uma característica conhecida por hipogonadismo que é bastante freqüente em idosos. Stanley *et al.*, (1991) reportam que o risco de fraturas de quadril é aumentado em idosos que têm hipogonadismo e aqueles que apresentam baixos níveis de testosterona são os que apresentam maior prevalência de fraturas de quadril. Tem-se sugerido que os hormônios sexuais podem atuar no tecido ósseo via mecanismo endócrino, autócrino e parácrino, uma vez que tem sido sugerido nos últimos anos que os ossos são capazes de produzir esteróides sexuais (ROCHIRA *et al.*, 2006).

### 2.3.4 Prática de Atividade Física

Entre os fatores intervenientes da saúde óssea, a atividade física é o que produz maiores respostas osteogênicas e atualmente, é aceita como uma das principais variáveis não farmacológicas para a maximização da DMO em sujeitos jovens, seja para aumentar ou retardar sua perda durante o avanço da idade (PEER, 2004). As evidências atuais sugerem que as respostas do osso ao exercício são governadas pela carga aplicada e pela região específica exposta a tal carga, o que permite declarar que só os

ossos expostos a sobrecargas mecânicas e a força gravitacional, aumentariam sua massa e densidade estrutural (MAGKOS *et al.*, 2007a).

De fato, vários estudos têm demonstrado maiores níveis de DMO em atletas, quando comparados com sedentários de mesma faixa etária e etnia (WOLMAN, 1990), o que evidencia que a atividade física pode ser uma importante aliada na manutenção e/ou melhora da saúde óssea, sendo amplamente apropriada para o público em geral, por ser uma intervenção de baixo custo e por está disponível para todos, independente da classe social ou raça (KELLEY; KELLEY; TRAN, 2000; MOREL *et al.*, 2001; MUDD *et al.*, 2007; TAAFE *et al.*, 1997; TORSTVEIT; SUNDGOT-BORGEN, 2005; UZUNCA *et al.*, 2005; WOLMAN, 1990). Por outro lado, segundo Torstveit e Sundgot-Borgen (2005), a imobilização e a falta de carga imposta ao esqueleto produzem rápida perda óssea. Em um estudo realizado por Donaldson *et al.*, (1970) homens adultos, submetidos a repouso absoluto por período compreendido entre 30 e 36 semanas, apresentaram perdas equivalentes a 0,5% do cálcio corporal total por mês. Do mesmo modo, Krolner *et al.* (1983), em um estudo realizado com portadores de hérnia de disco, afirmaram haver perdas de até 0,9% do cálcio ósseo a cada semana quando os mesmos foram acamados durante quatro semanas. Apesar de tais demonstrações, Donaldson *et al.*, (1970) afirmam que o tecido ósseo perdido começa a ser recuperado logo que a deambulação se inicia.

Não obstante, algumas variáveis metodológicas que determinam a característica dos diferentes tipos de exercícios físicos têm recebido papel de destaque nos últimos anos, por serem protagonistas nas respostas com predominância de formação ou reabsorção óssea. As variáveis que têm recebido maior atenção são: o tipo de exercício realizado, o volume e a intensidade dos exercícios. Vários estudos apontam que exercícios realizados com volumes muito altos (ou seja, exercícios realizados sobre um longo período de tempo), particularmente volumes maiores que seis horas semanais, podem proporcionar desequilíbrio hormonal ocasionando perturbação no metabolismo ósseo e um equilíbrio negativo do cálcio (ZANKER; SWAINE, 2000; KARLSSON *et al.*, 2001). Segundo Kraemer e

Ratamess (2004), a relação entre o volume e a intensidade de treinamento é inversamente proporcional (KRAEMER; RATAMESS, 2004).

No estudo de Karlsson *et al.* (2001) foi observado, em homens atletas de futebol com idades entre 17 e 35 anos, que mesmo quando a duração do exercício foi superior a seis horas semanais, não houve respostas osteogênicas adicionais. Os autores sugerem que, com relação à duração do exercício, a quantidade suficiente de horas semanais de treinamento (e a que pode produzir maiores respostas ósseas) para a produção de alterações significantes no osso é de seis horas. Os autores esclarecem que o aumento na duração do exercício (acima de seis horas semanais) é incapaz de produzir respostas ósseas significativas. Dessa forma, pode-se observar a existência de um ponto limítrofe para o surgimento de respostas osteogênicas em decorrência do exercício físico. Do mesmo modo, tem-se observado também relações entre a quantidade de milhas de treinamento de corrida e a DMO (MACDOUGALL *et al.*, 1992). MacDougall *et al.*, (1992) demonstraram que períodos longos de treinamento não demonstraram aumentos significativos na DMO.

Na tentativa de se identificar o tipo de exercício que proporcionaria maiores respostas osteogênicas, vários estudos transversais e longitudinais têm examinado o comportamento da DMO em praticantes de diferentes modalidades esportivas (BURROWS *et al.*, 2003; TSUKAHARA *et al.*, 1994; UZUNCA *et al.*, 2005). Entre as modalidades observadas estão aquelas que provocam altos e moderados níveis de sobrecarga, como é o caso do voleibol, basquetebol e futebol (CALBET; HERRERA; FREDERICSON *et al.*, 2007; NAZARIAN *et al.*, 2009; RODRÍGUEZ, 1999) e as que provocam baixos níveis de sobrecarga como a natação e o ciclismo (KIM *et al.*, 2000; TAAFE *et al.*, 1995). Alguns estudos declaram que o simples fato da inclusão de saltos a um programa de exercícios de baixo impacto como a caminhada, tende a proporcionar maiores respostas osteogênicas (SHIBATA *et al.*, 2003).

Em estudo realizado com 704 atletas amadores do sexo masculino e de diferentes modalidades esportivas (rugby, futebol, atletismo, esportes de vôo, fisiculturismo, natação, atividades de sustentação de peso) observou-se

que praticantes de natação possuem menores DMO total que os praticantes de todas as outras modalidades esportivas analisadas (MOREL *et al.*, 2001). Os mesmos autores destacam a influência da força gravitacional para o desenvolvimento e manutenção da massa óssea e explicam que, devido a diminuição da força gravitacional em exercícios de natação, há uma diminuição ou anulação dos efeitos osteogênicos. Do mesmo modo, em estudo recente (MAGKOS *et al.*, 2007a) feito com 52 homens e 47 mulheres, sendo: 43 jogadores de pólo aquático, 26 nadadores e 30 sedentários com idades entre 17 e 34 anos, foi revelado que nadadores apresentaram menores DMO de membros inferiores comparados com indivíduos do grupo controle sedentários. Os autores, corroborando as sugestões do estudo citado anteriormente, consideraram que a natação é uma modalidade que não fornece sobrecarga suficiente para proporcionar respostas osteogênicas significantes. Por outro lado, exercícios que provocam altas sobrecargas proporcionam ganhos significantes na DMO. Nichols *et al.* (2007) demonstraram que atletas de futebol e de modalidades esportivas que fornecem alto impacto possuem DMO mais elevadas quando comparadas com praticantes de modalidades esportivas de menor impacto.

Em estudo experimental, realizado com mulheres atletas com idades entre 18 e 29 anos, que teve como objetivo verificar os efeitos de diferentes modalidades esportivas na DMO em oito ou 12 meses, observou-se que o aumento da DMO em praticantes de ginástica, durante oito semanas de treinamento, foi de 2,8%, enquanto que nadadoras ou corredoras não obtiveram aumentos na DMO após oito ou 12 meses de acompanhamento. As atletas de natação e atletismo não apresentaram, após o período de acompanhamento, diferenças significantes na DMO quando comparados ao grupo controle sedentário (TAAFE *et al.*, 1997).

Além disso, alguns autores (CALBET *et al.*, 1998; MAGKOS *et al.*, 2007a; NEVILL; HOLDER; STEWART, 2004) têm sugerido que o esqueleto responde de forma bastante particular as cargas mecânicas externas impostas a ele. No estudo de Nevill, Holder e Stewart (2004), que teve como objetivo comparar a DMO de atletas de nove modalidades com a de sujeitos sedentários, os autores observaram que os atletas de modalidades que

exigiam principalmente dos membros superiores tiveram maiores níveis de DMO dos membros superiores quando comparados com os praticantes de modalidades com maior exigência dos membros inferiores e/ou os sujeitos sedentários. Os mesmos autores encontraram ainda que esportes que exigem mais do membro dominante, proporcionou maiores níveis de DMO para o membro utilizado que o membro contralateral não dominante.

Embora alguns estudos sugiram que exercícios físicos que promovem altas sobrecargas podem resultar em maiores efeitos osteogênicos, ainda não foram esclarecidos os exatos mecanismos fisiológicos responsáveis por tais efeitos.

Uma possível justificativa para o aumento da DMO com o treinamento de força, por exemplo, é o efeito piezoelétrico ósseo (BRIGHTON *et al.*, 1985; MENKES *et al.*, 1993). Esse efeito é explicado pela presença de sinais bioquímicos que parecem refletir um campo elétrico, possivelmente decorrente da sobrecarga aplicada. Essa teoria se aplica a qualquer deformação ou sobrecarga óssea causada por compressão, tensão, torção ou cisalhamento desse tecido. Essas ações mecânicas geram diferenças no potencial elétrico dos ossos, que agem como um campo elétrico, estimulador da atividade celular, levando à deposição de minerais nos pontos de estresse (LANYON; HARTMAN, 1977).

Considerações sobre o volume e a intensidade do exercício, devem ser feitas. Magkos *et al.*, (2007b) observaram que atletas de natação, especialistas em provas com esforço máximo e curto período de tempo (menos de 100 metros), possuem DMO de braços, pernas, tronco e total maior que aqueles que praticam a mesma modalidade esportiva, porém em provas de longa duração (mais que 800 metros), embora as diferenças não tenham apresentado significância estatística. Os autores propõem que o tipo e a intensidade do exercício possuem efeitos independentes na DMO.

Em um estudo realizado com 99 mulheres com média de idade de 20,2( $\pm$ 1,3) anos atletas de diferentes modalidades esportivas, observou-se que aquelas que participavam de atletismo de longa duração (*cross-country*) tiveram uma DMO menor que atletas de outras modalidades esportivas como o futebol e a ginástica (MUDD *et al.*, 2007). Do mesmo modo, atletas

de natação e de mergulho apresentaram uma DMO semelhante a observada em praticantes de atletismo.

## **CAPÍTULO III**

### **3. OBJETIVOS DO ESTUDO**

#### **3.1. Objetivo Geral**

Verificar e comparar a Densidade Mineral Óssea (DMO) - total e de diferentes áreas corporais - de atletas do sexo masculino, especialistas em diferentes modalidades esportivas: voleibol, futebol, ciclismo e natação, utilizando como referência, um grupo controle composto por sujeitos com as mesmas características, entretanto não praticantes de programas de exercícios físicos.

## CAPÍTULO IV

### 4. CASUÍSTICA E MÉTODOS

#### 4.1 Tipo de Estudo

Esse estudo quantitativo pode ser classificado como descritivo comparativo, visto que, pretende verificar e comparar informações acerca de condições existentes às variáveis propostas (FLEGNER; DIAS, 1995).

#### 4.2 População/Amostragem

A população objeto do presente estudo compreendeu os atletas do sexo masculino, com idades entre 18 e 30 anos, praticantes das modalidades esportivas voleibol, futebol, natação e ciclismo no Município de Maceió.

Para compor a amostra, foram selecionados, de forma não probabilística e por conveniência, 51 sujeitos do sexo masculino, sendo 10 praticantes das modalidades futebol, 10 de natação, 10 de ciclismo, 11 praticantes de voleibol e 10 indivíduos insuficientemente ativos, que compuseram o grupo controle. Para a verificação dos sujeitos insuficientemente ativos, foi utilizada a classificação proposta por Caspersen e Merritt (1995), que sugere que indivíduos ativos insuficientemente, são aqueles que fazem atividades físicas menos que três vezes por semana, menos que vinte minutos ou ambos.

##### 4.2.1 Critérios de inclusão

A classificação dos atletas foi feita a partir do volume de treinamento e do período de experiência na modalidade esportiva, de acordo com a proposta de Karlsson *et al.*, (2001). Dessa forma, para serem selecionados, os sujeitos deveriam atender aos seguintes critérios de inclusão: estar atuando como atleta por, pelo menos, um ano e ter treinado no último ano,

no mínimo 40 semanas em média, com pelo menos seis horas semanais (CALBET, HERRERA; FREDERICSON *et al.*, 2007; KARLSSON *et al.*, 2001; RODRÍGUEZ, 1999; UZUNCA *et al.*, 2005).

#### 4.2.2 Critérios de exclusão

Foram definidas como critérios de exclusão, as manifestações de doenças tais como hipertireoidismo, diabetes melitus, hiperparatireoidismo, artrite reumatóide e anorexia nervosa, bem como o uso de algum medicamento que influenciasse nos parâmetros investigados como hormônios ou drogas anti-convulsivas.

Todos os critérios de exclusão foram observados por meio de um questionário geral.

### 4.3 Dados coletados

Foram coletadas as seguintes variáveis: estatura (em metros), massa corporal (Kg), a frequência semanal de treinamento; o volume semanal de treinamento (h/sem), tempo (em horas) de cada sessão de treinamento; o peso magro total (Kg); o tempo (em anos) de experiência nas modalidades, além da DMO total, da pelve, coluna vertebral, braços e das pernas (g/cm<sup>2</sup>).

As medidas da massa corporal e da estatura foram utilizadas para calcular o Índice de Massa Corporal (Kg/m<sup>2</sup>).

Antes da coleta de dados, todos os voluntários foram informados sobre os objetivos do trabalho, leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, de acordo com a solicitação da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos da Universidade Federal de Sergipe (CAAE-0109.0.107.000-08).

#### **4.4 Instrumentos**

Para verificação da medida da massa corporal, foi utilizada uma balança Filizola<sup>®</sup> (Brasil), com precisão de 100 gramas. Já a estatura foi mensurada com a utilização de um estadiômetro portátil (Seca<sup>®</sup>, Baystate Scale & Systems, Cambridge, MA, USA) com precisão de 0,1 cm. Para a verificação da DMO e da composição corporal, utilizou-se um equipamento de absorptometria radiológica de dupla energia (DXA) – (Lunar Radiation Corp. Madison, WI, USA), através do software 5.56 onde o valor de hidratação foi fixado (0,732) para a massa de tecido magro.

As medidas da DXA foram realizadas na posição anteroposterior. A execução do teste durava cerca de 20 minutos. Segundo Sartoris e Resnick (1990), a DXA, entre as técnicas disponíveis para verificação da composição corporal e da DMO, oferece melhor precisão, pouco tempo para o scanning e reduzida dose de radiação.

#### **4.5 Procedimentos para coleta de dados**

Inicialmente foram selecionados os atletas segundo os critérios estabelecidos e convidados para fazer parte do estudo. Posteriormente o pesquisador explicou, de forma verbal, os objetivos da pesquisa, fazendo a entrega de uma carta de apresentação, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o questionário. Este último serviu para identificar informações pessoais, sobre utilização de medicamentos ou a presença de patologias e o histórico da prática da modalidade esportiva (APÊNDICES 1 e 2). Dois dias após a entrega dos documentos, o pesquisador voltou aos clubes para recolher os TCLE e os questionários devidamente assinados.

Um dia após o recolhimento dos questionários, deu-se início à coleta dos dados antropométricos e a realização dos testes de DMO, que foram efetuados na clínica Diagnose<sup>®</sup>, na cidade de Maceió. As análises antropométricas e o questionário foram aplicados pelo próprio autor do estudo, enquanto que as análises do DXA foram realizadas por um

profissional treinado para utilização do equipamento. A coleta de dados do grupo controle seguiu os mesmos procedimentos do grupo de atletas.

#### **4.6 Massa corporal e estatura**

As medidas antropométricas obtidas no estudo respeitaram os protocolos propostos pelo *Anthropometric Standardization Reference Manual* (LOHMAN; ROCHE; MARTORELL, 1988). Tais medidas foram feitas em um dia exclusivo para esse fim.

Para a aferição da estatura o indivíduo estava descalço, com os pés e calcanhares unidos, os glúteos e a parte superior das costas encostadas na escala e o plano de Frankfurt (linha imaginária que passa pelo ponto mais alto do bordo superior meato auditivo e o bordo inferior da órbita ocular) paralelo ao solo. O indivíduo foi instruído a realizar uma inspiração profunda e a foi feita no final da inspiração.

Para a medida da massa corporal o indivíduo foi posicionado no centro da balança de forma a distribuir o peso corporal nos dois pés. A cabeça permaneceu firme e os olhos direcionados para frente. Foi exigido o uso do mínimo de vestimenta possível.

#### **4.7 Absortometria radiológica de raio-X de dupla energia (DXA)**

A DXA é um método não invasivo que utiliza uma dose mínima de radiação (normalmente inferior a 10  $\mu$ Sv), e necessita de pouco tempo de execução (ANITELI *et al.*, 2006). O princípio de funcionamento da DXA é baseado no fato de que, quando uma fonte de raios X é colocada ao lado de um objeto, o raio refletido no lado oposto desse objeto reflete sua espessura, densidade e composição química, permitindo assim que a dupla emissão de raios-X pela fonte de energia, quantifique os locais do esqueleto circundados por grande quantidade de tecidos moles, estimados pela diferença de atenuação entre o osso e o tecido mole.

Foi solicitado ao indivíduo que vestisse uma roupa apropriada que não continha nenhum material metálico, inicialmente. Em seguida solicitou-

se que o sujeito deitasse em decúbito dorsal na maca com as pernas estendidas e braços ao longo do corpo e permanecesse até o término do escaneamento do corpo, que durou cerca de 20 minutos.

#### **4.8 Análise estatística**

Para a análise estatística dos dados do presente estudo, foi utilizado o *software* estatístico SPSS® para Windows (versão 14.0, 2005, Chicago - USA).

As características dos sujeitos foram apresentadas através da estatística descritiva, utilizando-se a média aritmética como uma medida de tendência central e o desvio padrão como uma medida de dispersão. Para a identificação da normalidade da distribuição dos dados foi utilizado o teste *Shapiro-Wilk*. Para os dados que não apresentaram distribuição normal foi utilizado o logaritmo na base 10 para normalizá-los, como sugerido por Maroco (2007). Para a comparação da massa corporal, DMO, idade, estatura, IMC, tecido magro, experiência, frequência semanal e a duração da sessão de treinamento foram utilizadas a análise de variância (ANOVA) de um fator e o teste *post hoc* de LSD quando necessário. O coeficiente de correlação de Pearson também foi utilizado para identificar a existência da relação entre a massa corporal, a estatura, o peso magro total, as DMO total e regionais.

Com o objetivo de diminuir os efeitos das possíveis variáveis intervenientes, a análise de covariância (ANCOVA) foi utilizada, tendo a massa corporal, a estatura, a idade e o peso magro total, como co-variáveis e a DMO: total e regional, como variáveis dependentes. O nível de significância utilizado nesse estudo foi de  $p < 0,05$ .

## CAPÍTULO V

### 5. RESULTADOS

Os resultados estão apresentados por itens, intitulados e ordenados da seguinte forma: características físicas e histórico esportivo, características descritivas e comparação da DMO total e regional

#### 5.1 Características Físicas e características do treinamento dos Sujeitos

As figuras 3A e 3B e 4A e 4B apresentam dados da idade, estatura, peso e IMC dos grupos estudados, bem como a comparação de cada característica entre os grupos.

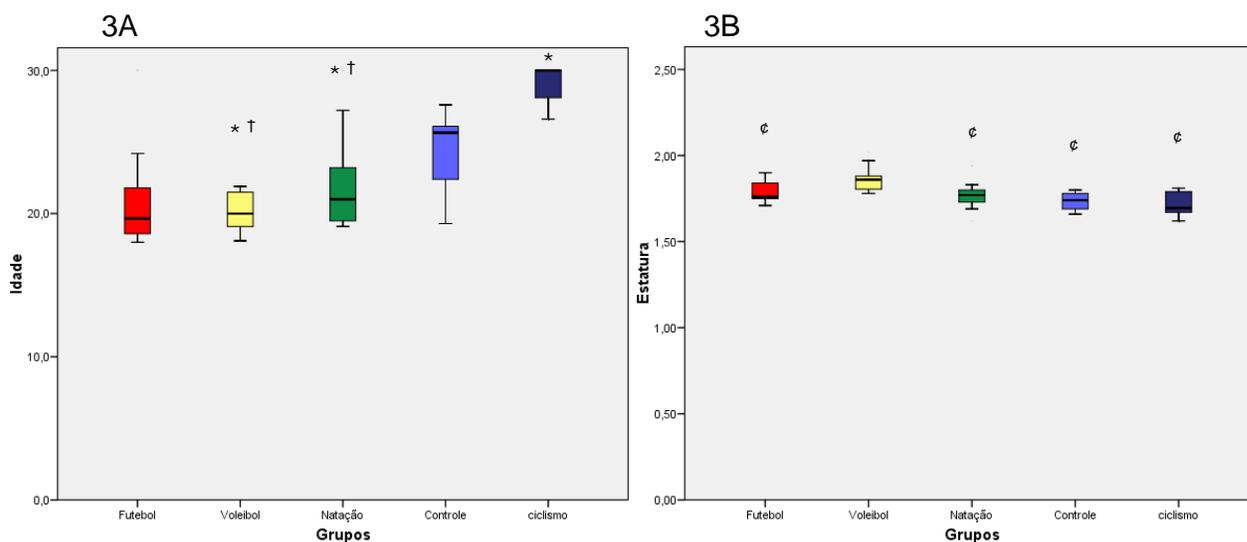


Figura 3 – Características físicas dos grupos estudados: 3A – Idades dos grupos estudados; 3B – estatura dos grupos estudados. \* diferença para o grupo controle ( $p < 0,05$ ); † diferença para os ciclistas ( $p < 0,05$ ); ¢ diferença para o grupo de voleibol (ANOVA *one way* e *post hoc* LSD).

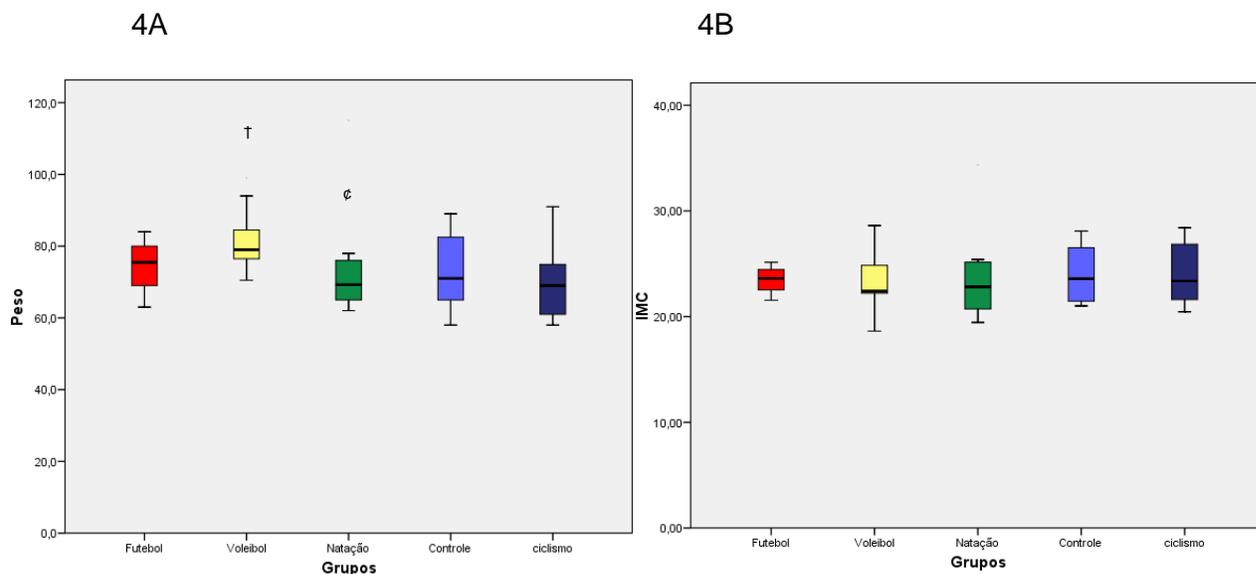


Figura 4 – Características antropométricas dos grupos estudados: 4A – Peso dos grupos estudados; 4B – IMC dos grupos estudados. † diferença para os ciclistas ( $p < 0,05$ ); ¢ diferença para o grupo de voleibol (ANOVA *one way* e *post hoc* LSD).

Os atletas de ciclismo e do grupo controle foram os que apresentaram maiores idades entre os grupos, com 29,06 ( $\pm 1,45$ ) e 24,59 ( $\pm 2,75$ ) anos, respectivamente. Os atletas de voleibol apresentaram estatura ( $1,86 \pm 0,07$  metros), significativamente superior aos demais indivíduos.

A tabela 2 expõe o histórico da prática de exercícios físicos e o tecido magro.

Tabela 2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E HISTÓRICO ESPORTIVO DOS GRUPOS ESTUDADOS.

Variáveis	Futebol (n=10) $\bar{x} \pm DP$	Voleibol (n=11) $\bar{x} \pm DP$	Natação (n=10) $\bar{x} \pm DP$	Ciclismo (n=10) $\bar{x} \pm DP$	Controle (n=10) $\bar{x} \pm DP$
Tecido magro (Kg)	62,79 $\pm$ 4,39 <sup>a b c</sup>	62,68 $\pm$ 4,16 <sup>a b c</sup>	54,72 $\pm$ 6,21	56,55 $\pm$ 8,94	55,14 $\pm$ 6,23
Experiência (anos)	5,70 $\pm$ 5,07	6,00 $\pm$ 2,23	5,72 $\pm$ 5,95	5,77 $\pm$ 1,30	-----
Frequência (dias/sem)	5,00 $\pm$ 0,0	5,00 $\pm$ 0,0	4,44 $\pm$ 1,33	4,44 $\pm$ 0,88	-----
Duração da sessão (h)	4,00 $\pm$ 0,0 <sup>b c d</sup>	3,00 $\pm$ 0,00 <sup>b c</sup>	2,0 $\pm$ 0,0	2,0 $\pm$ 0,0	-----

$\bar{x}$  = média; DP= desvio padrão; Kg= quilograma; m= metros; h=horas; <sup>a</sup> diferença para o grupo natação ( $p < 0,05$ ); <sup>b</sup> diferença para o grupo ciclismo ( $p < 0,05$ ); <sup>c</sup> diferença para o grupo controle ( $p < 0,05$ ); <sup>d</sup> diferença para o grupo voleibol ( $p < 0,05$ ) (ANOVA *one way* e *post hoc* LSD).

A média dos resultados do tecido magro dos atletas de voleibol e de futebol foi maior que a dos indivíduos dos outros grupos (62,68  $\pm$  4,16 e 62,79  $\pm$  4,39 kg, respectivamente). Da mesma forma, a duração da sessão dos atletas de futebol e voleibol foi superior aquela observada nos atletas de

natação e ciclismo. Além disso, observa-se que não foram observadas diferenças significativas nas medidas da experiência na modalidade esportiva e da frequência de treinamento.

## 5.2 Características descritivas e comparação da DMO total e regional

Para cada grupo as DMO, total e regional, estão detalhadas na tabela 4. Para identificar as variáveis intervenientes nos resultados da DMO, foi realizada a análise de variância, para identificar quais apresentavam-se diferentes entre os grupos (como visto na tabela 2) e a correlação de Pearson (tabela 3). Assim, as comparações entre a DMO total e as DMO regionais, foram corrigidas para as variáveis intervenientes que além de serem diferentes entre os grupos, se relacionaram significativamente com cada DMO, como exposto na matriz correlacional.

Tabela 3. MATRIZ CORRELACIONAL

		DMO Total	DMO Braços	DMO Pernas	DMO Pelve	DMO Coluna
Idade	Coeficiente de correlação	-,207	-,005	-,286	-,320	-,065
	significância	,149	,972	,044	,023	,655
Peso	Coeficiente de correlação	,621	,467	,557	,581	,504
	significância	,000	,001	,000	,000	,000
Estatura	Coeficiente de correlação	,355	,386	,438	,316	,174
	significância	,012	,006	,001	,025	,227
Tecido magro	Coeficiente de correlação	,612	,414	,610	,631	,360
	significância	,000	,003	,000	,000	,011

A matriz correlacional expõe as relações existentes entre as variáveis intervenientes e as DMO total e regionais. Os resultados da tabela permitem observar que: a) idade apresentou relação fraca e inversa com as DMO total, dos braços, das pernas e da coluna e uma relação positiva moderada com a DMO da pelve; b) o tecido magro, a estatura e o peso corporal apresentaram uma relação positiva moderada com todas as DMO utilizadas (total, braços, pelve, coluna e pernas).

Dentre as DMO analisadas nesse estudo, apenas a DMO da pelve apresentou diferença estatisticamente significativa entre os grupos, com os atletas de natação apresentando o menor resultado, inclusive com resultado significativamente inferior aos sujeitos do grupo controle.

Tabela 4. RESULTADOS DESCRITIVOS DAS DMO TOTAL E REGIONAIS DOS GRUPOS ANALISADOS.

Variáveis	Futebol (n=10) $\bar{x} \pm DP$	Voleibol (n=11) $\bar{x} \pm DP$	Natação (n=10) $\bar{x} \pm DP$	Ciclismo (n=10) $\bar{x} \pm DP$	Controle (n=10) $\bar{x} \pm DP$
DMO total (g/cm <sup>2</sup> )	1,31±0,09	1,35±0,08	1,21±0,05	1,26±0,15	1,29±0,09
DMO das pernas (g/cm <sup>2</sup> )	1,55±0,09 <sup>a</sup>	1,58±0,11 <sup>a b</sup>	1,32±0,11 <sup>c</sup>	1,43±0,22	1,47±0,14
DMO braços (g/cm <sup>2</sup> )	0,92±0,10	1,0±0,07	0,93±0,07	1,11±0,38	1,00±0,10
DMO da coluna (g/cm <sup>2</sup> )	1,21±0,13	1,25±0,14	1,12±0,13	1,13±0,11	1,17±0,13
DMO da pelve (g/cm <sup>2</sup> )	1,47±0,12	1,45±0,21	1,25±0,11	1,27±0,19	1,30±0,17

<sup>a</sup> diferença para o grupo natação (p<0,05); <sup>b</sup> diferença para o grupo ciclismo (p<0,05); <sup>c</sup> diferença para o grupo controle (p<0,05) (ANOVA *one way* e *post hoc* LSD; ANCOVA).

Os resultados da matriz correlacional (tabela 3) permitiram identificar as variáveis intervenientes, que foram utilizadas como co-variáveis na análise de co-variância (ANCOVA). Dessa forma, o peso, a estatura e o tecido magro foram utilizados como co-variáveis para a comparação da DMO total e da DMO dos braços, o peso e o tecido magro foram as co-variáveis para a comparação da DMO da coluna, e todas as variáveis intervenientes (peso, estatura, idade e tecido magro) foram utilizadas como co-variáveis para a comparação da DMO das pernas e da pelve entre os grupos (tabela 4).

Apenas a DMO das pernas tenha apresentado diferença estatisticamente significativa, foram verificados valores superiores nas DMO total, dos braços, da coluna e da pelve dos atletas de voleibol e futebol. Além disso, os atletas de natação apresentaram DMO dessa região inferior ao valor observado no grupo controle, o que sugere que esses atletas

apresentem DMO baixa e que a modalidade que eles praticam, não proporciona estresse mecânico suficiente para promover osteogênese.

Embora a maior parte das regiões da DMO analisadas não tenha apresentado diferença estatisticamente significativa, foram observadas diferenças relativas importantes entre os grupos. A média da DMO dos braços do grupo de ciclistas, por exemplo, foi 10 a 20% maior que a média encontrada nos outros grupos. A média da DMO total dos atletas de voleibol foi 3 a 12% superior aos outros grupos. A DMO da coluna dos atletas de natação foi 12% inferior à média dos atletas de voleibol.

## CAPÍTULO VI

### 6. DISCUSSÃO

Foram verificadas as diferenças entre a DMO: total e regional de atletas das modalidades esportivas: futebol, voleibol, natação e ciclismo, comparando-os com um grupo controle.

As principais diferenças entre as modalidades esportivas selecionadas para este estudo residem nas diferentes magnitudes de cargas mecânicas. Dessa forma, selecionamos o voleibol, o futebol, a natação e o ciclismo, sendo, o voleibol uma modalidade que proporciona alto impacto, o futebol moderado impacto e a natação e o ciclismo de baixo impacto. Além disso, as modalidades analisadas, segundo Da Costa (2006), são as mais praticadas por indivíduos do sexo masculino no Brasil. A média de idade dos atletas foi de 24 anos que pode ser considerada ideal para esse tipo de estudo, uma vez que os indivíduos já alcançaram o pico de massa óssea e não estão sofrendo influência das perdas ósseas relacionadas ao avanço da idade.

Os resultados da presente pesquisa demonstram que os atletas de natação apresentaram resultados da DMO das pernas significativamente inferiores aos resultados dos sujeitos do grupo controle. Além disso, os atletas das modalidades de alto e moderado impacto (voleibol e futebol, respectivamente) apresentaram valores de DMO dos membros inferiores significativamente maiores que os atletas de modalidades esportivas de menor impacto (particularmente os atletas de natação) e indivíduos insuficientemente ativos. Tais resultados sugerem que a natação é uma modalidade esportiva que não proporciona respostas osteogênicas e que praticantes dessa modalidade pode apresentar baixos níveis de DMO. Além disso os resultados demonstram que atletas de voleibol e/ou futebol podem experimentar respostas osteogênicas mais altas, quando comparados com nadadores ou ciclistas.

A comparação dos valores da DMO obtidos em outras regiões, mesmo não tendo demonstrado diferenças estatisticamente significativas, podem ter grande importância clínica, uma vez que pequenas alterações na DMO podem indicar risco aumentado para o desenvolvimento de osteoporose (KANIS *et al.*, 1994; KANIS *et al.*, 2008).

Os valores das DMO encontrados no presente estudo apresentaram diferenças de 3 a 20% entre os grupos. Bowman e Spangler (1997), por exemplo, afirmam que no decorrer da vida, os homens perdem de 20% a 35% da sua massa óssea em relação ao pico de massa óssea obtido. Frost (1987) explica que o mecanismo da remodelação óssea durante a fase adulta responde as tensões experimentadas e é conhecida como “mecanostato”, similar ao princípio do termostato.

Os resultados dessa pesquisa permitem supor, que a prática de diferentes modalidades esportivas produz efeitos osteogênicos específicos, ou seja, a área óssea que recebe maior estresse mecânico, gerado pela prática esportiva, responde com maiores resultados de DMO. De fato, nos diferentes esportes, as cargas que afetam o esqueleto podem variar tanto na intensidade como na direção das forças aplicadas sobre o esqueleto, atuando sobre regiões ósseas específicas. As forças produzidas pela reação do solo nos membros inferiores durante uma corrida, por exemplo, podem ser 2 a 5 vezes maior que o peso corporal (SUBOTNICK, 1985) e 1,75 vez o peso corporal na região da coluna vertebral (CAPPOZZO, 1983).

Segundo Bobbert, Huijing e Van Ingen Schenal (1987) atletas de voleibol experimentam forças de reação do solo de seis a sete vezes o peso corporal, quando saltam cerca de 60 centímetros. O futebol, por sua vez, é uma modalidade que envolve saltos, aceleração e desaceleração, *sprints* bem como cargas torcionais e transversais. Por outro lado, a natação e o ciclismo são modalidades que não envolvem a sustentação de cargas e com baixa ação da força da gravidade. Nossos resultados corroboram com estudos anteriores (BELLEW; GEHRIG, 2006; CALBET; HERRERA; RODRÍGUEZ, 1999; FREDERICSON *et al.*, 2007), suportando as seguintes hipóteses: 1) a natação e o ciclismo são modalidades esportivas que não produzem respostas osteogênicas significativas (quando comparadas com

modalidades esportivas de maior impacto, como o voleibol e futebol), provavelmente devido a baixa ação gravitacional; 2) nadadores apresentam baixos resultados de DMO de membros inferiores.

A teoria que sugere que maiores forças gravitacionais produzem maiores respostas osteogênicas, especialmente na região que recebe tais forças, é confirmada por diversos autores (ANDREOLI *et al.*, 2001; KELLEY; KELLEY; TRAN, 2000; MENKES *et al.*, 1993; MUDD; FORNETTI; PIVARNIK, 2007; NURMI-LAWTON *et al.*, 2004; UZUNCA *et al.*, 2005). Segundo Menkes (1993) a teoria do efeito piezoelétrico explica as respostas específicas do tecido esquelético. Essa teoria se aplica a qualquer deformação ou sobrecarga óssea causada por compressão, tensão, torção ou cisalhamento desse tecido. Tais ações mecânicas geram diferenças no potencial elétrico dos ossos, que agem como um campo elétrico estimulador da atividade celular, levando à deposição de minerais nos pontos de estresse. Tais afirmações são suportadas por alguns estudos (CALBET *et al.*, 1998; CALBET; HERRERA; RODRÍGUEZ, 1999; MUDD *et al.*, 2007; NEVILL, HOLDER; STEWART, 2004; NURMI-LAWTON *et al.*, 2004; UZUNCA *et al.*, 2005).

Calbet *et al.* (1998), por exemplo, em estudo realizado com tenistas do sexo masculino ( $26 \pm 6$  anos,  $77 \pm 10$  kg, e  $180 \pm 6$  cm), observaram que o braço dominante possuía um conteúdo mineral óssea de cerca de 20% maior quando comparado com o membro não dominante. Do mesmo modo, Nevill, Holder e Stewart (2004), demonstraram que atletas do sexo masculino envolvidos em modalidades que exigiam mais dos membros superiores tinham maiores DMOs naqueles membros quando comparados com atletas de outras modalidades esportivas.

Morel *et al.* (2001) realizaram um estudo com homens com idade média de 30 anos, todos atletas amadores, engajados em 14 modalidades esportivas (ciclismo, remo, musculação, escalada, triatlão, entre outras), onde os atletas de natação apresentaram os menores resultados na DMO total e na DMO das pernas, enquanto os atletas de futebol apresentaram os maiores resultados nessas mesmas densidades ósseas quando comparados com os atletas das outras modalidades analisadas no estudo. Do mesmo

modo, Mudd *et al.* (2007) reportaram que atletas de natação possuíam déficits nos resultados da DMO regional quando comparados com atletas de outras modalidades esportivas, como o futebol. Os resultados dos estudos citados assemelham-se com os resultados encontrados no presente estudo, porém, esse estudo sugere que os nadadores possuem déficits na DMO, particularmente nos membros inferiores.

Stewart e Hannan (2000) demonstraram que ciclistas do sexo masculino ( $28,1 \pm 6$  anos;  $180,2 \pm 7,1$  cm;  $72,6 \pm 7,1$  Kg;  $22,2 \pm 1,3$  Kg/cm<sup>2</sup>) apresentavam a DMO da coluna, inferior a indivíduos sedentários. Segundo os mesmos autores, tais diferenças ocorreram devido as características da modalidade esportiva, especialmente devido ao fato do ciclismo não promover sustentação do peso. Rector *et al.* (2008) demonstraram que, em estudo realizado com homens atletas ( $38,1 \pm 2,5$  anos;  $1,82 \pm 0,01$  m;  $76,6 \pm 1,4$  Kg e  $23,1 \pm 0,3$  Kg/m<sup>2</sup>), ciclistas têm 7 vezes mais chances de ter osteopenia da coluna que corredores. Rector *et al.* (2008) afirmam que, embora os atletas de ciclismo e corredores terem relativamente um baixo peso corporal, o mecanismo atribuído às diferenças encontradas na chance do desenvolvimento de grandes perdas ósseas, é a falta de força de reação do solo.

Nazarian *et al.* (2009) em um estudo realizado com homens ( $23,26 \pm 0,29$  anos;  $174 \pm 1,07$  cm;  $70,33 \pm 1,8$  Kg e  $20,3 \pm 0,6$  Kg/m<sup>2</sup>), demonstraram que os atletas de futebol possuíam maiores resultados da DMO que indivíduos não atletas. No estudo de Calbet, Herrera e Rodríguez (1999), atletas de voleibol apresentaram resultados da DMO total 20 a 27% superior aos sedentários. No estudo de Fredericson *et al.* (2007), realizado com atletas do sexo masculino, jogadores de futebol ( $21 \pm 1,1$  anos;  $180,2 \pm 7,2$  cm;  $77,8 \pm 7$  Kg e  $24 \pm 1$  Kg/m<sup>2</sup>), corredores de longa distância ( $24,2 \pm 3,2$  anos;  $179,8 \pm 9,4$  cm;  $67,5 \pm 4,6$  Kg e  $20,3 \pm 1,3$  Kg/cm<sup>2</sup>) e sedentários ( $24,3 \pm 2,6$  anos;  $180,3 \pm 4,3$  cm;  $76,5 \pm 8,2$ ;  $23,5 \pm 2,3$  Kg/cm<sup>2</sup>), os atletas de futebol apresentaram a DMO total, da coluna e do quadril maiores que a de sujeitos sedentários e/ou corredores. Segundo os autores, o fato do futebol ser uma modalidade caracterizada por atividades intermitentes e de alta intensidade

é que faz com que haja a promoção de altos picos de tensão no esqueleto estimulando a formação óssea.

Morel *et al.* (2001) ratificam tais resultados quando afirmam que as modalidades que têm maiores ações da força gravitacional fornecem maiores respostas osteogênicas. Os autores complementam dizendo que a natação se assemelha a vôos ao espaço feitos por astronautas, que têm pouca ou nenhuma ação da gravidade. Na tentativa de tentar diminuir os efeitos da baixa ação da gravidade, Shibata *et al.* (2003) sugerem que adicionar saltos a exercícios de baixo impacto, como por exemplo, na natação, pode ser benéfico para a manutenção da massa óssea. Heinonen *et al.* (1996) relataram ganhos de 1,4 a 3,7% em um período de 18 meses de treinamentos com saltos que induziam a impactos de 6 vezes o peso corporal.

É difícil estabelecer a extensão da superioridade do voleibol e/ou do futebol comparando-os com outras modalidades esportivas, especialmente as modalidades analisadas nessa pesquisa, uma vez que a maioria dos estudos realizados com atletas foi feita com mulheres e, dentre os estudos feitos com homens, poucos usaram as mesmas modalidades esportivas utilizadas em nosso estudo (CALBET; HERRERA; RODRÍGUEZ, 1999; MOREL *et al.*, 2001; NICHOLS *et al.*, 2003). No entanto, os resultados deste estudo coincidem com resultados de alguns trabalhos realizados com mulheres.

O estudo de Nichols *et al.* (2007), por exemplo, realizado com mulheres adolescentes (15,7 ±1,3 anos), demonstrou que as praticantes de futebol e voleibol possuíam maiores resultados da DMO da coluna que atletas de natação, embora a DMO total não tenha apresentado diferença entre as atletas. Torstveit e Sundgot-Borgen (2005) demonstraram que mulheres atletas tinham a DMO total significativamente superior as de mulheres sedentárias e que as atletas de modalidades de baixo impacto possuíam as médias da DMO total, da coluna e do fêmur menores que as atletas de modalidades de alto impacto, como o futebol e voleibol.

Bellew e Gehrig (2006) encontraram em seu estudo, realizado com mulheres adolescentes, que atletas de natação têm DMO total inferior a

futebolistas e apresentam média inferior as normas populacionais para a faixa etária. Do mesmo modo, Uzunca *et al.* (2005) em um estudo realizado com ex-atletas de futebol mostraram que essa modalidade esportiva proporciona resultados da DMO total e regional, maiores que sedentários (UZUNCA *et al.*, 2005).

Estudos longitudinais são necessários para identificar a possibilidade de existir uma carga mínima para desencadear a iniciação dos estímulos de formação óssea. Não obstante, antecipa-se que, para além do tipo de exercício físico, a magnitude de suas forças mecânicas pode interferir na potencialização das respostas osteogênicas.

## CAPÍTULO VII

### 7. CONCLUSÃO

Os resultados desse estudo indicam que atletas de futebol e de voleibol apresentam maiores resultados da DMO, especialmente na DMO dos membros inferiores. Baseado nesses resultados pode-se afirmar que os atletas de natação apresentam DMO deficiente, desde que os resultados encontrados foram inferiores àqueles do grupo controle. Além disso, concluiu-se que atletas de voleibol e futebol podem apresentar, ao menos no que diz respeito à DMO dos membros inferiores, maior resposta osteogênica e, conseqüentemente, maior proteção contra as perdas ósseas em idades avançadas. Desde que só a DMO das pernas apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, os resultados desse estudo permitem supor que a resposta osteogênica aos estresses mecânicos são específicos como sugerido pelo efeito piezoelétrico.

Pode-se acrescentar ainda que, na tentativa de diminuir as chances do surgimento de osteoporose em idades avançadas, atletas de natação e ciclismo, devem acrescentar em seu treinamento, exercícios que promovam uma maior participação das forças de tensão e/ou compressão, como por exemplo, o treinamento contra resistência.

Mais além, sugere-se que futuros estudos sejam realizados com uma amostra maior, com um maior número de modalidades esportivas e que, além das variáveis levantadas no presente estudo, levantem-se a ingesta/consumo calórico dos sujeitos estudados e haja os exercícios físicos praticados além da modalidade esportiva.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **Physical activity and bone health.** Med sci sports exer. Position stand, 2004.

ANDREOLI A, *et al.* **Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes.** Med Sci Sports Exerc, v. 33, n. 4, p. 507-511, 2001.

ANITELI TM, *et al.* **Desenvolvimento de equação para estimativa da gordura corporal de mulheres idosas com osteoporose e osteopenia através da espessura de dobras cutâneas tendo como referência absorciometria por dupla emissão de raios x.** Rev. Bras Med Esporte, v. 12, n. 6, p. 366-370, 2006.

BELLEW JW; GEHRIG L. **A comparison of bone mineral density in adolescent female swimmers, soccer players, and weight lifters.** Pediatr Phys Ther, v. 18 p. 19-22, 2006.

BOBBERT MF, *et al.* **Drop jumping. II. The influence of dropping height on the biomechanics of drop jumping.** Med Sci Sports Exerc, v. 19, p. 339-346, 1987.

BOOT AM, *et al.* **Bone mineral density in children and adolescents: relation to puberty, calcium intake, and physical activity.** J Clin Endocrinol metab, v. 82, p. 57-62, 1997.

BOWMAN MA, SPANGLER JG. **Osteoporosis in women.** Primary Care in Office Practice, v. 24, p. 27-36, 1997.

BOYLE WJ; SIMONET WS; LACEY DL. **Osteoclast differentiation and activation.** Nature, v. 423, p. 337-342, 2003.

BRIGHTON CT; TADDUNI GT; POLLACK SR. **Treatment of sciatic denervation disuse osteoporosis in the rat tibia with capacitively coupled electrical stimulation. Dose response and duty cycle.** J Bone Joint Surg Am, v. 67, p. 1022-1028, 1985.

BURROWS M, *et al.* **Physiological factors associated with low bone mineral density in female endurance runners.** J. Sports Med, v. 37, p. 67-71, 2003.

CADORE EL; BRENTANO MA; KRUEL LFM. **Efeitos da atividade física na densidade mineral óssea e na remodelação do tecido ósseo.** Rev Bras Med Esporte, v. 11, n. 6, p. 373-379, 2005.

CALBET JA; HERRERA DP; RODRIGUEZ LP. **High bone mineral density in male elite professional volleyball players.** Osteoporos Int, v. 10, p. 468 – 474. 1999.

CALBET JA, *et al.* **Bone mineral content and density in Professional tennis player.** Calcif Tissue Int, v. 62, p. 491-496, 1998.

CAMPION JM; MARICIC MJ. **Osteoporosis in men.** Am Fam Physician, v. 67, p. 1521-1526, 2003.

CAPPOZZO A. **Force actions in the human trunk during running.** J Sports Med, v. 23, p. 14-22, 1983.

CASPERSEN CJ, MERRITT RK. **Physical activity trends among 26 states, 1986-1990.** Med Sci Sport Exer, v. 27, n. 5, p. 713-720, 1995.

COBAYASHI F; LOPES LA; TADDEI JAAC. **Densidade mineral óssea de adolescentes com sobrepeso e obesidade.** J Pediatr, v. 81, n. 4, p. 337-342, 2005.

CREIGHTON DL, *et al.* **Weight-bearing exercise and markers of bone turnover in female athletes.** J Appl Physiol, v. 90, p. 565-570, 2001.

CUMMINGS SR; RUBIN SM; BLACK D. **The future of hip fractures in the United States.** Clin Orthop Rel Res, v. 252, p. 163-76, 1990.

DACOSTA, L (ORG.). **Atlas do esporte no Brasil.** Rio de Janeiro: CONFEF, 2006.

DAWSON-HUGHES B, *et al.* **Effect of vitamin D supplementation on wintertime and overall bone loss in healthy postmenopausal women.** Ann Intern Med, v. 115, p. 505-512, 1991.

DONALDSON CL, *et al.* **Effects of prolonged bed rest on bone mineral.** Metabolism, v. 19, p. 1071-1084, 1970.

ELON RD. **Geriatric medicine.** Br Med J, v. 312, p. 561-563, 1996.

FAULKNER RA, *et al.* **Body densitometry in Canadian children 8-17 years of age.** Calcified Tissue international, v. 59, p. 344-351, 1996.

FLICKER L, *et al.* **Bone density determinants in elderly women: a twin study.** J Bone and Mineral Res, v. 10, p. 1607-1613, 1995.

FLEIGNER AJ; DIAS JC. **Pesquisa e metodologia: manual completo de pesquisa e redação.** Rio de Janeiro: UFRJ, 1995.

FREDERICSON M, *et al.* **Regional bone mineral density in male athletes: a comparison of soccer players, runners and controls.** J Sports Med, v. 41, p. 664-668, 2007.

FULLER, N J, *et al.* **Four-component model for the assessment of body composition in humans: comparison with alternative methods and evaluation of the density and hydration of fat-free mass.** *Clinical Science*, v. 82, p. 687-693, 1992.

GERALDES AAR. **Princípios e Variáveis metodológicas do treinamento de força.** Rev Sprint: Body Science, 2003.

GOING SB, *et al.* **Detection of small changes in body composition by dual-energy x-ray absorptiometry.** Am J Clin Nutr, v. 57 p. 845-850, 1993.

GORDON CM, *et al.* **Dual energy X-ray absorptiometry interpretation and reporting in children and adolescents: The 2007 ISCD pediatric official positions.** J Clin Densitometry: Assessment of skeletal health, v. 11, n. 1, p. 43-58, 2008.

GREENE DA, *et al.* **Bone strength index in adolescent girls: does physical activity make a difference?** Br J Sports Med, v. 39, p. 622-627, 2005.

HAARBO J, *et al.* **Validation of body composition measurement by dual energy x-ray absorptiometry (DEXA).** Clin Phys, v. 11, p. 331-341, 1991.

HALL, S. **Biomecânica Básica.** Guanabara Koogan, 2003.

HANSEN JN, *et al.* **Prediction of body composition in premenopausal female from dual-energy x-ray absorptiometry.** J Appl Physiol, v. 75, n. 4, p. 1637-1641, 1993.

HANSEN MA, *et al.* **Role of peak bone mass and bone loss in postmenopausal osteoporosis: 12 year study.** Br Med J, v. 303, p. 961-964, 1991.

HEINONEN A, *et al.* **Randomised controlled trial of effect of high-impact exercise on selected risk factors for osteoporotic fractures.** Lancet, v. 348, n. 9038, p. 1343-1347, 1996.

HORBER FF, *et al.* **Impact of hydration status on body composition as measured by dual energy x-ray absorptiometry in normal volunteers and patients on haemodialysis.** Br J Radiol, v. 65, p. 895-900, 1992.

JAIME PC, *et al.* **Dietary intake of brazilian Black and White men and its relationship to the bone mineral density of the femoral neck.** Sao Paulo Med J, v. 124, n. 5, p. 267-270, 2006.

JONES HH, *et al.* **Humeral hypertrophy in response to exercise.** J Bone Joint Surg Am, v. 59, p. 204-208, 1977.

KANIS JA, *et al.* **A reference standard for the description of osteoporosis.** Bone, v. 42, p. 467-475, 2008.

KANIS JA, *et al.* **The diagnosis of osteoporosis.** J Bone Miner Res, v. 9, n. 8, p. 1137-1141, 1994.

KARLSSON MK, *et al.* **The duration of exercise as a regulator of bone mass.** Bone, v. 28, n. 1, p. 128-132, 2001.

KELLEY GA; KELLEY KS; TRAN ZV. **Exercise and bone mineral density in men: a meta analysis.** J Appl Physiol, v. 88, p. 1730-1736, 2000.

KHAN K *et al.* **Physical activity and bone health.** Champaign: Human Kinetics, 2001.

KIM CS, *et al.* **Prolonged swimming exercise training induced hypophosphatemic osteopenia in stroke-prone spontaneously hypertensive rats (SHRSP).** J Physiol Anthropol, v. 19, n. 6, p. 271-277, 2000.

KOMI, P. **Strength and power in sports.** Blackwell, 2004.

KRAEMER WJ; RATAMESS NA. **Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription.** Med Sci Sports Exerc, v. 36, n. 4), p. 674-688, 2004.

KROLNER B; TOFT B; NIELSEN SP. **Physical exercise as prophylaxis against involuntional vertebral bone loss: a controlled trial.** Clin Sci, v. 64, p. 541-546, 1983.

LANYON LE; HARTMAN W. **Strain related electrical potentials recorded in vitro and in vivo.** Calcif. Tissue Res, v. 22, p. 315-327, 1977.

LASKEY MA; PHIL D. **Dual-energy x-ray absorptiometry and body composition.** Nutr, v. 12, n. 1, p. 45-51, 1996.

LEKAMWASAM S, *et al.* **Association between bone mineral density , lean mass, and fat mass among healthy middle-aged premenopausal women: a cross-sectional study in southern Sri Lanka.** J Bone Miner Metab, v. 27, p. 83-88, 2009.

LIU L *et al.* **Effects of physical training on cortical bone at midtibia assessed by peripheral QCT.** J Appl Physiol, v. 95, p. 219- 224, 2003.

LLOYD T. *et al.* **Adult female hip bone density reflects teenage sports-exercise patterns but not teenage calcium intake.** Pediatrics, v. 106, p. 40-44, 2000.

LOHMAN TG; ROCHE AF; MARTORELL R. Editors. **Anthropometric standardization reference manual**. Champaign, IL: Human Kinetics; 1988.

MACDOUGALL JD, *et al.* **Relationship among running mileage and serum testosterone in male runners**. J Appl Physiol, v. 73, n. 3, p. 1165-1170, 1992.

MAGKOS F, *et al.* **The bone response to non-weight-bearing exercise is Sport-, site-, and sex-specific**. Clin J Sport Med, v. 17, p. 123-128, 2007a.

MAGKOS F, *et al.* **The and intensity of exercise have independent and additive effects on bone mineral density**. Int J sports Med, v. 28, p. 773-779, 2007b.

MAÏMOUN L *et al.* **Testosterone is significantly reduced in endurance athletes without impact on bone mineral density**. Horm Res, v. 59, p. 285-292, 2003.

MAROCO, J. **Análise estatística: com utilização do SPSS**. 3<sup>a</sup> ed. Edições sílabo, 2007.

MAZESS RB, *et al.* **Dual-energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition**. Am J Clin Nutr, v. 51, p. 1106-1112, 1990.

MELTON SA *et al.* **Water Exercise Prevents Femur Density Loss Associated With Ovariectomy in the Retired Breeder Rat**. J Strength Cond Res, v. 18, n. 3, p. 508-512, 2004.

MENKES A, *et al.* **Strength training increases regional bone mineral density and bone remodeling in middle-aged and older men**. J Appl Physiol, v. 74, p. 2478-2484, 1993.

MOREL J, *et al.* **Bone mineral density of 704 amateur sportsmen involved in different physical activities**. Osteoporos Int, v. 12, p. 152-157, 2001.

MORRIS FL *et al.* **Compressive and shear force generated in the lumbar spine of female rowers**. Int J Sports Med, v. 21, p. 518-523, 2000.

MUDD LM; FORNETTI W; PIVARNIK JM. **Bone mineral density in collegiate female athletes: comparisons among sports**. J of Athletic Training, v. 42, n. 3, p. 403-408, 2007.

NAGATA M, *et al.* **Effects of exercise practice on the maintenance of radius bone mineral density in postmenopausal women**. J Physiol Anthropol, v. 21, n. 5, p. 229-234, 2002.

NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH. **Bone Mass Measurement: What the numbers mean?**. 2006. Disponível em: [http://www.niams.nih.gov/Health\\_Info/Bone/Bone\\_Health/what\\_is\\_bone.pdf](http://www.niams.nih.gov/Health_Info/Bone/Bone_Health/what_is_bone.pdf)

NAZARIAN AB, *et al.* **The Comparison of Bone Mineral Density in Lumbar Spines and Femoral Bone Between Professional Soccer Players and Non-Athlete Subjects.** World J. Sport Sci, v. 2, n. 2, p. 106-111, 2009.

NEVILL AM; HOLDER RL; STEWART AD. **Do sporting activities convey benefits to bone mass throughout the skeleton?** J Sports Sci, v. 22, p. 645-650, 2004.

NICHOLS JF; PALMER JE; LEVY SS. **Low bone mineral density in highly trained male master cyclists.** Osteoporos Int, v. 14, p. 644-649, 2003.

NICHOLS JF, *et al.* **Bone mineral density in female high school athletes: Interactions of menstrual function and type of mechanical loading.** Bone, v. 41, p. 371-377, 2007.

NURMI-LAWTON JA, *et al.* **Evidence of sustained skeletal benefits from Impact-loading exercise in young females: A 3-year Longitudinal Study.** J Bone Miner Res, v. 19, p. 314 – 322, 2004.

OCARINO NM; SERAKIDES R. **Efeito da atividade física no osso normal e na prevenção e tratamento da osteoporose.** Rev Bras Med Esp, v. 12, n. 3, 2006.

PACCINI MK; GLANER MF. **Densidade Mineral óssea e absorptometria de raio-x de dupla energia.** Rev Bras Cineantropom desempenho Hum, v. 10, n. 1, p. 92-99, 2008.

PERRY III HM, *et al.* **Age and bone metabolism in African American and Caucasian women.** J clin Endocrinol Metab, v. 81, n. 3, p. 1108-1117, 1996.

PEER KS. **Bone health in athletes: factors and futures considerations.** Orth Nurs, v. 23, n. 3, p. 174-183, 2004.

RECTOR RS, *et al.* **Participation in road cycling vs running is associated with lower bone mineral density in men.** Metab Clin Exp, v. 57, p. 226-232, 2008.

ROCHE AF; HEYMSFIELD SB; LOHMAN TG. **Human body composition.** Champaign Il: Human Kinetics, 1996.

ROCHIRA V, *et al.* **Osteoporosis and male age-related hypogonadism: role of sex steroids on bone (patho)physiology.** Eur J Endocrinol, v. 154 p. 175-185, 2006.

RYAN AS, *et al.* **Effects of strength training on bone mineral density: hormonal and bone turnover relationships.** J Appl Physiol, v. 77, p. 1678-1684, 1994.

RUCCI N, *et al.* **The effect of microgravity on osteoblast metabolism.** Basic Appl Myology, v. 19, n. 2-3, p. 139-149, 2009.

SARTORIS DJ, RESNICK D. **Current and innovative methods for noninvasive bone densitometry.** Radio1 Clin North Am, v. 28, p. 257-278, 1990.

SHIBATA Y, *et al.* **Effects of physical training on bone mineral density and bone metabolism.** J Physiol Anthropol Appl Human Sci, v. 22, n. 4, p. 203-208, 2003.

SILVA CC, *et al.* **Análise preditiva da densidade mineral óssea em adolescentes brasileiros eutróficos do sexo masculino.** Arq Bras Endocrinol metab, v. 50, n. 1, p. 105-113, 2006.

SILVA CC, *et al.* **Mineralização óssea em adolescentes do sexo masculino: nos críticos para a aquisição de massa óssea.** v. 80, n. 6, p. 461-467, 2004.

SILVA RG. **Avaliação da composição corporal e densidade mineral óssea em mulheres com artrite reumatóide.** 2007. 134 f. Dissertação (mestrado em ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo.

STANLEY HL, *et al.* **Does hypogonadism contribute to the occurrence of a minimal trauma hip fracture in elderly men?** J of the Am Geriatrics Soc, v. 39, p. 766-771, 1991.

STEWART AD; HANNAN J. **Total and regional bone density in male runners, cyclists, and controls.** Med Sci Sports Exer, v. 32, n. 8, p. 1373-1377, 2000.

SUBOTNICK SI. **The biomechanics of running: implications for the prevention of foot injuries.** Sports Med, v. 2, p. 144-153, 1985.

TAAFFE DR, *et al.* **High-impact exercise promotes bone gain in well-trained female athletes.** J Bone Miner Res, v. 12, n. 2, p. 255-260, 1997.

TAAFFE DR, *et al.* **Lower extremity physical performance and hip bone mineral density in elderly Black and White men and women: cross-sectional associations in the health ABC study.** J Gerontology, v. 58, n. 10, p. 934-942, 2003.

TATE MK, *et al.* **The osteocytes.** *Int J Biochem Cell Biol*, v. 36, p.1-8, 2004.

TORSTVEIT MK; SUNDGOT-BORGEN J. **Low bone mineral density is two to three times more prevalent in non-athletic premenopausal women than in elite athletes: a comprehensive controlled study.** *J Sports Med*, v. 39, p. 282 – 287, 2005.

TOTHILL P *et al.* **Anomalies in dual energy X-ray absorptiometry measurements of total-body bone mineral during weight change using Lunar, Hologic and Norland instruments.** *British J of Rad*, v. 72, p. 661-669, 1999.

TSUKAHARA N; *et al.* **Cross-sectional and longitudinal studies on the effect of water exercise in controlling bone loss in Japanese postmenopausal women.** *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*, v. 40, n. 1, p. 37-47, 1994.

UZUNCA K, *et al.* **High bone mineral density in loaded skeletal regions of former professional football (soccer) players: what is the effect of time after active career?** *J Sports Med*, v. 39, p. 154-158, 2005.

VALIMAKI MJ, *et al.* **Exercise, smoking and calcium intake during adolescence and early adulthood as determinants of peak bone mass.** *Br Med J*, v. 309, p. 230 -235, 1994.

WHITING SJ, *et al.* **Factors that affect bone mineral accrual in the adolescent growth spurt.** *J Nutr*, v. 134, p. 696S-700S, 2004.

WIGGINS DL; WIGGINS ME. **The female athlete.** *Clin Sports Med*, v. 16, n. 4, p. 593-612, 1997.

WILLIAMS JE, *et al.* **Evaluation of lunar prodigy dual-energy X-ray absorptiometry for assessing body composition in healthy persons and patients by comparison with the criterion 4-component model.** *Am J Clin Nutr*, v. 83, p. 1047-1054, 2006.

WOLMAN RL. **Bone mineral density level in elite female athletes.** *Annals of the rheumatic diseases*, v. 49, p. 1013-1016, 1990.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Prevention and management of osteoporosis, Geneva, 2000.**

ZANKER CL; SWAINE IL. **Responses of bone turnover markers to repeated endurance running in humans under conditions of energy balance or energy restriction.** *Eur J Appl Physiol*, v. 83, p. 434-440, 2000.

ZETHRAEUS N, *et al.* **Cost-effectiveness of the treatment and prevention of osteoporosis—a review of the literature and a reference model.** *Osteoporos Int*, v. 8 p. 9–23, 2007.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE DADOS GERAIS E HISTÓRICO DE  
ATIVIDADE FÍSICA

**PROJETO:** COMPARAÇÃO DA DENSIDADE MINERAL ÓSSEA DE ATLETAS DE AMBOS OS SEXOS  
PRATICANTES DE DIFERENTES MODALIDADES ESPORTIVAS

Questionário de dados gerais e histórico da prática de atividade física

**Nome:**

**Data de Nascimento:**

**Idade:**

**Clube:**

- 1) Sexo: (...) Masculino, (...) Feminino.
- 2) Qual seu estado civil?  
\_\_\_\_\_
- 3) Qual o esporte praticado?  
\_\_\_\_\_
- 4) Você pratica o esporte profissionalmente? (...) Sim, (...) Não.
- 5) Há quanto tempo você pratica, com assiduidade, este esporte?  
\_\_\_\_\_
- 6) Em média, quantos dias na semana, você realiza treinos físicos?  
\_\_\_\_\_
- 7) Em média, quanto tempo você gasta em cada sessão de treinamento? Quantas sessões de treino você realiza por semana?  
\_\_\_\_\_
- 8) Além do seu esporte principal, você pratica com assiduidade, algum outro esporte ou tipo de exercício complementar (ex: musculação, ginástica, yoga, outros)?  
(...) Sim, (...) Não
- 9) Se respondeu sim à questão anterior, por favor, além de descrever o esporte ou tipo de exercício, explique a há quanto tempo pratica o mesmo, bem como, a duração e a frequência semanal de treinamento do mesmo.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 10) No último ano, você teve que parar seu treinamento por algum motivo?

Sim (...), (...) Não

11) Se respondeu sim à questão anterior, por favor, explique o motivo, bem como, o tempo que levou parado.

---

---

---

---

---

12) Se o motivo da suspensão do treinamento deveu-se a alguma lesão, por favor, explique o tipo de lesão sofrida.

---

---

---

---

---

13) Alguma vez seu médico já lhe disse que você tem alguma dessas doenças?

- a. Diabetes melitus
- b. Hipertireoidismo
- c. Hiperparatireoidismo
- d. Artrite reumatóide
- e. Anorexia nervosa

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

***“O respeito devido à dignidade humana exige que toda pesquisa se processe após consentimento livre e esclarecido dos sujeitos, indivíduos ou grupos que por si e/ou por seus representantes legais manifestem a sua anuência à participação na pesquisa”.***(Resolução. nº 196/96-IV, do Conselho Nacional de Saúde).

Eu,..... tendo sido convidad(o,a) a participar como voluntário (a) do estudo Comparação da Densidade Mineral Óssea de atletas de ambos os sexos praticantes de diferentes modalidades esportivas, recebi do Senhor Rodrigo B. de Albuquerque do curso de mestrado em Ciências da Saúde da Universidade Federal de Sergipe –UFS, responsável por sua execução, as seguintes informações que me fizeram entender sem dificuldades e sem dúvidas os seguintes aspectos:

- Que o estudo se destina à identificação da Densidade Mineral Óssea através da utilização do equipamento Absorctometria de raio-x de Dupla Energia (DEXA).
- Que a importância deste estudo é a de se sugerir quais modalidades esportivas promoveriam melhores respostas para a saúde óssea.
- Que o estudo será feito da seguinte maneira: inicialmente responderei um questionário, serei pesado, e será verificada minha composição corporal através da técnica de dobras cutâneas. Em seguida, realizarei a densitometria óssea através do DEXA.
- Que, não haverá risco a minha saúde com a participação no estudo.
- Que os benefícios que poderei esperar com a participação no estudo serão, mesmo que indiretos: um melhor acompanhamento de minha saúde óssea e possíveis intervenções para o aumento da densidade mineral óssea, em caso de déficit.
- Que, sempre que desejar será fornecido esclarecimentos sobre o estudo.
- Que, a qualquer momento, eu poderei recusar participar do estudo e, também, que eu poderei retirar este meu consentimento, sem que isso me traga qualquer penalidade ou prejuízo.
- Que as informações conseguidas através da minha participação não permitirão a identificação da minha pessoa, exceto aos responsáveis pelo estudo, e que a divulgação das mencionadas informações só será feita em discussões acadêmicas-científicas.
- Finalmente, tendo eu compreendido perfeitamente tudo o que me foi informado sobre a minha participação no mencionado estudo e estando consciente dos meus direitos, das minhas responsabilidades, dos riscos e dos benefícios que a minha participação implica, concordo em dele participar e, para isso eu DOU O MEU CONSENTIMENTO SEM QUE PARA ISSO EU TENHA SIDO FORÇADO OU OBRIGADO.

<b>Endereço d(o,a) participante-voluntári(o,a)</b>			
Domicílio:	(rua,	praça,	conjunto):
Bloco:			/Nº:
/Complemento: _____			
Bairro:	/CEP/Cidade:		/Telefone:
Ponto	de		referência:
_____			

<b>Contato de urgência:</b>			
Sr(a). _____			
Domicílio:	(rua,	praça,	conjunto):
Bloco:			/Nº:
/Complemento: _____			
Bairro:	/CEP/Cidade:		/Telefone:
Ponto	de		referência:
_____			

<b>Endereço dos responsáveis pela pesquisa:</b>			
Instituição: Universidade Federal de Sergipe			
Endereço : Rua Tupinambás			
Bloco: /Nº: /Complemento: Nº 78			
Bairro: /CEP/Cidade: Ponta Grossa 57014-820			
Telefones p/contato: (082) 8895-9691			

<p>_____</p> <p>_____</p> <p>(Assinatura ou impressão datiloscópica d(o,a) voluntári(o,a) ou responsável legal - Rubricar as demais folhas)</p>	<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Nome e Assinatura do(s) responsável(eis) pelo estudo (Rubricar as demais páginas)</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------