UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE DE RIBEIRÃO PRETO

DALMO ROBERTO LOPES MACHADO

**MODELO ANTROPOMÉTRICO MULTICOMPARTIMENTAL PARA
PREDIÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL EM MENINAS**

RIBEIRÃO PRETO

2015

DALMO ROBERTO LOPES MACHADO

**MODELO ANTROPOMÉTRICO MULTICOMPARTIMENTAL PARA
PREDIÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL EM MENINAS**

Tese apresentada ao concurso de Livre-Docência junto à Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, na Área de Conhecimento de Medidas e Avaliação em Educação Física e Esporte.

**RIBEIRÃO PRETO
2015**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Machado, Dalmo Roberto Lopes

MODELO ANTROPOMÉTRICO MULTICOMPARTIMENTAL PARA PREDIÇÃO
DA COMPOSIÇÃO CORPORAL EM MENINAS. Ribeirão Preto, 2015.

146 p.: il.; 30 cm

Tese apresentada ao concurso de Livre-Docência junto à Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, na Área de Conhecimento de Medidas e Avaliação em Educação Física e Esporte.

1. Análise multivariada. 2. Gordura. 3. Massa muscular. 4. Crianças e adolescentes.
5. DXA.

AGRADECIMENTOS

A gratidão é a expressão do reconhecimento de nossas limitações e da constante dependência que temos de tudo. Inicialmente agradeço a Deus, pela inspiração quando as ideias faltaram, pela provisão na escassez dos recursos, pelo vigor físico quando as minhas força se esvaíam, e pela sustentação, quando o desânimo parecia maior do que meu entusiasmo. Tudo foi possível somente por Sua misericórdia, amor e graça. Obrigado Senhor!

À minha amada esposa Wania, que a despeito das minhas falhas, sempre ficou ao meu lado e me apoiou, acreditou que eu seria capaz. Seu carinho foi essencial em cada etapa desta nossa vitória. Sua ternura e suas orações me sustentaram e me deram condição de prosseguir. Sua dedicação à família traz alento e auxílio na minha missão de pai e provedor. Juntos, superamos muitas carências: saúde, dinheiro, fé, esperança... Melhor é que sejam dois do que um, pois quando um cai o outro o levanta. Meu eterno amor e carinho a você, querida, pois é capaz de completar aquilo que não sou.

Às minhas filhas Iara e Vanessa, meu amor por vocês é a principal razão da minha dedicação. O tempo que passamos juntos envolve qualidade; o toque de um beijo na face, ternura; as coisas que fazemos juntos (ou por vocês), carinho; e o tempo de um abraço demorado, eterno. Vocês são as joias de maior valor, nossa maior herança, pois desde sempre, sabíamos que em todos os passos da vida que curtimos, fomos muito abençoados. Vocês são presentes de Deus pra mim.

Aos amigos na Universidade, incentivo e cooperação nunca faltaram, a despeito das oposições e da escassez de recursos. Não seria possível nem justo de minha parte tentar listar nomes. O ambiente rico de discussões acadêmicas com os pares rendem muito mais do que conclusões científicas, fomentam as ideias e as possibilidades de parcerias acadêmicas. À EEFERP (em diversos setores), onde pude aprender o significado de satisfação no trabalho e da realização profissional, minha gratidão. Considero-me alguém de muita sorte. Faço o que gosto e ainda me pagam por isso!

Ao GEPEATE – obviamente às pessoas do grupo, que também não devo nominar. Este estudo só foi possível por que participaram das coletas, dedicaram tempo e esforço na capacitação e treinamento pessoal. Saibam que sua vontade de acender na carreira é um estímulo para minha busca de qualificação profissional. Obrigado por andarem “sozinhos” durante o tempo que precisei passar por esta hibernação acadêmica. Foi gratificante saber que mesmo que eu não pudesse estar presente, vocês estavam.

Ao meu ex-orientador Prof. Dr. Valdir J. Barbanti. Ainda hoje continua fazendo brilhantes intervenções, a despeito do pouco contato que mantemos. Tenho aprendido que a qualidade é distinta da quantidade, embora nos cobrem quantitativamente. Como um bom vinho, o tempo é capaz de apurar o meu respeito e admiração por você. Essa é uma das raras vantagens de se envelhecer.

Aos meus pais e familiares, não obstante à distância e autonomia de longa data, sei que sua torcida e suas preces me alcançaram. A quem honra, honra; afinal, vocês fazem parte da minha história de êxito. Sei que minhas conquistas também são razão do seu orgulho. Sim, como pai que também sou, sei como se sentem; e como filho, segue minha gratidão.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo geral.....	4
2.2 Objetivos específicos.....	5
2.3 Definição de termos.....	5
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	6
3.1.1 Aplicabilidade da DXA em Crianças e Adolescentes.....	9
3.2 Estimativa do Tecido Adiposo.....	10
3.3 Estimativa da Estrutura Musculoesquelética	12
3.4 Estimativa do Tecido Ósseo	13
3.5 Pico de Velocidade de Crescimento	15
3.6 Modelos Pediátricos Antropométricos mais Utilizados	16
3.7 Embasamento Teórico na Proposição de Modelos Preditivos.....	20
3.7.1 Precisão das Equações Preditivas	22
4 MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1 Dimensionamento amostral	25
4.2 Participantes da amostra	27
4.3 Classificação de esportistas e não esportistas	27
4.4 Coleta dos dados.....	28

4.4.1	Idade milesimal.....	28
4.4.2	Medidas Antropométricas	29
4.4.3	Maturação.....	31
4.4.4	Densitometria de corpo total.....	33
4.4.5	Transformação de níveis (Molecular para Órgão-Tecidual).....	35
4.4.5.1	Conteúdo mineral ósseo para tecido ósseo.....	35
4.4.5.2	Massa gorda para tecido adiposo.....	36
4.4.5.3	Componente mole magro para tecido musculoesquelético	36
4.4.5.4	Tecido Residual.....	36
4.5	Qualidade das medidas	36
4.6	Procedimentos estatísticos.....	38
4.6.1	Seleção de variáveis para o modelo multicompartimental.....	39
4.7	Análise multivariada da composição corporal.....	40
4.7.1	Estimação dos Parâmetros.....	42
4.7.2	Teste de hipóteses sobre os parâmetros.....	43
4.7.3	Validação do modelo	45
5	RESULTADOS	47
5.1	Descrição da composição corporal por idade e maturação	53
5.2	Resultados da análise multivariada	58
5.2.1	Método de extração fatorial	58
5.2.2	Análise de regressão univariada.....	61
5.3	Análise multivariada da composição corporal.....	64
5.3.1	Confiabilidade e validação do modelo	68
5.3.2	Validação cruzada do modelo.....	69

6	DISCUSSÃO.....	70
6.1	O modelo de análise multivariada.....	76
6.2	Validação do modelo preditivo.....	81
6.3	Limitações do estudo.....	83
7	CONCLUSÕES.....	Erro! Indicador não definido.
	REFERÊNCIAS.....	86
	APÊNDICES	100
	ANEXOS	116

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Determinação do tamanho da amostra.	26
TABELA 2. Classificação do Pico de Velocidade de Crescimento.....	33
TABELA 3. Erro técnico de medida absoluto (ETM) e relativo (ETM%), das medidas de dimensões corporais, DXA, dobras cutâneas, perímetros e diâmetros ósseos.....	38
TABELA 4. Representação para a Análise de Variância Multivariada (MANOVA) para a partição da soma de quadrados entre a regressão e o erro.	44
TABELA 5. Descrição dos componentes corporais, por níveis, determinados por DXA.	47
TABELA 6. Valores descritivos de idades e variáveis antropométricas de meninas.....	51
TABELA 7. Valores descritivos dos componentes da CC, diferenças estatísticas (ANOVA) e tamanho do efeito (η^2) da idade em meninas de 7 a 17 anos.	55
TABELA 8. Valores descritivos dos componentes da CC, diferenças estatísticas (ANOVA) e tamanho do efeito (η^2) da maturação em meninas nos nível -4 a 0 anos para o PVC.	57
TABELA 9. Total da variância explicada pela redução de fatores mediante ACP.	59
TABELA 10. Carga fatorial da solução para cada componente após rotação dos fatores.....	60
TABELA 11. Coeficiente de correlação entre variáveis respostas (Tecidos Ósseo, Adiposo e Músculo esquelético) e	

variáveis explicativas (etárias e antropométricas), em meninas.....	62
TABELA 12. Análise de regressão univariada (<i>Stepwise</i>) e determinantes de multicolinearidade para seleção de variáveis explicativas comuns às variáveis respostas, Tecidos: Ósseo, Adiposo e Musculoesquelético em meninas.....	64
TABELA 13. Ajuste de modelo de regressão multivariada para predição da composição corporal em meninas.	65
TABELA 14. Valores de β para cada componente da composição corporal em meninas.....	65
TABELA 15. Análise de regressão univariada (método Enter) e determinantes de multicolinearidade para as variáveis selecionadas no modelo multivariado.	66
TABELA 16. Uso do modelo antropométrico multicompartimental para cálculo simultâneo de Tecido Ósseo (MO), tecido adiposo (TA), tecido músculo esquelético (TME) e tecido residual (TR), com expressão dos valores de referência (DXA) e diferença entre os valores medidos e preditos.....	83

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Posicionamento do avaliado no equipamento.	34
FIGURA 2. Boxplots do tecido ósseo, tecido adiposo e tecido musculoesquelético em meninas.	53
FIGURA 3. Variância da redução de variáveis a partir dos valores raiz, resultantes da ACP.	59
FIGURA 4. Frequência, correlação e dispersão entre as variáveis respostas da composição corporal de meninas.	66
FIGURA 5. Distribuição multivariada dos resíduos para tecido ósseo (TO), tecido adiposo (TA), e tecido musculoesquelético (TME) de meninas.	67
FIGURA 6. Coeficientes de correlação (r), de determinação (r^2) e erro padrão da estimativa (EPE) para tecido ósseo, tecido adiposo e tecido musculoesquelético de meninas.	69
FIGURA 7. Validação pela soma dos quadrados PRESS, coeficientes de determinação (R^2_{PRESS}) e desvio padrão (S_{PRESS}) para tecido ósseo, tecido adiposo e tecido musculoesquelético do modelo.	69
FIGURA 8. Comparação entre abordagens (3-C e 4-C) de componentes corporais de meninas.	72
FIGURA 9. Componentes corporais medidos e preditos por idade e maturação em meninas de 7 a 17 anos de idade.	81

LISTA DE GRÁFICOS

	Página
GRÁFICO 1. Distribuição setorizada da composição corporal em meninas derivada do DXA e transformada para o nível órgão tecidual.....	50
GRÁFICO 2. Distribuição da composição corporal em meninas derivada do DXA e transformada para o nível órgão tecidual por idade, em meninas de 7 a 17 anos.....	54
GRÁFICO 3. Distribuição da composição corporal em meninas derivada do DXA e transformada para o nível órgão tecidual em meninas, nos nível de maturação de -4 a 0 anos para o PVC.....	55
GRÁFICO 4. Dispersão entre os valores medidos e preditos da composição corporal para tecido ósseo (TO), tecido adiposo (TA) e tecido musculoesquelético (TME) de meninas.....	68

LISTA DE SIGLAS

$\mathcal{E}$	Erro máximo desejado
Z_γ	Grau de confiança
σ^2	Variabilidade da população
σ	Desvio padrão
γ	Índice de confiança
$\bar{X}$	Média amostral
η^2	Eta ao quadrado
%G	Percentual de gordura
2-C	Modelo de dois compartimentos
3-C	Modelo de três compartimentos
4-C	Modelo de quatro compartimentos
Ab	Abdominal
AbH	Abdominal horizontal
ACP	Análise de componentes principais
ACT	Água corporal total
ANOVA	Análise de variância
AP	Altura de pernas
ATC	Altura-tronco-cefálica
AVC	Acidente vascular cerebral
Br	Braço relaxado
Bc	Braço contraído
CC	Composição corporal
Cin	Cintura
CMO	Conteúdo mineral ósseo
CV	Coeficiente de variação
Cx	Coxa
Cx_m	Perímetro de coxa medial
Dc	Dobra cutânea
DC	Densidade corporal
DXA	Absorciometria de raios-X de dupla energia
DMO	Densidade mineral óssea
EPE	Erro padrão de estimativa
ETM	Erro técnico de medida
ETM%	Erro técnico de medida relativo
Es	Esportistas
Fda	Fração da data de avaliação

Fdn	Fração da data de nascimento
GC	Gordura corporal
nE	Não esportistas
IC	Intervalo de confiança
IMC	Índice de massa corporal
IMG	Índice de massa de gordura
IMIG	Índice de massa isenta de gordura
IPVC	Idade para o pico de velocidade de crescimento
K ⁴⁰	Potássio 40
MC	Massa corporal
MG	Massa gorda
MIG	Massa isenta de gordura
MTM	Massa de tecido mole
MM	Massa muscular
MMa	Massa magra
MMII	Membros inferiores
MMSS	Membros superiores
Mo	Mineral ósseo
MO	Massa óssea
n	Número amostral
N	Nitrogênio
nE	Não esportistas
Pm	Panturrilha medial
Pn	Panturrilha
PRESS	Predictive Sum of Squares
PVC	Pico de velocidade de crescimento
Qd	Quadril
R ² _{PRESS}	Coeficiente de determinação - PRESS
RM	Ressonância magnética
Se	Subescápula
Si	Supra da região crista-ílica
S _{PRESS}	Erro de PRESS
TA	Tecido adiposo
TC	Tomografia computadorizada
TME	Tecido musculoesquelético
TO	Tecido ósseo
TR	Tecido residual
Tr	Tríceps
TMM	Tecido mole magro
TMM _A	Tecido mole magro apendicular
VIF	<i>Variance inflation factor</i>

LISTA DE APÊNDICES

	Página
APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - Pais.....	101
APÊNDICE B - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido - Menores	104
APÊNDICE C - Planilha de dados.....	107
APÊNDICE D - Valores medidos e preditos de TO, TA e TME.....	108
APÊNDICE E - Modelos antropométricos da composição corporal para crianças e adolescentes.....	112
APÊNDICE F - Equações preditivas da composição pediátrica tendo DXA como método critério*	115

LISTA DE ANEXOS

	Página
ANEXO A - Apreciação do Comitê de Ética e Pesquisa	117
ANEXO B - Autorização do Setor – HC/FMRP	120
ANEXO C - Concordância da Instituição Coparticipante – HC/FMRP	121
ANEXO D - Autorização da Instituição Participante (Escola).....	122
ANEXO E - Autorização da Instituição Participante (Projeto Nadando na Frente).....	123

RESUMO

MODELO ANTROPOMÉTRICO MULTICOMPARTIMENTAL PARA PREDIÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL EM MENINAS

DALMO ROBERTO LOPES MACHADO

Modelos antropométricos continuam sendo alternativas adequadas para estimativa da composição corporal (CC) de campo para populações pediátricas, todavia os modelos tradicionais não consideram substratos e outros componentes corporais, apresentando limitações em sustentar um padrão representativo. Deste modo, o objetivo deste estudo foi propor e validar um modelo antropométrico multivariado para determinação da CC de meninas, como um instrumento simples, objetivo e preciso. Os objetivos adicionais incluíram a caracterização e a comparação em níveis da CC de meninas a partir de uma abordagem multivariada, utilizando uma técnica densitométrica como método critério. Uma amostra de 130 meninas de sete a 17 anos foi classificada por idade cronológica e maturação a partir do pico de velocidade de crescimento (PVC). Foram realizadas medidas da CC por DXA, sendo definidos valores totais e regionais (g) para massa gorda, tecido mole magro, conteúdo mineral ósseo, densidade óssea e área de varredura (cm²) no nível molecular. Após transformação para o nível órgão-tecidual, foram determinados os

Tecidos: Ósseo (TO), Adiposo (TA) e Musculoesquelético (TME), considerados como variáveis dependentes. Foram ainda registradas 21 medidas antropométricas, envolvendo alturas, perímetros, dobras cutâneas e diâmetros ósseos, consideradas como variáveis independentes. Os resultados mostraram aumento contínuo e expressivo da CC com a idade, porém menor variação, quando agrupadas por maturação. O tipo de abordagem (3-C e 4-C) mostra diferentes graus de sensibilidade no acompanhamento e ajustamento da CC. A partir de uma análise multivariada resultante da equação ($Y_m = X_{(r+1)} \beta_m + \varepsilon_m$), foi possível chegar a um modelo antropométrico multivariado utilizando-se de quatro medidas (massa corporal, dobra cutânea abdominal horizontal, perímetro braço relaxado e diâmetro ósseo bi-ilíaco cristal), com elevados coeficientes de determinação e baixos erros de estimativa. A validação interna do modelo foi confirmada na soma dos quadrados dos resíduos (PRESS = 10,59; 53,40; 121,75), nos coeficientes ($R^2_{\text{PRESS}} = 0,74; 0,88; 0,91$) e na confiabilidade do erro reduzido ($S_{\text{PRESS}} = 0,05; 0,35; 0,16$) para TO, TA e TME, respectivamente. Quando há indisponibilidade para utilização de equipamentos sofisticados em ambientes clínicos ou em campo, este modelo prevê uma alternativa válida para estimar a CC de meninas com características semelhantes às desta amostra.

Palavras-chave: Análise multivariada, Gordura, Massa muscular, Crianças e adolescentes, DXA.

ABSTRACT

ANTHROPOMETRIC MULTICOMPARTMENTAL MODEL FOR PREDICTION OF BODY COMPOSITION IN GIRLS

DALMO ROBERTO LOPES MACHADO

Anthropometric models remain appropriate alternatives to estimate body composition (BC) of pediatric populations in field places, however the traditional models do not consider substrates and other body components, with restrictions to sustaining a representative standard. Thus, the aim of this study was to propose and validate an anthropometric multivariate model to determine the girls BC, as a simple, objective and precise instrument. Additional objectives included the characterization and comparison in BC levels of girls, from a multivariate approach, using a densitometric technique as criterion method. A sample of 130 girls from seven to 17 years was classified by chronological age and maturation from the peak height velocity (PHV). The BC measurements were performed by DXA, and total and regional values have been defined (g) for fat mass, lean soft tissue, bone mineral content, bone density and scan area (cm²), at the molecular level. After transformation to the organ-tissue level, we determined the Bone Tissue (BT),

Adipose Tissue (AT) and Skeletal-muscle (SM) Tissue, considered as dependent variables. They were also registered 21 anthropometric measures, involving heights, perimeters, and skinfolds, and bone diameters, considered as independent variables. As results, the BC with increase age was continuous and significant, and less variant in maturational group. The type of approach (3-C and 4-C) shows different degrees of sensitivity in the monitoring and adjustment of the CC. From a resulting multivariate analysis of the model $(Y_m = X_{(r+1)} \beta_m + \varepsilon_m)$, it was possible to reach an anthropometric multivariate model, using four measurements (body mass, horizontal abdominal skinfold, relaxed arm circumference and biiliac width) with high coefficients of determination and low estimation errors. The internal validation of the model was confirmed in the sum of squares of the residuals (PRESS = 10.59; 53.40; 121.75), in the coefficients ($R^2_{\text{PRESS}} = 0.74; 0.88; 0.91$) and reduced error reliability ($S_{\text{PRESS}} = 0.05; 0.35; 0.16$) to BT, AT and SM, respectively. When there is no availability of sophisticated instruments in field and clinical settings, this model provides to be a valid and alternative solution to estimate BC in a female population with similar characteristics of this sample.

Keywords: Multivariate analysis, Fat mass, Muscle mass, Children and adolescents, DXA.

1 INTRODUÇÃO

A tese de que os modelos antropométricos tradicionais são limitados em sustentar um padrão representativo da composição corporal (CC), será defendida aqui. Equações com base antropométrica continuam sendo alternativas adequadas para estimativa da CC de populações pediátricas, principalmente em configurações de campo. No entanto, com o advento de novas tecnologias surgiram formas inovadoras de análise da CC, tornando necessária uma revisão dos pressupostos metodológicos que a fundamentam, e por quais caminhos essa área de investigação deve avançar.

A CC é uma seção da biologia humana que compreende a quantificação “in vivo” dos elementos corporais, constituída de três áreas intimamente relacionadas: a) os níveis a que pertence e suas regras organizacionais; b) as suas técnicas de medição; e c) os fatores biológicos que a influenciam. A CC está relacionada a múltiplos fatores como nutrição, exercícios, crescimento, desenvolvimento, envelhecimento e doenças associadas (SARDINHA, 2012). Por conta dessa proximidade com o bem estar é que os profissionais da saúde devem se preocupar em monitorar a CC, especialmente quanto à distribuição da gordura corporal (GC). Isso inclui profissionais de educação física, enfermeiros, cuidadores, fisiologistas, peritos em exercício físico, nutricionistas, médicos e outros profissionais da saúde, que após capacitação técnica, devem estar aptos a realizar cuidadosa avaliação e efetivo monitoramento da CC.

É reconhecido que a distribuição topográfica da GC é um fator de risco importante. Embora possa existir redução relativa da GC com o aumento da massa muscular (MM), a adiposidade visceral favorece um perfil associado à síndrome metabólica, doenças cardiovasculares e diabetes mellitus do tipo 2. Trata-se de um fenômeno preocupante do mundo moderno e não exclusivo dos adultos; mas os riscos associados são extensivos às crianças e adolescentes. Por essa razão, a avaliação e monitoramento da CC em crianças-adolescentes assume grande importância diante das seguintes necessidades: a) estudar a prevalência da obesidade pediátrica; b) melhorar o rastreamento genético da CC, sobretudo da GC;

c) associar o comportamento da GC na infância ao padrão assumido na vida adulta; e
d) avaliar as mudanças na CC de uma dada população ao longo do tempo (LOHMAN, TIMOTHY G.; HINGLE; GOING, 2013).

A tendência secular do aumento da GC em crianças foi identificada nos anos 1980 e a preocupação com a saúde das crianças nos EUA cresceu a partir de então (ROSS; GILBERT, 1985; GORTMAKER et al., 1987; ROSS; PATE, 1987), alertando ao risco de uma emergente epidemia de obesidade infantil, que se estende até os dias atuais (LOHMAN, TIMOTHY G.; HINGLE; GOING, 2013). No Brasil, o aumento crescente com o excesso de peso infantil indica tendência na mesma direção (BRASIL, 2010). Dessa forma, o monitoramento preventivo da CC durante o crescimento assume um papel importante. Os procedimentos de rotina em ambientes clínicos ou em campo devem utilizar métodos simples o suficiente para que a CC da criança seja determinada de forma prática e efetiva, mas confiáveis o bastante para que sua estimativa seja precisa e representativa.

Diversas equações pediátricas foram desenvolvidas mediante um modelo de dois compartimentos (2-C) a partir do uso de pesagem hidrostática (WESTSTRATE; DEURENBERG, 1989; DEURENBERG; PIETERS; HAUTVAST, 1990) e outras técnicas densitométricas. Porém esta abordagem se baseia em pressupostos que estabelecem uma relação estável para densidade da massa isenta de gordura (MIG) ($1,100 \text{ g/cm}^3$) e a hidratação (73,2%), pela quantificação da água corporal total (ACT) dentro da MIG. Embora esses valores sejam estáveis em adultos, variam substancialmente durante o crescimento (WELLS et al., 1999; MACHADO, D. R. L. et al., 2013). Na verdade, desde o nascimento até a adolescência, a ACT apresenta redução relativa, ao passo que o mineral ósseo (Mo) aumenta; logo, a densidade da MIG é menor do que $1,100 \text{ g/cm}^3$, valor que será atingido somente quando a maturidade química for alcançada (WELLS et al., 1999).

Portanto, modelos 2-C tendem a superestimar GC e subestimar MIG em crianças, o que o torna inadequado como método de referência para modelos antropométricos. Embora os modelos 3-C e 4-C sejam preferenciais para a determinação da CC em crianças (WELLS et al., 1999), as dificuldades em estabelecer valores de referência para cada componente da CC pediátrica,

permanecem. Ou seja: abordagem multicompartimental (ou multicomponente) parece fazer mais sentido, especialmente quando menos pressupostos são necessários para a medida de mais componentes corporais.

Nesse sentido, dentre os recursos de análise por imagem a absorciometria de raios-X de dupla energia (DXA) apresenta algumas vantagens: menor custo operacional, exposição mínima de radiação, acuidade na definição simultânea de diversos componentes em uma única varredura, entre outros. Assim, a DXA pode ser considerada um modelo 3-C uma vez que estima simultaneamente medidas de forma precisa (HIND et al., 2011; ROTHNEY et al., 2012) e exata (SOPHER et al., 2004; SILVA, A. M. et al., 2006), incluindo medidas de massa gorda (MG), tecido mole magro (TMM) e conteúdo mineral ósseo (CMO).

Soluções simples para estimar a CC em crianças a partir de técnicas antropométricas, como dobras cutâneas, perímetros, diâmetros e circunferências têm sido amplamente utilizadas e são preferenciais em diferentes contextos (LOHMAN, TIMOTHY G.; HINGLE; GOING, 2013; MACHADO, D. R. L. et al., 2013). São alternativas viáveis para uso populacional, por seu baixo custo, por não requerer pessoal altamente treinado, são minimamente invasivas e possuem boa credibilidade científica. Todavia os modelos devem ter abordagem multicompartimental, capazes de ajustar a densidade de diferentes componentes corporais, considerando idade e variação maturacional. Devem considerar os componentes pertencentes à MIG (ex.: ACT, proteína e minerais), resultando em equações com maior validade e precisão (LOHMAN, TIMOTHY G.; HINGLE; GOING, 2013). Quando analisados de forma multivariada, ampliam as chances de robustez dos modelos, aumentando sua capacidade preditiva e reduzindo os erros de estimação (JOHNSON; WICHERN, 1992; NOGUEIRA, 2007; MACHADO, D. R. L. et al., 2013).

Em síntese, estimar a CC de crianças-adolescentes não é uma tarefa fácil, uma vez que: a) as relações entre os componentes corporais durante o crescimento não são constantes como em adultos; b) modelos antropométricos continuam sendo opções adequadas para a determinação da CC de campo, mas a maioria dos modelos deriva de abordagem bicompartimental (modelo 2-C), limitando sua interpretação em mera determinação da MG e da massa magra (MMa); c) essa

restrição atinge a interpretação da CC segundo os tipos físicos, além de não informar o desenvolvimento de componentes essenciais como o tecido musculoesquelético (TME); d) DXA pode ser considerado um método critério para avaliar CC pediátrica, mas seu uso em ambiente de campo é inviável; e e) abordagem multivariada poderia aumentar o potencial preditivo de modelos antropométricos da CC em crianças-adolescentes, embora não sejam comuns.

Deste modo, modelos de simples aplicação, precisos, capazes de prever simultaneamente diversas estruturas corporais (óssea, de gordura e musculoesquelética) são desejáveis. Estudos que levem em conta o fracionamento do peso corporal de forma multicompartimentada, com boa capacidade descritiva e interpretativa da dinâmica da CC durante os anos de crescimento, que considerem os impactos da maturação biológica, podem prover valiosa informação no acompanhamento do crescimento humano. Com exceção dos estudos multicompartimentais (3-C e 4-C) desenvolvidos em laboratórios para proposição de modelos multivariados para o sexo masculino (MACHADO, D. R. L., 2009; MACHADO, D. R. L. et al., 2013; MACHADO, D. R. L.; OIKAWA; BARBANTI, 2013), não foi encontrada nenhuma proposta para o sexo feminino. Assim, uma investigação da CC de forma multivariada em meninas deve contribuir para o avanço do conhecimento na área.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Propor e validar um modelo antropométrico multicompartimental para prever a composição corporal de crianças e adolescentes do sexo feminino, utilizando uma técnica densitométrica como método de critério, a partir da caracterização da CC de meninas em diferentes idades e nível maturacional.

2.2 Objetivos específicos

- a) Descrever a CC de meninas de forma multicompartimentada, no nível molecular e no nível órgão tecidual;
- b) Caracterizar e comparar a CC multicompartimentada no nível órgão tecidual, considerando agrupamento por idade cronológica e por nível de maturação;
- c) Propor e validar um modelo antropométrico multivariado para prever simultaneamente tecido ósseo (TO), tecido adiposo (TA) e TME de meninas, com aceitável confiabilidade e erro mínimo de estimativa;

2.3 Definição de termos

Os componentes da CC estabelecidos variaram em quantidade, terminologia e métodos das medidas, portanto cabem aqui algumas definições terminológicas adotadas para este estudo. A primeira delas refere-se ao termo **Multicompartimental** (*multicomponente*) que representa as divisões possíveis em níveis no estudo da CC, enquanto o termo **Componente** refere-se ao elemento que, ou o que entra, na composição de algum compartimento (PORTUGUESA, 2014).

O termo **Lipídeo** (*Lipídio*) inclui todo material biológico extraído com solventes lipídicos como éter e clorofórmios enquanto, **Gordura** refere-se de forma específica à família dos lipídios constituída em triglicérides (WANG, Z. M.; PIERSON; HEYMSFIELD, 1992). Por sua vez, o **Tecido Adiposo** é constituído por diferentes depósitos de gordura (adiposo visceral, subcutâneo abdominal, subcutâneo gluteofemoral e intramuscular). O **Tecido Musculoesquelético** será considerado como toda estrutura de músculo estriado sob o controle do sistema nervoso somático; ou seja, voluntariamente controlado.

O **Tecido Ósseo** é considerado o principal tecido conjuntivo estrutural e de suporte do corpo, e não deve ser confundido com **Massa Óssea**, que faz referência ao valor ponderal (peso). Nem tampouco com **Mineral Ósseo**, compreendido como o material detectável por técnicas radiológicas, cuja quantificação determina a **Densidade Mineral Óssea**.

3 REVISÃO DE LITERATURA

A partir da primeira edição do *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES) de 1971-1974 até a edição NHANES 2003-2006, a obesidade infantil expressou um crescimento de 5% para 12% nas idades entre dois e cinco anos, de 4% para 17% em crianças entre seis e onze anos, e de 6,1% para 17,6% entre os adolescentes até aos 19 anos (HASSINK, 2010). Em 2011-2012 (NHANES), 8,1% de crianças e bebês tiveram aumento de peso; entre crianças-adolescentes de 2 a 19 anos a prevalência de sobrepeso foi de 16,9% e entre adultos com 20 anos ou mais, o número de obesos reduziu para 34,9% (OGDEN et al., 2014).

Dados do IBGE apontam que na última década a maior preocupação que envolvia o problema da desnutrição no Brasil deu lugar a um espantoso crescimento do excesso de peso infantil. Enquanto os EUA indicam para uma redução desse quadro (OGDEN et al., 2014), no Brasil de hoje os índices são piores e mais preocupantes do que eram os norte americanos. De 1974-1975 a 2008-2009 o excesso de peso em homens adultos saltou de 18,5% para 50,1%. Ou seja, metade dos homens adultos de hoje está acima do peso ideal, ultrapassando os valores apresentados em mulheres, que incidiu de 28,7% para 48% (BRASIL, 2010). Em crianças-adolescentes de dez a 19 anos o aumento nos casos de excesso de peso no período de 1974-1975 a 2008-2009 cresceu de 3,7% para 21,7% entre os meninos, e de 7,6% para 19,4% entre as meninas. A situação é ainda mais alarmante entre os menores (cinco a nove anos), sugerindo uma tendência secular no excesso de peso, com aumentos de 10,9% para 34,8% entre os meninos, e de 8,6% para 32% entre as meninas no mesmo período (BRASIL, 2010). O reflexo dessa realidade aparece no diagnóstico frequente de crianças com doenças típicas de adultos, como altos índices de colesterol, hipertensão, diabetes do tipo 2, resultantes de um estilo de vida inadequado. De modo geral, tem crescido também o risco de infarto e acidente vascular cerebral (AVC) em crianças-adolescentes, em idades cada vez mais precoces (LOHMAN, TIMOTHY G.; HINGLE; GOING, 2013).

Os fatores de risco à saúde também podem estar associados aos tipos físicos definidos geneticamente, detectáveis a partir de índices de proporcionalidade corporal, determinados por técnicas antropométricas como o IMC, índice de

conicidade, proporcionalidade corporal (modelo Phantom) e somatotipia (HEATH; CARTER, 1971). Todavia ainda que cientificamente bem estabelecidos e com alto teor discriminante, o tipo físico trata de uma classificação generalista, podendo ocultar as verdadeiras relações entre os componentes corporais. Por exemplo, a somatotipia que define a estrutura corporal com predominância da gordura para endomorfia – músculo para mesomorfia – e osso para ectomorfia, pode mascarar os fatores de risco durante o estirão de crescimento adolescente. Por exemplo, a ectomorfia – pode acobertar um fator de risco quando a GC é elevada, uma vez que está mais bem distribuída por causa da estatura mais alta do ectomorfo. Na endomorfia – mesmo caracterizada pela predominância de gordura, um corpo jovem que apresenta massa corporal com uma musculatura bem desenvolvida, sinaliza equivocadamente um risco aumentado, especialmente quando utilizados valores de risco generalistas, como o IMC. Embora a somatotipia possibilite a determinação do componente predominante, não apresenta sensibilidade suficiente para quantificar ou definir acuradamente os valores relativos entre os componentes corporais, inibindo o monitoramento eficaz das típicas modificações que decorrem durante o crescimento puberal.

O estudo da CC humana tem uma história recente como parte da ciência moderna de aproximadamente 160 anos, permanecendo ainda como área ativa da pesquisa básica e aplicada. Em meados dos anos 1940, os cientistas avançaram no desenvolvimento do modelo humano quantitativo da CC de dois compartimentos (2-C), compreendendo da definição da MG e MIG (muitas vezes mencionada como MMA), cada um com densidades previamente assumidas como estáveis. Mais tarde, o modelo 2-C foi desenvolvido para o modelo 3-C (água, gordura e massa residual) e 4-C (água, gordura, minerais e proteína), com a estimativa de outros componentes, para além da ACT, a proteína e o Mo (SARDINHA, 2012).

Em condições de laboratório, por exemplo, os pesquisadores usavam técnicas de densitometria e hidrometria para definição de modelos baseados em modelos de 2-C. No campo, a antropometria (dobras cutâneas ou circunferências) e análise de bioimpedância são usadas com maior frequência, ainda que índices mais generalistas como o IMC (kg/m^2), continuem sendo amplamente empregados como medida “representativa” da GC. A aparente simplicidade, velocidade e baixo custo de

algumas das técnicas de campo (IMC, índice de conicidade, proporcionalidade corporal, somatotipia) levaram à sua inquestionável popularidade. Mas a precisão de medidas e redução de erro continua a ser um problema a ser vencido (PEDERSEN; GORE, 2005). Por exemplo, a hidrometria permite o cálculo da MIG assumindo um teor de água de 0,73. O erro na estimativa surge na falha de uma calibração perfeita ou por outras razões biológicas e técnicas, que introduzem a erros no método-critério (SARDINHA, 2012).

Na pesquisa da CC o estado da arte mostra cinco níveis: atômico, molecular, celular, órgão-tecidual e de corpo total (WANG, Z. M.; PIERSON; HEYMSFIELD, 1992). Uma das áreas mais relevantes da pesquisa da CC é a variação que envolve as mudanças relacionadas com as condições fisiológicas ou patológicas em vários níveis e componentes deste modelo. Áreas investigadas incluem o crescimento, desenvolvimento, envelhecimento, etnia, nutrição, exercício, efeitos hormonais e medicamentos que influenciam a CC.

Há pelo menos duas questões problemáticas que envolvem as concepções atuais de modelos 2-C: a primeira está na forma de análise bi componente da CC, considerando meramente a MG e a MMA. A estimativa da MMA quando não define músculos, ossos, órgãos viscerais, sangue, água corporal, substratos biológicos entre outros, pode trazer vieses na interpretação se considerados como um único componente. Abordagens que não consideram uma análise multivariada falham na correta determinação da CC, de forma muito acentuada quando se trata de criança-adolescente.

As melhores alternativas de cunho aplicado utilizam análise por imagem (densitometria), ultra sonografia, ressonância magnética (RM) e tomografia computadorizada (TC) uma vez que são capazes de definir com maior acuidade os diferentes componentes corporais (MACHADO, D. R. L., 2009). Todavia os custos elevados, demanda de profissionais com treinamento especializado, disponibilidade dos equipamentos e recursos financeiros para sua utilização torna o seu uso impraticável em espaços clínicos e populacionais. Além do mais, alguns desses procedimentos resultam em exposição radioativa da criança-adolescente, limitando a frequência sistemática de exames num programa de acompanhamento do desenvolvimento corporal.

No entanto, a disponibilidade da DXA fora dos ambientes clínicos é limitada. Além do mais o TMM representa muito mais do que a estrutura do TME, pertencente ao nível órgão tecidual. O TMM inclui tendões, ligamentos, fáscias, pele, tecidos fibrosos, gordura e membrana sinovial (que são o tecido conjuntivo), além dos músculos, nervos e vasos sanguíneos (que não são apenas do tecido conjuntivo). Portanto, seria adequado transformar as massas obtidas por DXA (nível molecular) para o nível órgão tecidual onde as massas de CMO, MG e TMM são convertidas em tecido ósseo, tecido adiposo e tecido musculoesquelético, respectivamente. Dessa forma, o acompanhamento do desenvolvimento do TA (subcutâneo + visceral + intra e intermuscular), TME total e TO seriam possíveis, de forma continuada.

3.1.1 Aplicabilidade da DXA em Crianças e Adolescentes

Por causa da baixa exposição à radiação e das mudanças na MIG durante o crescimento e desenvolvimento (LOHMAN, T. G., 1986) a DXA é considerada ideal para a estimativa da CC em crianças e adolescentes, no processo de mapeamento das mudanças corporais que ocorrem durante o crescimento (LOHMAN, T.G.; CHEN, 2005). Embora nessa etapa da vida ocorra maior hidratação da MTM, a variação da estimativa do %G dada por DXA, é menor do que 1%.

Existem modelos de referência ajustados para CC de crianças e adolescentes utilizando DXA, especificamente entre as idades entre cinco e 19 anos (ELLIS, K. J. et al., 2000). Estas análises confirmam as primeiras estimativas para MIG e MG (FOMON et al., 1982) a partir de dados da literatura obtidos até então.

A possibilidade de a DXA estimar os três principais componentes (MG, TMM e CMO), figura nos dois principais constituintes da CC no nível celular (CMO e fluído extracelular). A relevância deste fato se dá pela expectativa de desidratação de até 70% que ocorrerá durante os primeiros 120-140 meses (10-11 anos) (SOPHER; SHEN; PIETROBELLI, 2005). Embora estes dois componentes (CMO e fluído extracelular) aumentem com a idade, não diferem em taxas relativas entre si, embora não sejam metabolicamente homogêneos com respeito às diferentes idades. Assim os resultados devem ser interpretados de considerando-se estas proporções (FOMON et al., 1982).

Durante a infância e adolescência, o elevado nível de hidratação da MIG e baixo do CMO, limitam a precisão dos modelos 2-C com base na pesagem hidrostática ou técnicas pletismográficas (FIELDS; GORAN; MCCRORY, 2002). Assim, o uso de modelos multicompartimentais em população pediátrica teria mais sentido, muito embora não sejam comuns. Por outro lado, as propostas de análise multicompartimental da CC normalmente envolve o nível molecular, enquanto as medidas antropométricas abrangem o nível órgão-tecidual, tornando altamente recomendável o ajuste de níveis, para uma adequada análise da CC da criança-adolescente.

Com esse cuidado a DXA passa a ser uma alternativa de grande potencial nos estudos pediátricos, pela baixa exposição radiológica, pela praticidade e rapidez na estimativa dos multicomponentes corporais, por permitir melhores interpretações da CC durante o crescimento e por permitir adequada associação com as estimativas antropométricas. SILVA, ANALIZA M.; FIELDS; SARDINHA (2013) apresentam uma revisão (de 1985 a 2012) com uma seleção de equações preditivas da MG e MIG a partir de técnicas antropométricas e por bioimpedância elétrica, usando DXA nos modelos 3-C e 4-C como método critério (APÊNDICE F). Todavia nenhum dos modelos tenta prever mais de um componente, senão apenas MG ou MIG.

3.2 Estimativa do Tecido Adiposo

Diversos recursos estão disponíveis para estimar GC total ou TA. Os métodos por imagem como TC axial e RM são utilizados para análise do TA no nível órgão tecidual. Conforme proposto por (WANG, Z. M.; PIERSON; HEYMSFIELD, 1992) têm alta precisão e também alto custo. Outros métodos como a DXA e o deslocamento de ar por pletismografia estimam a GC total no nível de componente tecidual e molecular com custos menores. GC total e massa de TA não podem ser entendidas como sinônimas, pois o TA contém 80% de gordura e esta também pode ser encontrada em outros tecidos (i.e. ósseos, medulares, teciduais e musculares).

Durante o crescimento de crianças, por exemplo, a variação da MIG representa $\frac{2}{3}$ do %G, sugerindo que o uso do %G para definir obesidade é

dependente da MIG. Esta questão é crucial durante o período de crescimento (WELLS, 2001), uma vez que as relações são diferentes dos adultos. Uma forma de regularizar este problema pode ser a utilização de índices (SARDINHA; TEIXEIRA, 2005) para massa de gordura (IMG) e para MIG (IMIG), capazes de detectar as mudanças nos estoques de gordura e de MIG durante o crescimento. As mudanças anuais ocorrentes nos meninos são mais dependentes do IMIG do que do IMG. Nas meninas, as mudanças longitudinais são similares para IMIG e IMG até aos 16 anos, quando então as mudanças da CC são atribuídas ao IMG. Essas observações sustentam a necessidade de monitorar a extensão que cada componente contribui para as mudanças na CC de meninos e meninas durante certas fases de crescimento.

Existem estudos que propõe valores de referência para IMG e IMIG para uma ampla faixa etária adulta (SCHUTZ; KYLE; PICHARD, 2002) e pediátrica (NAKAO; KOMIYA, 2003), todavia há necessidade de avanços nas pesquisas que façam a associação entre o IMG com a obesidade relacionada às doenças, como forma de julgar sua aplicação de modo mais específica para várias idades (SARDINHA; TEIXEIRA, 2005).

Dentre outras medidas antropométricas, as medidas de dobras cutâneas expressam a GC por representar bem suas proporções. Todavia a considerável variabilidade inter-participantes e as taxas de variação dos depósitos de gordura num determinado local sugerem que as comparações podem ser fortemente influenciadas por idade, sexo, raça, local da dobra cutânea (Dc) e grau de obesidade. Assim, os modelos descritivos desenvolvidos para populações com características específicas devem ser vistos com cautela antes de serem adotados. O uso de Dc de forma exclusiva ou combinadas com outras medidas antropométricas tem sido empregado para substituir adiposidade corporal em estudos relacionados à saúde (SARDINHA et al., 2000; TEIXEIRA et al., 2001).

Em relação à adiposidade corporal e a distribuição de gordura na promoção da saúde, as evidências mostram que o aumento da adiposidade está associado ao risco de doenças cardiovasculares e lesões arteriais e coronarianas, presentes também em crianças e adolescentes. E as Dc podem ser usadas para estimar %G e identificar as crianças e adolescentes com tais riscos, muito embora

haja necessidade de programar e ampliar o uso de métodos mais precisos para estimar o acúmulo do TA regional e total (SARDINHA; TEIXEIRA, 2005).

3.3 Estimativa da Estrutura Musculoesquelética

Métodos para determinação da CC em humanos enfatizam a estimativa da GC enquanto as técnicas para estimar TME são limitadas (LUKASKI, 1987; HEYMSFIELD et al., 2005). Certamente esta ênfase reflete em parte, a demanda de a comunidade científica estimar o %G por ser um preditor de risco de desenvolvimento de doenças crônicas. Todavia com o avanço das técnicas de análise multicompartimentada, tem ocorrido uma reavaliação da importância na estimativa *in vivo* da estrutura musculoesquelética, principalmente no esporte.

A estrutura muscular é representada em três formas de músculo: esquelético, liso e cardíaco. O TME ou estriado representa de 30% a 40% da massa corporal de uma mulher saudável ($\cong 58$ Kg) ou de um homem ($\cong 70$ Kg) (ICRP¹ apud LUKASKI, 2005). Em adultos, são encontrados maiores volumes musculares nos membros inferiores do que no restante do corpo (cabeça, tronco e membros superiores).

Indicadores antropométricos têm sido utilizados para estimar a TME, a partir de algumas medidas corporais. Geralmente um grupo muscular é selecionado com o pressuposto de que estas medidas refletem a TME daquela região e que esta estimativa é diretamente proporcional ao TMM corporal (VALENTE-DOS-SANTOS et al., 2014). Um exemplo bastante utilizado desse procedimento foi apresentado nos anos 60 por (JELLIFFE, 1966), onde o perímetro do músculo foi estimado a partir de uma simples variável: o perímetro de braço corrigido pela Dc.

Ainda que estes resultados sejam encorajadores, não se conhece a precisão ou sensibilidade para monitorar pequenas mudanças no TME associados à perda ou ganho de massa corporal. A pesquisa disponível não tem considerado sistematicamente a potencial contribuição da maturação biológica na variabilidade interindividual do TME, de forma muitas vezes independente da idade cronológica

¹ International Commission of Radiological Protection (ICRP). **Report of the task group on reference man.** Oxford: Pergamon Press. p.108-112, 1975.

(VALENTE-DOS-SANTOS et al., 2014), principalmente por se tratar de modelos propostos para população adulta (MACHADO, D. R. L., 2009).

Em contraste aos métodos indiretos, as técnicas radiográficas permitem visualizar diretamente os componentes da CC, incluindo TA, osso e músculo. A estimativa indireta dessas estruturas é particularmente complexa em crianças e adolescentes, no entanto mediante DXA tem sido propostas equações antropométricas para estimar tanto a MM (MACHADO, D. R. L., 2009) como o TMM (MACHADO, D. R. L. et al., 2013) para meninos até aos 18 anos de idade. Além de proporcionar respostas diferenciadas dos tecidos, possibilitam medidas regionalizadas e de corpo total. As três técnicas mais utilizadas são: TC, imagem por RM e DXA.

Nesta direção, foram propostos e validados por TC modelos preditivos para estimativa do TME a partir do TMM apendicular (TMM_A) em adultos (KIM et al., 2002) e quatro anos mais tarde o mesmo princípio foi aplicado para o desenvolvimento de modelo para crianças e adolescentes (KIM et al., 2006). A partir da estimativa do TMM_A obtida por DXA, o TME total é predito, assumindo como pressuposto que a maior parte (>90%) está concentrada nos membros superiores e inferiores, mediante equação para adultos (KIM et al., 2002), apresentado na eq. (1);

$$TME = 1,19 \times TMM_A - 1,65; \quad (1)$$

($r^2=0,96$, EPE=0,163 kg, $p=0,001$)

ou para crianças (KIM et al., 2006), na eq. (2):

$$TME = 1,003 \times TMM_A + 0,039 \times \text{Massa corporal} - 1,315 \quad (2)$$

($r^2=0,985$, EPE=0,524 kg, $p=0,001$)

3.4 Estimativa do Tecido Ósseo

Historicamente um dos principais obstáculos para estimar a CC tem sido a dificuldade na quantificação *in vivo* do TO. Os primeiros estudos se baseavam na análise do esqueleto total, secções ósseas e em clichês radiográficos padronizados (MALINA, R. M., 2005). Esses estudos sugeriam variabilidade da mineralização e massa óssea (MO) associada à idade, sexo, raça e fatores étnicos.

A partir das novas tecnologias, incluindo a DXA, foram possíveis novas percepções do esqueleto como componente da CC e do *status* do Mo. Os ossos mostram contribuição distinta na composição do tamanho total do esqueleto e da estatura. Essas proporções variam com a idade, sexo e etnia (MALINA, ROBERT M. ; BOUCHARD; BAR-OR, 2004) e provavelmente influenciam a estimativa da CC total.

Como o porcentual da massa corporal, a hidratação óssea do esqueleto compreende cerca de 3% da massa do feto para o recém-nascido e de 6% a 7% da massa corporal em adultos jovens; o CMO compreende cerca de 2% da massa corporal na infância e 4% a 5% em adultos (MALINA, R. M., 2005). A MO (sem gordura) é composta por Mo e matriz óssea orgânica. A relação da massa entre a porção cinza (compostos ósseos hídricos) e a porção seca, provê a estimativa do CMO. Embora a densidade óssea diminua com a idade da adultície à velhice, a porção relativa cinza do osso varia (TROTTER; HIXON, 1974).

Considerando que o CMO medido pela DXA representa a parte óssea cinza (*ash*) do TO total, torna-se necessária a consideração da porção orgânica – que não é seca (no *dry*). Aproximadamente 1g da MO contém 0,9582 de porção óssea cinza (Mo), assim, BALLOR (1996) estimou que a porção óssea cinza talvez representasse aproximadamente 95,82% da MO total. Portanto, a massa esquelética deveria ser corrigida, multiplicando-se o CMO (medido por DXA) por 1,0436. Ainda que existam significantes diferenças na estimativa do CMO entre sistemas comerciais DXA, isto deverá representar um impacto mínimo sobre a estimativa multicompartimental da CC (MODLESKY et al., 1999). A estrutura óssea de rapazes pesa em média, cerca de 95g a menos do que das moças durante a infância, invertendo-se na idade adulta para cerca de 4,0 e 2,8kg, para o esqueleto masculino e feminino, respectivamente (MALINA, R. M., 2005).

As meninas apresentam diferenças ligeiramente maiores do CMO total e regional (de membros) até o início do estirão de crescimento da adolescência (por volta dos 12 anos). Porém durante o estirão dos meninos, o Mo de membros e de corpo total acumula maiores taxas do que as meninas, contribuindo para as diferenças da densidade mineral óssea (DMO) total e de membros (MALINA, ROBERT M. ; BOUCHARD; BAR-OR, 2004). Esse aumento continua até por volta dos 20 anos, com menores taxas nas meninas persistindo durante a idade adulta.

3.5 Pico de Velocidade de Crescimento

Nas investigações da área da Educação Física um dos recursos mais utilizado ainda tem sido a maturação puberal (ou sexual) que é determinada por observação do desenvolvimento das características sexuais secundárias (mamas para as meninas, genitálias e testículos para os meninos e pilosidade pubiana para ambos) (BORGES; MACHADO, 2012). A idade esquelética é outro importante indicador na determinação do nível maturacional e por estar associada aos indicadores de maturação sexual, foi utilizado como método de referência para a idade sexual (características sexuais secundárias). Todavia o alto custo e complexidade operacional têm reduzido sua utilização nos estudos da ciência esportiva (MACHADO, D. R. L., 2004).

Outro procedimento disponível é o acompanhamento do crescimento somático, que pode ser definido como um processo em que os indivíduos alteram de modo contínuo a magnitude do seu tamanho e forma corporal num dado intervalo de tempo. O acompanhamento envolve monitoramento das variações antropométricas, sendo a idade do PVC um dos seus mais importantes indicadores (MALINA, ROBERT M. ; BOUCHARDE; BAR-OR, 2004). Durante o PVC da adolescência, ocorrem aceleração e desaceleração do crescimento esquelético refletindo num grande incremento do crescimento pôndero-estatural (BORGES; MACHADO, 2012). Neste sentido, MIRWALD et al. (2002) desenvolveram uma técnica prática e não invasiva, que requer apenas uma avaliação das medidas antropométricas, capaz de prever a distância em anos em que um indivíduo se encontra da sua idade do PVC. Na sequência estão expressas a eq. (3) para rapazes e eq. (4) para moças.

Para rapazes

$$\begin{aligned} \text{PVC} = & - 9,236 + 0,0002708 (\text{AMI} \times \text{ATC}) - 0,001663 (\text{I} \times \text{AMI}) + 0,007216 (\text{I} \times \\ & \text{ATC}) + 0,02292 ((\text{MC}/\text{E}) \times 100) \end{aligned} \quad (3)$$

($r=0,94$; $r^2=0,891$; $\text{EPE}=0,592$)

Para moças

$$\begin{aligned} \text{PVC} = & - 9,376 + 0,0001882 (\text{AMI} \times \text{ATC}) + 0,0022 (\text{I} \times \text{AMI}) + 0,005841 (\text{I} \times \\ & \text{ATC}) + 0,002658 (\text{I} \times \text{MC}) + 0,07693 ((\text{MC}/\text{E}) \times 100) \end{aligned} \quad (4)$$

($r=0,94$; $r^2=0,89$; $\text{EPE}=0,569$)

Onde:

AMI = altura de membros inferiores (cm)

ATC = altura-tronco-cefálica (cm)

I = idade (anos)

MC = massa corporal (kg)

E = estatura (cm)

Todavia, como todo método estimativo, seu uso indiscriminado não é recomendado (MALINA, ROBERT M. et al., 2012; MALINA, ROBERT M.; KOZIEŁ, 2014b; a). Pois as diferenças médias entre o PVC previsto e real embora razoavelmente estáveis entre meninos de 13 e 15 anos, pode variar nas idades mais precoces ou tardias (MALINA, ROBERT M.; KOZIEŁ, 2014a).

3.6 Modelos Pediátricos Antropométricos mais Utilizados

A partir das primeiras tentativas de MATIEGKA em 1921 de estimar a GC a partir de seis dobras cutâneas, BROŽEK e KEYS em 1951 foram os primeiros a utilizar a relação entre dobras e densidade corporal (DC) para estimar gordura. Em uma das primeiras propostas pediátricas para estimativa da gordura a partir das dobras cutâneas, DURNIN e RAHAMAN (1967) compararam 105 adultos jovens (Idades: 18-36 anos; Masc.=60; Fem.=45) com 86 adolescentes (Idades: 12-16 anos; Masc.=48; Fem.=38), classificando-os inicialmente em magros, intermediários, “rechonchudos” (sobrepesados) e obesos. As dobras cutâneas resultantes da regressão foram das mesmas regiões para ambos os sexos (bíceps, tríceps, subescapular e supra ilíaca).

Em 1986, LOHMAN faz uma importante revisão dos 25 anos anteriores da pesquisa da CC envolvendo crianças e adolescentes e propõe importantes considerações às propostas existentes. Seu enfoque figura nas constantes dos modelos até então, na aplicação das técnicas de CC e na origem dessas constantes, visto que foram desenvolvidas a partir de estudos em cadáveres adultos. Já menciona a necessidade de substituir os usuais modelos 2-C, uma vez que a maturação química não vinha sendo considerada nesses procedimentos. Nesse

estudo, LOHMAN, T. G. (1986) já esboça algumas propostas de diferentes investigadores, na consideração dos multicomponentes da CC. Considera que a criança-adolescente tem maior quantidade de água corporal com menor DC que o adulto, o que refletiria em menor estimativa de gordura calculada com os modelos até então existentes. A diminuição da água corporal durante a adolescência representa 72% a 73% da estimativa da GC nessas idades, permitindo superestimar a massa corporal magra e subestimar a gordura (MACHADO, D. R. L., 2009).

Da infância até a vida adulta, o CMO varia em ambos os sexos de 3,7% para 6,8%, considerando ainda o componente mineral do tecido não ósseo. Assim, quando essas análises são efetuadas transversalmente, podem fornecer o processo das mudanças do CMO e a DC de forma mais precisa, tornando mais precisa também a estimativa do %G corporal. Nessa revisão LOHMAN (1986) apresenta a estimativa da DC nas diferentes idades, do nascimento aos 22,5 anos de vida. A partir dessa abordagem, a relação entre dobras cutâneas e densidade é apresentada de forma detalhada, bem como as comparações entre modelos bi e multicompartimentais. Uma importante observação desse estudo está no anúncio do motivo da diminuição de água corporal. O aumento da MIG durante o crescimento não pode explicar a diminuição da água observada em rapazes e moças, uma vez que tecido magro tem maior quantidade de água (77%). Assim a principal causa da diminuição observada estaria na diminuição do espaço extracelular.

São indicados ainda quatro principais problemas na estimativa da CC em crianças e adolescentes, que foram essenciais para as investigações subsequentes da área:

1. Equações derivadas para crianças e jovens são geralmente estimadas a partir de um amplo campo de participantes (pré-púberes, púberes e pós-púberes);
2. O desenvolvimento de regressões geralmente se origina em um método de CC e um sistema de dois componentes, provendo vieses na estimativa de gordura para participantes quimicamente imaturos. Principalmente se forem utilizados na densitometria, hidrometria ou espectrometria de potássio 40 (K^{40}).

3. Poucas equações têm sido extensivamente validadas de forma cruzada em outras populações, bem como a identificação de sub-amostras não têm sido realizada de forma eficiente (i.e. participantes de origem esportiva ou de diferentes etnias).
4. Variação nos locais de medidas de dobras cutâneas, perímetros ou diâmetros ósseos.

A partir dessas considerações e por atender parte dessas questões, LOHMAN (1986) sugere a utilização da equação proposta por BOILEAU et al. (1984). Entretanto, nesse modelo, quando o fator maturacional foi considerado, os valores do intercepto variaram entre as idades. Assim, as idades propostas nos modelos preditivos de DC, têm maior alusão à distinção maturacional que etária. LOHMAN (1986) ainda alerta que em populações de esportistas, as estimativas podem apresentar direções equivocadas nas necessidades de perda de peso corporal ou nas adequações da CC, não devendo ser empregadas nessas populações.

Em 1988 é proposto o estudo mais evidente na área (SLAUGHTER et al., 1988), que consideravam três diferentes abordagens: a) DC a partir da pesagem hidrostática e volume residual; b) DC e ACT; c) DC, ACT e Mo. A derivação do modelo considerou nove dobras cutâneas, quatro níveis de maturação, sexo e etnia (brancos e negros). O estudo envolveu 310 crianças, adolescentes e adultos sendo desenvolvido em Illinois (n=182) e replicado no Arizona (n=182). A classificação por maturação sexual (TANNER, 1962) foi utilizada para agrupar os jovens em pré-púberes, púberes, pós-púberes e adultos. Embora a amostra tenha sido composta por escolares envolvidos em programas de esporte, esse critério não foi utilizado para discriminar os participantes.

Nesse mesmo período, apenas um ano mais tarde, surgem alternativas mais objetivas do diagnóstico da obesidade infantil (WESTSTRATE; DEURENBERG, 1989). A partir das equações de DURNIN e WOMERSLEY (DURNIN; WOMERSLEY, 1974)(1974) fundamentadas na DC surgem modelos ajustados para determinação do %G em vez das equações para conversão de Siri e Brozek (FOMON et al., 1982), sem, todavia considerar a volatilidade da DC durante o crescimento. Esta nova proposta abrangia estimativas da CC para rapazes dos dois aos 18 anos enquanto dois modelos eram utilizados para as moças (2 a 10 e 11 a 18 anos). O principal

pressuposto dessa proposta se fundamentava na variação da densidade da MIG nas diferentes idades. Além do modelo de referência (pesagem hidrostática) empregado nas propostas até então, não considerar a distinção do tecido magro, a participação da avaliada no momento da medida era um fator decisivo na estimativa da densidade da MIG. Assim, um modelo de dobras cutâneas que corrigisse a DC para cada idade e sexo, poderia ser uma alternativa mais viável para estimar o %G corporal durante o crescimento.

Em 2009 Machado propôs um modelo antropométrico multivariado para estimar simultaneamente MG, MO e MM para meninos, com altos coeficientes de determinação e baixos erros de estimativa (MACHADO, D. R. L., 2009). Todavia não fez a transformação de níveis, interpretando o TMM dado por DXA como o volume muscular total. A tentativa sempre era busca da eficiência na simplicidade de aplicação, sem abrir mão da precisão dos modelos. Dessa forma, novos modelos foram propostos utilizando entre uma e quatro variáveis antropométricas (MACHADO, D. R. L. et al., 2013) para estimar MG de meninos de 8-18 anos. Todavia DXA pertence ao nível molecular (WANG, Z. M.; PIERSON; HEYMSFIELD, 1992) a despeito de sua validade não é um recurso disponível para estudos de campo, assim, um novo modelo antropométrico (com abordagem multivariada), mas desta vez propondo um modelo antropométrico substitutiva da DXA, foi proposto (MACHADO, D. R. L.; OIKAWA; BARBANTI, 2013) colocando-se como uma solução válida e alternativa para estimar a MG, CMO e TMM em uma população pediátrica do sexo masculino. Uma apresentação dos modelos antropométricos da CC para crianças e adolescentes citados aqui está descrita no APÊNDICE F.

O interesse pela investigação no campo da CC pediátrica se expande rapidamente (SARDINHA et al., 2000), bem como o uso de modelos que exijam recursos com boa relação custo-benefício. Uma temática que sustenta essa questão é que a criança não é um adulto em miniatura, assim, modelos propostos para adultos não são apropriados para crianças e adolescentes. Algumas considerações precisam ser feitas ao serem adotados tais modelos. A despeito da inocuidade da interpretação imediata das informações, da menor exigência de cooperação da avaliada, dos baixos custos e do não requerimento de pessoal altamente qualificado, equações antropométricas são alternativas de medida duplamente indireta. Na

escolha do melhor modelo deve-se levar em conta a especificidade da população de origem; a variabilidade na precisão e robustez do modelo quando aplicado em outras populações; a padronização das técnicas de medidas; os pressupostos e fundamentos teóricos que derivaram o modelo de regressão preditiva; e a variabilidade técnica intra e inter-testadores.

3.7 Embasamento Teórico na Proposição de Modelos Preditivos

Elementos da CC são mensuráveis no corpo total ou em regiões específicas. Os componentes (alteráveis) de um elemento são tipicamente definidos pelo volume de distribuição desses (SUN; CHUMLEA, 2005). Uma vez medida determinada propriedade, esta deve ser matematicamente transformada numa massa desse componente de interesse. O processo de transformação requer o uso de uma função matemática, que pode ser arbitrariamente chamada de: equações do tipo I ou equações do tipo II (HEYMSFIELD et al., 1997).

A equação do tipo I é baseada em uma relação empírica entre o componente e a propriedade medida. O método de referência é utilizado para estimar o componente em um grupo bem definido de participantes, em que a propriedade é também medida. A equação preditiva estatisticamente derivada do componente é desenvolvida e então validada (ex.: por validação cruzada) em um novo grupo de participantes. Essa equação preditiva pelo componente é chamada de descritiva ou função matemática do tipo I. Há um grande número dessas equações baseadas na propriedade exemplificada no nível atômico de componentes, como:

$$\text{Gordura} = 0,65 \times \text{Peso corporal} - 0,21 \times \text{Estatura} + 14,1 \quad (5)$$

$$\text{MIG} = 0,85 \times \text{Altura}^2 / \text{Impedância elétrica} + 3,04 \quad (6)$$

$$\text{Músculo} = 18,9 \times \text{Creatina} + 4,1 \quad (7)$$

(Adaptado de Heymsfield et al., 1997)

O segundo tipo de equação é o tipo II, baseada na relação estável entre propriedades e componentes, muitos dos quais podem ser compreendidos com base na sua fundamentação biológica. Estas equações são também chamadas de equações mecânicas. São encontrados diversos exemplos no nível atômico ou como

são conhecidos, componentes de alto nível (HEYMSFIELD et al., 1997). Por exemplo, (eq. 8 a 10):

$$\text{Proteína} = 0,335 \times \text{Água Corporal Total} \quad (8)$$

$$\text{Proteína} = 6,25 \times \text{Nitrogênio Corporal Total} \quad (9)$$

$$\text{MIG} = 1,37 \times \text{Água Corporal Total} \quad (10)$$

(Adaptado de HEYMSFIELD et al., 1997)

Modelos de CC do tipo I são desenvolvidos a partir de métodos de referência estabelecidos, por exemplo: antropometria, bioimpedância, interactância de raios infravermelho, incluem erros a partir dos seus métodos de referência, portanto não servem como padrão de referência.

Por outro lado, os métodos de CC do tipo II podem, como alguns métodos de análise por ativação de nêutrons, DXA, pesagem hidrostática e RM são geralmente citadas como referência padrão *in vivo*. Julgar a aplicabilidade de um método de referência requer uma análise dos riscos de erros a partir de duas questões principais: o modelo e a técnica. Alguns modelos são extremamente estáveis enquanto outros não. Por exemplo: modelos baseados em relações químicas ($N/\text{proteína} = 0,16$) são muito estáveis sobre quase todas as circunstâncias. Modelos desenvolvidos a partir de relações não químicas (i.e. $ACT/MIG = 0,732$) são menos estáveis por serem influenciados por doença, gravidez, nível do amadurecimento entre outras condições que derivam do “normal” (HEYMSFIELD et al., 1997).

Uma missão importante na pesquisa da CC é encontrar o melhor método de referência ou o padrão-ouro. A despeito da possibilidade de pesagem de órgãos ou análise química de cadáveres humanos, capazes de fornecer uma medida mais precisa da maioria dos componentes, poucas análises de corpo total de cadáveres foram realizadas, e há muitos problemas técnicos com esta abordagem (HEYMSFIELD et al., 1997). Métodos de CC do Tipo II, como ativação de nêutrons, DXA, pesagem hidrostática e RM são frequentemente citados como padrões de referência *in vivo*.

O método escolhido para o desenvolvimento de um modelo depende principalmente da hipótese do estudo ou aplicação clínica. HEYMSFIELD et al.,

(1997) deixam uma série de perguntas como fatores a serem considerados na escolha de um método de referência: É o método adequado para avaliações individuais ou em grupo? O método é capaz de oferecer resultados precisos dos componentes dentro do nível investigado? Ou seja, as equações preditivas (do tipo I ou II) são apropriadas para a população de estudo? São necessárias medidas regionais ou de corpo total? É o método suficientemente fidedigno para detectar mudanças hipotéticas ao longo do tempo? Custo do instrumento ou dos reagentes necessários, segurança e portabilidade são considerados? Informações adicionais podem ser encontradas em livros didáticos da CC (FORBES, 1987; HEYMSFIELD et al., 2005).

3.7.1 Precisão das Equações Preditivas

De acordo com a estatística, a precisão de uma equação preditiva quando aplicada em diferentes amostras deve ser a mesma da amostra de origem. Uma variável predita por uma equação é conhecida como variável resposta e é predita por outras variáveis (explicativas) utilizadas na equação. Alguns fatores que podem afetar a precisão de uma equação preditiva (SUN; CHUMLEA, 2005), podem incluir:

- Validade da variável resposta;
- Precisão das variáveis preditivas;
- Relação estatística e biológica intra e inter-variáveis explicativas e a variável resposta;
- Métodos estatísticos usados para formular a equação; e
- Tamanho da amostra.

Geralmente os modelos utilizados para calcular o %G e MIG a partir da densitometria, utilizam o modelo de 2-C (DURNIN; RAHAMAN, 1967; LOHMAN, T. G., 1986; SLAUGHTER et al., 1988; WESTSTRATE; DEURENBERG, 1989; DEURENBERG; PIETERS; HAUTVAST, 1990), derivados de pesagem hidrostática corrigida pelo volume residual. Essas medidas são sensíveis e estão relacionados ao desempenho dos sujeitos avaliados no momento das medidas, implicando no aumento do erro de medidas (SUN; CHUMLEA, 2005), principalmente crianças estão

envolvidas. Além do mais, modelos 2-C incorretamente assumem que a densidade da MIG e a fração de água são constantes em todas as idades e sexos (LOHMAN, T. G., 1986; CHUMLEA, W. M.; GUO, 2000), limitando sua interpretação em população pediátrica. Desta forma, modelos multicompartimentais devem ser utilizados quando incluem DC, CMO, ACT (LOHMAN, T. G., 1986; CHUMLEA, W. C. et al., 2003), muito embora ocorra um acúmulo de erros de medidas nestes modelos potencializando os erros ao serem calculados isoladamente os componentes da CC (HEYMSFIELD et al., 1990).

Variáveis resposta ou variáveis dependentes, geralmente são aquelas que se pretende estimar. As variáveis explicativas ou variáveis independentes são as medidas utilizadas para explicar (ou prever) determinado componente resposta (Ex.: massa corporal, estatura, circunferências, dobras cutâneas, medidas de bioimpedância elétrica, dentre outras). Estas medidas são obtidas com relativa facilidade, baixo custo e boa precisão (CHUMLEA, W. M.; GUO, 2000). A inclusão de variáveis explicativas num modelo depende da relação estatística e biológica com a variável resposta. Alguns estudos que utilizam variáveis explicativas inadequadas para estimar CC podem considerar apenas a relação estatística e não a biológica. Por exemplo, dobras cutâneas têm sido usadas para previsão de MIG, a despeito da baixa relação entre essas variáveis. A própria bioimpedância elétrica (isoladamente) também tem sido utilizada para prever percentagem de gordura, embora haja apenas uma fraca relação biológica e estatística entre estas medidas (SUN; CHUMLEA, 2005).

Pode existir alguma confusão quando se fala de análise de regressão. A análise de regressão univariada não deve ser confundida com regressão múltipla (ou multivariada). A análise univariada é o estudo de como uma variável resposta está relacionada com duas ou mais variáveis explicativas, com fins preditivos. Porém quando estão envolvidas muitas variáveis explicativas e mais de uma variável resposta, a opção é a análise multivariada, geralmente abordada somente em capítulos específicos de livros de Análise Multivariada, pois oferece aplicação prática limitada (NOGUEIRA, 2007).

O ganho de eficiência preditiva na utilização do modelo de análise multivariada em relação aos ajustes de regressões variadas é comprovado

(ZELLNER, 1962). Basicamente essa eficiência ocorre porque ao estimar conjuntamente os parâmetros, são produzidas restrições nulas nos coeficientes de outras equações (NOGUEIRA, 2007), com o mesmo erro aos betas do vetor da estimativa, potencializando assim sua predição.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo seguiu as diretrizes que regulamentam a pesquisa envolvendo seres humanos, segundo a Resolução CNS 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (BRASIL, 2012) e foi submetido à apreciação do Comitê de Ética e Pesquisa da FFCLRP/USP sob CAAE 13001913.9.0000.5407 (ANEXO A). Uma vez que o estudo seria desenvolvido no HC-FMRP/USP (instituição coparticipante) o projeto foi encaminhado para deliberação daquela superintendência, Serviço de Densitometria Óssea do HC-FMRP/USP (ANEXO B) e orçamento financeiro detalhado. Assim, o estudo também obteve o termo de concordância pelo Comitê de Ética e Pesquisa do HC-FMRP/USP, sob CAAE 13001913.9.3001.5440 (ANEXO C). O estudo seguiu o modelo de caráter descritivo e corte transversal.

Foram estabelecidos contatos com dirigentes de instituições concedentes (escola e centro esportivo) onde estavam regularmente matriculadas meninas de sete a 17 anos de idade, sendo-lhes apresentados os planos, objetivos e direções gerais do estudo. As informações e consultas foram estendidas aos respectivos professores e técnicos esportivos e após esclarecimentos, obtida a concordância e cooperação de todos. Em seguida foi efetuado um levantamento do “n” disponível, classificação por idade e prática esportiva das eventuais voluntárias. Nesse momento foram obtidas as autorizações dos dirigentes das instituições envolvidas (ANEXOS D e E).

As meninas foram convidadas a participar voluntariamente e os pais/responsáveis consultados; aos que concordaram foi entregue um termo de consentimento livre e esclarecido que informava todos os objetivos e procedimentos do estudo a serem realizados. O termo informava data, local e horário previstos para

a coleta dos dados, os desconfortos e riscos possíveis, formas de acompanhamento e assistência, benefícios, garantias de respostas a qualquer dúvida, sigilo dos dados pessoais, ressaltando o direito dos mesmos de desistir do experimento a qualquer momento (APÊNDICE A). Igualmente um termo de assentimento era dirigido a cada menina com os mesmos esclarecimentos, mas numa linguagem mais acessível onde a participante declarava e assinava a concordância de participação voluntária (APÊNDICE B).

4.1 Dimensionamento amostral

Foi planejado um dimensionamento amostral para determinação do “n” adequado para o estudo, prevendo a intencionalidade de proposição do modelo preditivo da CC. Na tentativa de minimizar os erros preditivos (objetivo “c” deste estudo), sendo estimado o n amostral mínimo necessário para a confiança e os limites de erro pretendidos.

Inicialmente foi preciso fixar o erro máximo desejado ($\mathcal{E}$) com algum grau de confiança (Z_γ) a partir do conhecimento prévio da variabilidade da população (σ^2) (BOLFARINE; BUSSAB, 2005). Nesse caso, um estudo clássico multiétnico (ELLIS, K. J., 1997) que envolveu CC em diversas populações de meninas, foi utilizado para o valor de referência. A maior variabilidade foi observada na GC estimada por DXA, para todas as idades (6-18 anos), faixa etária próxima da amostra do presente estudo (7-17 anos).

A variância do desvio padrão (σ) nas meninas brancas (4,78 a 5,26 kg), afro-americanas (6,39 a 12,98 kg) ou hispânicas (5,45 a 9,84 kg) poderia ser considerada como medida representativa (7,06 kg). Assim, embora a maioria das meninas na amostra deste estudo fosse branca, optou-se por assumir o limite superior do valor observado nas meninas hispânicas (9,84 kg). A adoção de um valor com maior rigor na variabilidade aumenta as chances da distribuição da verdadeira média deste estudo estar dentro desses limites. Outros estudos (TAYLOR et al., 2000; ARABI et al., 2004; KELLY; WILSON; HEYMSFIELD, 2009) apresentam valores menores, embora próximos aos desses apresentados por ELLIS, K. J.

(1997). Confirmadas as semelhanças, o estimador proposto por BOLFARINE e BUSSAB, (2005) foi utilizado para determinar n dado por:

$$n = \left[\frac{z_\gamma s}{\varepsilon} \right]^2$$

Com ε e o índice de confiança (γ) fixados, de tal modo que z_γ indicaria o valor tal que a probabilidade de se obter um valor inferior a este na distribuição normal padrão Z é dada por: $P(Z < z_\gamma) = \frac{1+\gamma}{2}$ com $0 \leq \gamma \leq 1$. A seguir, procedeu-se o cálculo do valor estimado para σ^2 : $s^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}$, em que X_i é a i -ésima GC corporal, n o tamanho da amostra de referência e $\bar{X}$, a média amostral dada por $\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n}$.

Na TABELA 1, são apresentados valores para n , fixando valores para ε e para γ e com o valor estimado da GC para σ igual a 9,84 kg, sendo este o desvio padrão de referência obtido da amostra de referência (ELLIS, K. J., 1997).

TABELA 1. Determinação do tamanho da amostra.

γ (z_γ)	ε	n
0,90 (1,64)	1,50	117
	1,75	86
	2,00	66
	2,25	52
	2,50	42
0,95 (1,96)	1,50	166
	1,75	122
	2,00	93
	2,25	74
	2,50	60

Na TABELA 1, observa-se, por exemplo, que para uma confiança de 95% e erro máximo de estimação da GC de 2,25% seria preciso uma amostra total

de tamanho = 74. Uma previsão entre 2,25% e 2% de erro foi alcançada, uma vez que avaliou um $n = 84$ meninas com dados completos, segundo os limites de estimativa recomendados (LOHMAN, 1992). Os estudos relacionados à precisão dos modelos pediátricos com abordagem bicompartimental apresentam estimativa da GC variação entre 2,8% (WELTMAN; SEIP; TRAN, 1987) e 4,58% (TERAN et al., 1991). Na relação entre a margem de erro (ε) e o tamanho da amostra (n) para uma confiança $\gamma = 95\%$, observa o decréscimo de n à medida que se aceita uma margem de erro maior.

4.2 Participantes da amostra

Concordaram em participar do estudo 135 meninas, procedentes de um centro esportivo (Projeto Nadando na Frente) e de uma escola particular (ensino fundamental) de Ribeirão Preto/SP. O convite foi estendido mediante contato com seus professores e treinadores. As participantes deveriam ter idades entre sete e 17 anos de idade, ser aparentemente saudáveis, sem restrições médicas, sem partes do corpo amputadas, sem uso declarado de medicamentos ou tratamento clínico que pudessem afetar o metabolismo, apetite ou o crescimento. Todas deveriam completar as etapas do estudo. Após cálculo da idade milesimal, com aproximação etária para o inteiro mais próximo, duas meninas foram excluídas por extrapolarem os limites etários. Outras três exclusões ocorreram por dados insuficientes, resultando no n final da amostra de 130 meninas. Para a proposição do modelo foram considerados somente os casos com dados completos ($n=84$), que serão descritos mais adiante.

4.3 Classificação de esportistas e não esportistas

A modalidade esportiva (natação) foi considerada em virtude da disponibilidade das meninas procedentes do centro esportivo “Projeto Nadando na Frente”, desenvolvido por uma instituição não governamental desde 2002, que abrange ações integradas de fomento à prática esportiva. O grupo de esportistas (Es) era integrado pelas participantes que se declaravam engajadas nesse projeto ($n=78$), com experiência em competições de pelo menos um ano. O grupo considerado não esportistas (nE), também se auto declaravam não participantes ($n=20$) em algum

programa de prática esportiva sistemática, com exceção das aulas escolares de educação física. As demais (n=32) não declararam sua prática esportiva.

4.4 Coleta dos dados

Todas as coletas foram realizadas de abril a dezembro de 2013 em salas ambulatoriais na seção de radiologia do HC-FMRP/USP – Campus de Ribeirão Preto. As avaliadas eram trazidas pelos pais ou responsáveis que as acompanhavam em todas as etapas do estudo, seguindo em grupos de 3 a 5 participantes em cada estação de medidas. Após o registro da identificação pessoal da avaliada na planilha de dados (APÊNDICE C), as medidas eram iniciadas. A sequência incluía: dados antropométricos (massa corporal, alturas, dobras cutâneas, perímetros e diâmetros ósseos), varredura de corpo total e regional em exame DXA, sempre pelos mesmos avaliadores e numa única sessão. Outras medidas de avaliação médica do estadiu puberal e exames hematológicos, como previstos e autorizados pelos CEPs, pais/responsáveis também foram realizados, todavia não serão considerados neste estudo.

4.4.1 Idade milesimal

A diferença entre a data de nascimento e da realização das medidas foi utilizada para o cálculo da idade milesimal. Foi determinada calculando-se a fração milesimal estimada de acordo com o método desenvolvido por HEALY² (citado e adaptado por GUEDES, 2006). O cálculo se baseia na obtenção de Frações a partir de “dia” e “mês”, equivalentes à fração da data de avaliação (Fda) e fração da data de nascimento (Fdn) da avaliada, a partir da operação:

$$\text{Fração da data de avaliação (Fda)} = ((\text{Dia} - 1) + 30,3 (\text{Mês} - 1)) / 365.$$

$$\text{Fração da data de nascimento (Fdn)} = ((\text{Dia} - 1) + 30,3 (\text{Mês} - 1)) / 365.$$

² HEALY, M.J.R.; LOVAIC, J.A.; MANDEL, S.P.H. et al. The individual and the group. In.: WEINER, J.S.; LONNIE, J.A. (eds.) **Practical Human Biology**. New York, Academic Press, p.11-23, 1981.

Se $Fda > Fdn$, então:

Ano = Ano da Avaliação - Ano de Nascimento

Fração = $Fda - Fdn$

Idade milesimal = Ano + Fração

Se a Fda é menor do que a Fdn , tanto a fração (Fdn) quanto a diferença dos anos calculados precisam ser extraídos de 1 (um). Ou seja:

Se $Fda < Fdn$, então:

Ano = (Ano da Avaliação - Ano de Nascimento) - 1

Fração = $Fda + (1 - Fdn)$

Idade milesimal = Ano + Fração

Uma vez calculada a idade milesimal, foi determinado o intervalo para cada idade, ajustando a idade milesimal para o inteiro mais próximo. Ou seja, uma idade inteira incluía os períodos mais próximos entre as frações -0,500 a 0,499. Por exemplo: a idade de 10 anos compreendeu todas as meninas com idade milesimal entre 9,500 a 10,499 anos.

4.4.2 Medidas Antropométricas

As medidas antropométricas foram realizadas segundo a padronização antropométrica recomendada pela *International Society for Advancement in Kinanthropometry* (ISAK), descritas por NORTON; OLDS (2005) e de acordo com as recomendações do manual de referência para padronização antropométrica (LOHMAN, T. G.; ROCHE; MARTORELL, 1988). Uma breve descrição a seguir, de cada procedimento.

As medidas de MC foram realizadas utilizando-se uma balança antropométrica eletrônica da marca Filizola®, (modelo *Personal*, para até 180 kg, Campo Grande, MS). A avaliada posicionava-se sobre a plataforma da balança trajando um mínimo de vestimenta (short e camiseta), com os membros superiores (MMSS) estendidos ao longo do corpo em posição estática, quando era registrada a

MC em kg, com precisão em gramas (NORTON; OLDS, 2005). A cada pesagem era checada a tara da balança, para assegurar uma leitura inicial, igual à zero kg.

A estatura (livre em pé) foi medida com o auxílio de um estadiômetro de alumínio fixo de parede (Sanny® Professional - ES2020), com escala de precisão de 0,1 cm, mediante o deslizamento do cursor móvel (acoplado à escala de medidas) que determina a estatura da avaliada. A avaliada colocava-se em posição estática, MMSS estendidos ao longo do corpo, tendo os pés descalços, procurando tocar à escala de medidas com a nuca, costas, quadril, membros inferiores (MMII) e calcanhares. A cabeça era sustentada na posição do plano de Frankfurt por um dos avaliadores de forma alongada, enquanto o outro registrava (em cm) a medida ao tocar o cursor na parte superior da cabeça da avaliada (NORTON; OLDS, 2005).

A partir dessas duas medidas o IMC era determinado (Kg/cm^2).

A altura-tronco-cefálica, aqui determinada como ATC foi definida pela distância vértico-isquiática, medida a partir da posição sentada em um banco de 50 cm junto à escala de medidas do estadiômetro. A avaliada assentava-se no banco, com os joelhos flexionados e alinhados à frente, pés paralelos apoiados ao solo, cotovelos fletidos e mãos apoiadas sobre as coxas, tendo a cabeça orientada pelo plano de Frankfurt (NORTON; OLDS, 2005). Era solicitado para se manter numa postura ereta, tocando a escala de medidas pela nuca, costas e quadril, semelhantemente ao procedimento para estatura. A cabeça era sustentada no plano de Frankfurt por um dos avaliadores de forma alongada, enquanto o outro registrava (em cm) a medida ao tocar o cursor na parte superior da cabeça da avaliada, com suficiente compressão para comprimir os cabelos. A medida era repetida numa série de 3 vezes, sendo registrada a mediana. Quando havia variação das medidas maior do que 4 mm, nova série de 3 medidas era tomada.

A altura de MMI foi considerada pela diferença entre a estatura e a ATC (MIRWALD et al., 2002).

Foram mensuradas as espessuras de dobras cutâneas (Dc) no hemicorpo direito com precisão em mm, nas regiões do tríceps (Tr), subescapular (Se), supra da região crista-ílica (Si), coxa anterior (Cx) sem ajuda e panturrilha medial (Pm), segundo a padronização da ISAK (NORTON; OLDS, 2005). Foi ainda realizada a medida da Dc abdominal horizontal (AbH) segundo a padronização de

HARRISON et al. (1988). Para todas as medidas foi utilizado um plicômetro científico da marca *Harpender*, com pressão constante de 10g/mm^2 . A avaliada permanecia em pé, posição relaxada e as medidas eram efetuadas em triplicata sendo registrada a mediana. Quando havia variação entre as medidas maior do que 5%, uma nova série de medidas era tomada (PEDERSEN; GORE, 2005).

Foram mensurados os perímetros do braço na posição relaxada (Br), cintura (Cin) no menor diâmetro, abdominal (Ab_{um}) na altura da cicatriz umbilical, do quadril (Qd) no maior diâmetro, perímetro de coxa medial (Cx_m) e panturrilha (Pn) segundo a descrição de CALLAWAY et al. (1988). Para a medida de braço contraído (Bc), as avaliadas mantinham o braço dominante estendido à frente em posição horizontal, o cotovelo flexionado com o antebraço na vertical em ângulo de 90° e palma da mão voltada para a face. Sustentavam esta posição pela palma da outra mão, realizando contração isométrica concêntrica. O maior perímetro da sessão transversa do bíceps era registrado, com medidas em triplicata, sendo registrada a mediana. Para as medidas de perímetro, foi utilizada uma fita inextensível de 2m da marca *Sanny®*, com leitura em cm e precisão de 0,01m. Foi fixado na extremidade da fita um dispositivo de látex, que era substituído a cada 20 medidas na tentativa de uniformizar a pressão da fita. As avaliadas permaneciam em pé, trajando apenas short e camiseta, tendo os pés descalços sendo obtidas as medidas sobre a pele, no hemicorpo dominante.

Os diâmetros ósseos foram mensurados das regiões biacromial (BiAc), biiliocristal (BiCri), biepicondilar do úmero (BiEpum) e do fêmur (BiEpFe) segundo os procedimentos respaldados pela ISAK (NORTON; OLDS, 2005). Para essas medidas foram utilizados paquímetros de alumínio anodizado (Antrop - 720 mm e 300 mm - *Sanny®*), com precisão de 0,01m e tolerância de 0,1mm. As avaliadas permaneciam em pé, posição estática, tendo as áreas medidas livre de vestimentas. Para as medidas biepicondilares de úmero e fêmur as avaliadas ficavam em posição sentada, joelhos alinhados à frente, com os pés apoiados ao solo.

4.4.3 Maturação

As avaliadas foram classificadas por níveis de maturação, baseado no modelo de crescimento somático, um método não invasivo que considera o ganho de

cm/ano, para determinação do PVC proposto por MIRWALD et al. (2002). Embora o significado da velocidade de crescimento de pico (cm.ano^{-1}) numa representação gráfica (abscissa), o valor calculado considera o tempo em anos a partir do pico de crescimento (ordenada). A equação prevê quatro medidas antropométricas, idade milesimal e algumas interações, e o PVC é determinado pela eq. (11) para meninas:

$$\text{PVC} = -9,376 + 0,0001882 (\text{AMI} \times \text{ATC}) + 0,0022 (\text{Id} \times \text{AMI}) + 0,005841 (\text{Id} \times \text{ATC}) - 0,002658 (\text{Id} \times \text{MC}) + 0,07693 ((\text{MC} / \text{E}) \times 100) \quad (11)$$

Onde: AMI = altura de MMII (cm) determinada pela diferença entre a estatura e a ATC; ATC = altura-tronco-cefálica (cm), Id = idade milesimal (anos); MC = massa corporal (kg) e E = estatura (cm).

O modelo retorna valores contínuos, por exemplo: $\text{PVC} = 2,3$ anos. Esse valor indica que o pico de crescimento foi atingido há 2,3 anos; se o valor fosse negativo ($\text{PVC} = -2,3$) indicaria que faltam 2,3 anos para atingi-lo.

Uma vez conhecido o PVC a idade prevista para ocorrência do PVC (IPVC) também foi calculada. Bastou considerar a diferença entre a idade milesimal e o PVC mediante a eq. (12):

$$\text{IPVC} = \text{Id} - (\text{PVC}) \quad (12)$$

Por exemplo: uma avaliada de 11,4 anos e PVC de -1,7 teria previsão de alcançar seu pico de crescimento aos 13,2 anos de idade. $\text{IPVC} = 11,4 - (-1,7)$.

Para efeito descritivo foi realizado agrupamento etário do PVC por classificação em níveis, com aproximação para inteiro mais próximo. Ou seja: uma vez que a maturação foi categorizada em valores contínuos, e sendo Y_i o nível de maturação para o i -ésimo indivíduo, a classificação é possível. A TABELA 2 expressa o resultado em oito níveis de maturação.

TABELA 2. Classificação do Pico de Velocidade de Crescimento.

Nível	Intervalo (anos) considerado
-6	$Y_i < -5,49$
-5	$-5,50 \leq Y_i < -4,49$
-4	$-4,50 \leq Y_i < -3,49$
-3	$-3,50 \leq Y_i < -2,49$
-2	$-2,50 \leq Y_i < -1,49$
-1	$-1,50 \leq Y_i < -0,49$
0	$-0,50 \leq Y_i < 0,49$
1	$0,50 \leq Y_i < 1,49$

4.4.4 Densitometria de corpo total

O exame da CC foi realizado a partir de técnica densitométrica com varredura de corpo total e regional, em um scanner *Hologic®*, modelo *Discovery CI/WI*. (software version 11.2, Bedford, MA) de varredura *fan-beam* linear sem sobreposição ou sub-amostragem dos dados, assegurando obtenção de imagens de alta qualidade.

A cada manhã antes das medidas, era realizada a calibração do equipamento por QA conforme recomendação do fabricante, sempre pelo mesmo operador, com arquivamento dos registros da confiabilidade das medidas. As diferenças de absorção (por atenuação) determinavam em única varredura, os diferentes componentes corporais para análise.

Ao inserir os dados da avaliada, o sistema solicita suas características físicas (estatura e massa corporal), étnicas, sexuais e etárias, ajustando automaticamente o modo (pediátrico) de análise. A tensão média de voltagem de 140 kVp / 100kVp em área de colimação de corpo total, totalizando um tempo de exposição de apenas 6,7 min., o que representa uma dosagem de 0,012 mGy para esta varredura. Antes das medidas as avaliadas eram convidadas a esvaziar a bexiga. Para o exame, era solicitada a retirada de artefatos metálicos, brincos, anéis e uso de camisola hospitalar (FIGURA 1).

FIGURA 1. Posicionamento da avaliada no equipamento.

A avaliada era posicionada pela profissional técnica em decúbito dorsal e centralizada sobre a mesa do scanner, tendo a linha central da mesa como referência e os MMII unidos por fitas de velcro. Os MMSS eram estendidos ao lado do corpo, as mãos deveriam estar abertas, com as palmas apoiadas sobre a mesa (dentro das linhas demarcadas da área de varredura).

O braço de leitura do equipamento deslizava por sobre seu corpo a uma distância de 80 cm de maneira retilínea, realizando o rastreamento da cabeça até aos pés em 3 sequências de leitura, com deslizamento simultâneo da mesa. O detector captava as informações de atenuação dos feixes de fótons, que apareciam na tela do microcomputador, com pré-análise da leitura, pelo software. Posteriormente os ajustes de alinhamento dos seguimentos corporais eram checados e, se necessário, corrigidos manualmente pela profissional técnica. Todo procedimento seguiu as recomendações do fabricante para procedimento de análise de corpo total.

O exame forneceu os componentes totais e regionais de: MG corporal total (g) e regional; percentagem de gordura (%G); MTM (g); TMM (g); CMO (g), DMO (g), área de varredura (cm²) regional e total e MC total. As medidas foram concebidas com a inclusão da cabeça (Total) e sem (Subtotal), conforme recomendações para medidas pediátricas. A estimativa por região considerou as medidas das componentes para as regiões da: cabeça, MMSS direito (D) e esquerdo

(E), região do tronco incluindo as costelas D e E, coluna torácica, coluna lombar e região pélvica e MMII D e E.

4.4.5 Transformação de níveis (Molecular para Órgão-Tecidual)

No momento da proposição do modelo preditivo alguns componentes corporais da DXA (CMO, MG e TMM), determinadas no nível molecular (WANG, Z. M.; PIERSON; HEYMSFIELD, 1992), foram transformados para o nível órgão-tecidual e considerados como variáveis dependentes (de resposta). As variáveis antropométricas (estatura, massa corporal, dobras cutâneas, perímetros e diâmetros ósseos) e de caracterização (maturação e idade) foram consideradas como variáveis independentes (explicativas). As transformações dos componentes corporais estimados por DXA (nível molecular) para o nível órgão-tecidual foi conduzida segundo os procedimentos bem estabelecidos na literatura (ELLIS, K. J., 1997; HAYES et al., 2002; HEYMSFIELD et al., 2005; KIM et al., 2006), serão brevemente descritos a seguir.

4.4.5.1 Conteúdo mineral ósseo para tecido ósseo

O TO foi calculado a partir do CMO dado por DXA, com base em dois importantes pressupostos: o primeiro considera uma relação estável entre esses componentes ($CMO/TO=0,54$) com base em valores clássicos da referência humana (HEYMSFIELD et al., 2015). O segundo pressuposto considera que o CMO medido por DXA representa apenas a porção óssea cinza. O equivalente a 1g de Mo contém 0,9582 g da porção cinza, uma vez que elementos atrelados instáveis como água e CO_2 são perdidos durante o aquecimento (HEYMSFIELD et al., 1989). Portanto, para estimar o TO, foi utilizado o valor do CMO derivado do DXA corrigido pelo percentual que o representa (54%), acrescido dos elementos não detectáveis durante a varredura, conforme a eq. (13).

$$TO \text{ (kg)} = 1,85 \times CMO^3 \times 1,0436^4 \quad (13)$$

³ Proposto pelo grupo de trabalho do homem de referência, por Snyder e colaboradores (1975).

⁴ Segundo proposta de Ballor (1996), onde o mineral ósseo representa 0,9582 da porção cinza (p.e. 1/0,9582).

4.4.5.2 Massa gorda para tecido adiposo

Este procedimento parte do princípio de que 85% do TA é gordura e os 15% restantes são substratos isentos de gordura (PIETROBELLI et al., 2002). A proporção de gordura para o TA é variável, mas o impacto das diferenças quando esse pressuposto é considerado, tem apenas uma pequena influência sobre as análises. Assim a MG total obtida da DXA foi transformada em TA pela eq. (14):

$$TA = 1,18 \times MG \text{ (kg)} \quad (14)$$

4.4.5.3 Componente mole magro para tecido musculoesquelético

A massa do TMM_A é uma preditora de massa muscular total (HAYES et al., 2002). Após transferência da imagem para a tela do computador a análise padrão regional DXA era realizada, com ajustes manuais, se necessários, onde o TMM_A era obtido através da somatória do TMM de MMII e MMSS, dos lados direito e esquerdo. Assim o TME foi estimado a partir do modelo pediátrico de KIM et al. (2006), a partir da eq. (15).

$$TME \text{ (kg)} = 1,003 \times TMM_A + 0,039 \times MC - 1,315 \quad (15)$$

4.4.5.4 Tecido Residual

A massa do Tecido Residual (TR) será considerada a diferença entre a MC Total determinada por DXA e os demais componentes, conforme a eq. (16).

$$TR = MC - (TO + TA + TME) \quad (16)$$

4.5 Qualidade das medidas

Todas as medidas da DXA foram transferidas eletronicamente para um HD externo, até que os dados fossem abertos numa planilha eletrônica Access (Microsoft) e organizados no Excel numa planilha geral de dados. Portanto não houve digitação desses dados. Para os demais, dois digitadores realizavam registros em duplicatas e conferência alternada dos dados. O pesquisador também realizou revisões das planilhas digitadas, checagem de *outliers* pelo método de identificação de valores extremos (SPSS 17.0) para eventuais correções de digitação.

A determinação do erro técnico de medida (ETM) absoluto e relativo (ETM%) intra-avaliador foi calculada conforme preconizada por PEDERSEN; GORE (2005). Em dias subsequentes, 13 sujeitos passaram por avaliações completas envolvendo todas as medidas utilizadas neste estudo (TABELA 3) de forma duplicada. Para estimar o ETM absoluto (Equação 14), determinou-se a diferença entre a 1ª e a 2ª medida (que é o desvio entre elas), para cada ponto anatômico de medida. Em seguida os desvios obtidos foram elevados ao quadrado, somados ($\sum d^2$), divididos por 2n e extraída a raiz, conforme eq. (17).

$$ETM = \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{2n}} \quad (17)$$

Onde:

ETM = Erro técnico de medida

$\sum d^2$ = somatório dos desvios elevado ao quadrado

n = número de participantes

i = quantos forem os desvios

Para obtenção do erro expresso em porcentagem (%) bastou transformar o ETM absoluto em ETM relativo. Para isso foi necessário calcular o valor médio da variável (VMV) que é a média das duas avaliações (1ª e 2ª medidas) de cada sujeito para uma dada variável. O ETM é dividido por esse produto e multiplicado por 100, resultando no ETM relativo (ETM%) conforme a eq. (18).

$$ETM \% = \frac{ETM}{VMV} \times 100 \quad (18)$$

Onde:

ETM% = Erro técnico da medida relativo, expresso em %.

ETM = Erro técnico de medida absoluto

VMV = Valor médio da variável

O ETM é um índice de precisão adotado pela ISAK (NORTON; OLDS, 2005) para credenciamento de antropometristas. Os níveis de significância de

diferenças das medidas devem obedecer ao intervalo de confiança de 95%. Portanto, valores de tolerância para antropometristas experientes deveria ser menor que 5%. Os resultados (TABELA 3) indicaram baixos valores de ETM absoluto sugerindo a confiabilidade dos dados.

TABELA 3. Erro técnico de medida absoluto (ETM) e relativo (ETM%), das medidas de dimensões corporais, DXA, dobras cutâneas, perímetros e diâmetros ósseos.

Dimensões corporais				DXA (kg)					
	Estat.	ATC	MC	MG	TMM	CMO	Massa	TMM _A MMSS	TMM _A MMII
ETM	0,17	0,26	0,27	0,22	0,06	0,01	0,09	0,01	0,05
ETM%	0,11	0,30	0,29	1,42	0,15	0,03	0,16	0,10	0,18
Dobras cutâneas (mm)									
	Tri	Se	Si	AbH	Cx	Pm			
ETM	0,12	0,04	0,35	0,82	0,63	0,23			
ETM%	1,09	0,28	2,27	4,20	3,39	1,88			
Perímetros (cm)									
	Br	Bc	Cin	Ab _{um}	Qd	Cx _m	Pn		
ETM	0,31	0,08	0,37	0,48	1,33	0,70	0,11		
ETM%	1,35	0,30	0,56	0,67	1,50	1,47	0,33		
Diâmetros ósseos (mm)									
	BiAc	BiCri	BiEpUm	BiEpFe					
ETM	0,22	0,22	0,01	0,02					
ETM%	0,61	0,86	0,18	0,17					

ATC=altura-tronco-cefálica; MC=massa corporal; MG=massa gorda; TMM=tecido mole magro; CMO=conteúdo mineral ósseo; TMM_A=tecido mole magro apendicular; MMSS=membros superiores; MMII=membros inferiores; Tri=tríceps; Se=subescapular; Si=supra crista-iliaca; AbH=abdominal horizontal; Cx=coxa; Pm=panturrilha medial; Br=braço relaxado; Bc=braço contraído; Cin=cintura; Ab_{um}=abdome umbilical; Qd=quadril; Cx_m=coxa medial; Pn=panturrilha; BiAc=bi-acromial; BiCri=biiliocristal; BiEpUm=bi-epicondilar de úmero; BiEpFe=bi-epicondilar de fêmur.

4.6 Procedimentos estatísticos

Uma análise exploratória inicial foi utilizada para investigar existência de *outliers* e o teste de *Kolmogorov-Smirnov* foi usado para testar a normalidade dos dados. O teste de diferenças (t para amostras independentes) foi empregado para decisão de agrupamento entre Es e nE. Os resultados não apresentaram diferenças, assim foram considerados como amostra única. A análise descritiva com expressão de medidas de média e desvio padrão, com intervalo de confiança (95%) e

coeficiente de variação foi utilizada para expressar as variáveis etárias, dimensões corporais e antropométricas das meninas, bem como os componentes corporais (DXA) regional e total em diferentes níveis: corpo total, órgão tecidual e molecular. Para ilustrar os valores proporcionais da CC foram utilizados gráficos e figuras com análise de frequência dos valores absolutos (kg) e relativos (%). Os componentes corporais são apresentados também, por classificação etária e nível maturacional (PVC), com análise de variância (ANOVA). O teste *post hoc* de *Tukey* foi empregado para indicar diferenças entre as idades e níveis maturacionais subsequentes, quando $p < 0,05$. O tamanho do efeito da idade e da maturação foi estimado nessas comparações, através do cálculo de η^2 ao quadrado (η^2) na ANOVA.

Para a proposição de equações preditivas da CC foi utilizado um modelo de regressão multivariada. A descrição da proposição multivariada e validação do modelo serão descritas a seguir.

4.6.1 Seleção de variáveis para o modelo multicompartimental

A partir da determinação de 21 variáveis independentes (explicadoras) para prever 3 dependentes (resposta), seria necessário estabelecer bem os critérios para uma adequada seleção. A redução de variáveis explicativas, portanto implica num modelo mais simples, prático, mantendo aceitáveis níveis de precisão predeterminados (MACHADO, D. R. L.; OIKAWA; BARBANTI, 2013). Desta forma, o processo de seleção elaborado deveria seguir as seguintes etapas:

- a. Método de extração fatorial: análise de componentes principais (ACP) e adequação do modelo por teste de Kaiser-Meyer-Olkin e teste de esfericidade de Bartlett;
- b. Análise de regressão univariada (*stepwise*) para determinar todas as variáveis explicativas comuns a cada variável resposta (TO, TA e TME), com significância estatística menor do que 5%. Esta análise incluía a determinação dos coeficientes de correlação entre as variáveis explicativas e de resposta, diagnóstico de colinearidade mediante determinação de valores raiz (*eigenvalues*) e *variance inflation factor* (VIF);

- c. A partir da determinação das variáveis explicativas comuns aos 3 componentes (TO, TA e TME), era realizada a análise multivariada para estimação dos parâmetros. Em seguida era aplicado o método de aproximação *Pillai* para testar os valores de F, para indicação de possíveis exclusões das variáveis sem algum grau de significância;
- d. O modelo com as variáveis explicativas remanescentes era testado na forma de regressão univariada (pelo método *Enter*), com nova estimação de valores com limites de VIF ($< 10,0$) e multicolinearidade ($L < 1000$) máximos tolerados. A cada nova exclusão de variável, era respeitada a conservação dos valores preditos e observados em cada variável resposta;
- e. Uma vez estabelecido o número de variáveis explicativas, com tolerância na multicolinearidade (*eigenvalues* e *VIFs*) e aproximação *Pillai* (sig.), com altos coeficientes de determinação ($r \approx 0,90$) era feita a determinação dos parâmetros de β na forma multivariada, com a proposição das equações e verificação de distribuição de resíduos para cada variável resposta;
- f. Cálculo dos coeficientes de correlação entre valores preditos e medidos, plotagem de dispersão para expressar a concordância entre os ensaios (medidos e preditos);
- g. Validação cruzada pelo método PRESS e determinação de coeficientes (R^2_{PRESS}) e erro (Sp_{press}) para cada variável resposta.

4.7 **Análise multivariada da composição corporal**

Para a determinação do modelo preditivo dos 3 componentes corporais desejados (TO, TA e TME) foi adotado um modelo de regressão multivariada, considerando-se esses 3 componentes como variáveis respostas e as variáveis antropométricas (dobras cutâneas, perímetros e diâmetros ósseos) como variáveis explicativas. Sendo assim, para a definição do modelo de regressão multivariada, têm-se três vetores de variáveis de resposta: Y_1 , Y_2 e Y_3 que são TO, TA, e TME. A

cada um desses vetores está associado um grupo de variáveis explicativas, então para o vetor Y_1 , têm-se associado o grupo de variáveis $X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1k}$ que são as variáveis explicativas. Procedendo desta forma para os demais vetores de resposta, para Y_2 teriam se $X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2k}$ e para Y_3 , teriam se $X_{31}, X_{32}, \dots, X_{3k}$. Pode-se definir um modelo de regressão linear multivariada geral (JOHNSON; WICHERN, 1992) por:

$${}_n Y_m = {}_n X_{(r+1) \dots (r+1)} \beta_m + {}_n \varepsilon_m$$

Onde,

$$E(\varepsilon_{(i)}) = 0 ; \text{Cov}(\varepsilon_{(i)}, \varepsilon_{(k)}) = \sigma_{ik} I_n \quad i, k = 1, 2, \dots, m$$

As m observações sobre o i -ésimo ensaio, têm matriz de covariância $\Sigma = \{\sigma_{ik}\}$, mas observações de diferentes ensaios são não correlacionados. Aqui β e σ_{ik} são parâmetros desconhecidos; a matriz de incidência (delineamento) X tem j -ésima linha na forma $[X_{j0}, X_{j1}, \dots, X_{jr}]$.

Os elementos de β_j podem ser estimados separadamente. Porém, devido à correlação entre as três variáveis de resposta, a análise conjunta se torna mais adequada. Inicia-se então a análise conjunta, definindo as matrizes que irão compor o modelo. A matriz de variável resposta pode ser descrita da seguinte forma:

$${}_n Y_m = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1m} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & X_{nm} \end{bmatrix} = [Y_{(1)} : Y_{(2)} : \dots : Y_{(m)}]$$

Onde Y_{jk} é o k -ésimo valor da j -ésima resposta, $j = 1, \dots, m$ e $k = 1, \dots, n$.

A matriz de variáveis explicativas é dada por

$${}_n X_{(r+1)} = \begin{bmatrix} X_{10} & X_{11} & \cdots & X_{1r} \\ X_{20} & X_{21} & \cdots & X_{2r} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n0} & X_{n1} & \cdots & X_{nr} \end{bmatrix} = [X_{(0)} \vdots X_{(1)} \vdots \cdots \vdots X_{(r)}]$$

A matriz de parâmetros pode ser escrita da seguinte forma:

$${}_{(r+1)}\beta_m = \begin{bmatrix} \beta_{01} & \beta_{02} & \cdots & \beta_{0m} \\ \beta_{11} & \beta_{12} & \cdots & \beta_{1m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{r1} & \beta_{r2} & \cdots & \beta_{rm} \end{bmatrix} = [\beta_{(1)} \vdots \beta_{(2)} \vdots \cdots \vdots \beta_{(m)}]$$

A matriz de erros:

$${}_n \varepsilon_m = \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & \cdots & \varepsilon_{1m} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} & \cdots & \varepsilon_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \varepsilon_{n1} & \varepsilon_{n2} & \cdots & \varepsilon_{nm} \end{bmatrix} = [\varepsilon_{(1)} \vdots \varepsilon_{(2)} \vdots \cdots \vdots \varepsilon_{(m)}]$$

E finalmente, a matriz de variância covariância do erro é dada por:

$$Var[\varepsilon] = \begin{bmatrix} Var[\varepsilon_1] & Cov[\varepsilon_1, \varepsilon_2] & \cdots & Cov[\varepsilon_1, \varepsilon_m] \\ & Var[\varepsilon_2] & \cdots & Cov[\varepsilon_2, \varepsilon_m] \\ Simétrica & \vdots & \ddots & \vdots \\ & & \cdots & Var[\varepsilon_m] \end{bmatrix} = {}_{nm}\Omega_{nm}$$

4.7.1 Estimação dos Parâmetros

Existem algumas técnicas disponíveis para a estimação dos parâmetros. No caso deste estudo, foi abordada a estimação do vetor β pelo método de mínimos quadrados.

Um critério natural para obterem-se os estimadores de β é minimizar

$$\sum_{i=1}^m \varepsilon_i' \varepsilon_i = \sum_{i=1}^m (y_i - X\beta_i)'(y_i - X\beta_i) \text{ em relação à matriz } \beta = (\beta_1 : \beta_2 : \dots : \beta_m),$$

resultando em um sistema de equações normais.

$$X'X\beta = X'Y$$

Como a matriz $X'X$ é positiva definida e, portanto, não singular, a estimativa de mínimos quadrados pode ser obtida como:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y$$

É fácil observar que $\hat{\beta}$ é um estimador não viciado, ou seja, $E[\hat{\beta}] = \beta$.

Além disso, $\text{cov}[\hat{\beta}_i, \hat{\beta}_j] = \sigma_{ij}(X'X)^{-1}$, $\forall i, j = 1, 2, \dots, m$. Neste caso, $\hat{\beta}$ é o melhor estimador não viciado de variância mínima (BLUE – *Best Linear Unbiased Estimator*). Neste caso, a matriz de valores preditos de Y pode ser obtida como:

$$\hat{Y} = X\hat{\beta}$$

4.7.2 Teste de hipóteses sobre os parâmetros

No contexto multivariado, a regra da Soma de Quadrados Total é empregada através da matriz positiva definida de Somas de Quadrados e Produtos Cruzados, definida como:

$$T = Y'Y - \frac{1}{n}Y'1_n1_n'Y$$

Assumindo que posto da matriz X é $(r + 1)$, a matriz T pode ser particionada como a soma de duas matrizes positivas definidas, dada por:

$$T = R + E,$$

Onde,

$$R = Y'X\hat{\beta} - \frac{1}{n}Y'1_n1_n'Y$$

$$E = Y'Y - Y'X\hat{\beta}$$

A matriz R representa a Soma de Quadrados e Produtos Cruzados da Regressão e a matriz E corresponde à Soma de Quadrados e produtos Cruzados do Erro. Um estimador não viciado para a matriz de variância-covariância (Σ) é obtida como:

$$\hat{\Sigma} = \frac{E}{n - r - 1}$$

A TABELA 4 sumariza a partição da soma de quadrados citados anteriormente.

TABELA 4. Representação para a Análise de Variância Multivariada (MANOVA) para a partição da soma de quadrados entre a regressão e o erro.

Fonte de Variação	G.L	Matriz de SQ e PC	E[SQ e PC]
Regressão	r	R	$r\Sigma + \beta'X'(I - \frac{1}{n}11')X\beta$
Erro	$n - r - 1$	E	$(n - r - 1)\Sigma$
Total	$n - 1$	T	

A hipótese sob β pode ser de interesse para verificar a significância estatística do modelo de regressão multivariada. Pode ser expressa como:

$H_0: L\beta = \phi$ vs. $L\beta \neq \phi$, sendo a matriz $rL_{(r+1)}$ conhecida de posto completo.

Existem vários critérios estatísticos para testar a hipótese H_0 , baseados em autovalores de certas matrizes que são funções de L e $\hat{\beta}$. Entretanto o critério de traço *Pillai* (V) mostrou-se eficaz para testar a significância da aproximação em modelos deste tipo de estudo (MACHADO, D. R. L., 2009; MACHADO, D. R. L. et al., 2013; MACHADO, D. R. L.; OIKAWA; BARBANTI, 2013), sendo, portanto esse o critério selecionado.

Critério Traço de *Pillai* (V)

$$V = \text{tr}[(H + E)^{-1}H] = \sum_{i=1}^m \lambda_i / (1 + \lambda_i)$$

Mais detalhes das aproximações para a estatística F considerado em diferentes critérios podem ser observados nos estudos prévios (JOHNSON; WICHERN, 1992; MACHADO, D. R. L., 2009).

4.7.3 Validação do modelo

Obviamente se seguiram os pressupostos de validação, como a análise da precisão das variáveis explicativas, relação estatística e biológica intra e inter-variáveis entre as explicativas e de resposta, estruturação dos métodos estatísticos usados para formular a equação a partir do tamanho da amostra, inter-colinearidade entre variáveis de resposta e homocedasticidade dos resultados.

O procedimento de validade interna PRESS (*Predictive Sum of Squares*) (HOLIDAY; BALLARD; MCKEOWN, 1995) foi adotado, a partir da exclusão de uma observação, sendo propostas equações com a amostra restante e replicados mediante validação cruzada para cada sujeito excluído. A predição da soma dos quadrados do erro (*PRESS*) proposto por ALLEN (1971; 1974) fornece uma ferramenta útil no dimensionamento residual. Para calcular o resíduo de PRESS, seleciona-se uma observação, por exemplo, (i). Ajusta-se o modelo de regressão para as restantes observações ($n - 1$) e usa esta equação para prever a observação $Y(i)$ que ficou retida.

Este procedimento é repetido para cada observação, $i = 1, 2, \dots, n$, produzindo um conjunto de n valores residuais de PRESS $e(1), e(2), \dots, e(n)$. Assim, a estatística de PRESS é definida como a soma dos quadrados dos n valores residuais:

$$PRESS = \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{y}_{(i)}]^2$$

Desta forma, um modelo com alto grau de previsibilidade para as observações não incluídas, apresentando o valor do coeficiente de PRESS (R^2_{PRESS}) próximo de 1 (um) e erro de PRESS (S_{PRESS}) próximo de zero, em que:

$$R^2_{\text{PRESS}} = 1 - \frac{\text{PRESS}}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \text{ e}$$

$$S_{\text{PRESS}} = \frac{\sqrt{\text{PRESS}}}{n - k - 1}$$

Em síntese, a estatística PRESS dá uma indicação da capacidade de previsão do modelo de regressão (MACHADO, D. R. L., 2009). A validação que usa o procedimento PRESS é similar à aplicação da equação a uma amostra independente (SUN et al., 2003).

5 RESULTADOS

A TABELA 5 apresenta uma descrição de forma regional e total da CC derivada do DXA nos níveis de Corpo Total, Órgão-Tecidual e Molecular. Os valores médios, o intervalo de confiança (IC 95%), o coeficiente de variação (CV) e o teste de normalidade (*Kolmogorov-Smirnov*), expressam as principais características da amostra do estudo.

TABELA 5. Descrição dos componentes corporais, por níveis, determinados por DXA.

DXA	N	Mínimo	Máximo	Média	DP	IC 95%	CV	<i>Kolmogorov-Smirnov</i>	
								Valor	p
Idade (anos)	130	7,00	17,00	11,95	2,47	11,53 a 12,38	0,21	0,131	<0,001
<i>Nível de Corpo Total</i>									
Estatura (Kg)	119	116,00	178,00	149,27	13,61	146,80 a 151,74	0,09	0,081	0,052
Massa Corporal (Kg)	119	19,40	101,00	47,39	13,90	44,87 a 49,92	0,29	0,053	0,200*
IMC (Kg/cm ²)	119	14,30	38,00	20,95	4,42	20,15 a 21,76	0,21	0,074	0,156
TMM Apendicular (Kg)	117	4,87	23,28	12,88	3,64	12,21 a 13,55	0,28	0,075	0,153
<i>Nível Órgão-Tecidual</i>									
Ósseo (Kg)	117	1,42	4,93	2,82	0,83	2,67 a 2,97	0,29	0,082	0,049
Adiposo (Kg)	117	6,57	54,34	19,56	7,95	18,11 a 21,02	0,41	0,089	0,023
Musculoesquelético (Kg)	117	4,32	25,97	13,44	4,14	12,68 a 14,20	0,31	0,079	0,070
Residual (Kg)	117	6,17	16,94	11,30	2,59	10,82 a 11,77	0,23	0,078	0,075
<i>Nível Molecular</i>									
Gordura Cabeça (Kg)	117	0,62	1,38	0,94	0,11	0,92 a 0,96	0,12	0,076	0,097
Magro Cabeça (Kg)	117	2,12	4,38	3,12	0,38	3,05 a 3,19	0,12	0,067	0,200*
Massa Cabeça (Kg)	117	2,75	5,76	4,06	0,49	3,96 a 4,15	0,12	0,073	0,189
P Gordura Cabeça (%)	117	21,76	24,96	23,14	0,55	23,04 a 23,24	0,02	0,060	0,200*
Gordura MMSS E (Kg)	117	0,25	2,79	0,93	0,45	0,85 a 1,01	0,48	0,102	0,004
Magro MMSS E (Kg)	117	0,47	2,59	1,32	0,38	1,25 a 1,39	0,29	0,045	0,200*
Massa MMSS E (Kg)	117	0,86	5,38	2,24	0,73	2,11 a 2,38	0,33	0,063	0,200*
P Gordura MMSS E (%)	117	19,71	60,15	39,96	10,07	38,12 a 41,81	0,25	0,069	0,200*
Gordura MMSS D (Kg)	117	0,25	2,52	0,92	0,46	0,84 a 1,01	0,50	0,092	0,017
Magro MMSS D (Kg)	117	0,49	2,79	1,43	0,42	1,36 a 1,51	0,29	0,042	0,200*
Massa MMSS D (Kg)	117	0,89	5,32	2,36	0,77	2,22 a 2,50	0,33	0,057	0,200*
P Gordura MMSS D (%)	117	15,31	60,14	37,88	10,21	36,01 a 39,75	0,27	0,054	0,200*
Gordura Tronco (Kg)	117	1,92	22,35	6,63	3,12	6,06 a 7,20	0,47	0,099	0,007

Magro Tronco (Kg)	117	5,55	25,73	13,71	3,84	13,00 a 14,41	0,28	0,059	0,200*
Massa Tronco (Kg)	117	7,85	48,08	20,34	6,29	19,18 a 21,49	0,31	0,054	0,200*
P Gordura Tronco (%)	117	16,37	49,04	31,64	7,70	30,23 a 33,05	0,24	0,081	0,055
Gordura MMII E (Kg)	117	1,07	8,72	3,57	1,39	3,32 a 3,83	0,39	0,077	0,084
Magro MMII E (Kg)	117	1,94	9,11	5,02	1,45	4,75 a 5,29	0,29	0,081	0,059
Massa MMII E (Kg)	117	3,24	17,82	8,59	2,61	8,12 a 9,07	0,30	0,047	0,200*
P Gordura MMII E (%)	117	23,49	56,07	40,96	6,90	39,70 a 42,22	0,17	0,047	0,200*
Gordura MMII D (Kg)	117	1,12	8,29	3,58	1,38	3,33 a 3,84	0,39	0,070	0,200*
Magro MMII D (Kg)	117	1,97	8,79	5,11	1,44	4,85 a 5,38	0,28	0,067	0,200*
Massa MMII D (Kg)	117	3,31	17,07	8,70	2,59	8,22 a 9,17	0,30	0,050	0,200*
P Gordura MMII D (%)	117	23,18	55,65	40,58	6,90	39,32 a 41,84	0,17	0,064	0,200*
Gordura Subtotal E (Kg)	117	4,81	44,67	15,64	6,65	14,42 a 16,86	0,43	0,092	0,017
Magro Subtotal E (Kg)	117	10,42	49,00	26,59	7,41	25,23 a 27,94	0,28	0,064	0,200*
Massa Subtotal E (Kg)	117	16,15	93,67	42,23	12,82	39,88 a 44,57	0,30	0,042	0,200*
P Gordura Subtotal (%)	117	19,96	52,81	36,20	7,31	34,86 a 37,54	0,20	0,054	0,200*
Gordura MC Total (Kg)	117	5,56	46,05	16,58	6,73	15,34 a 17,81	0,41	0,089	0,022
Magro MC Total (Kg)	117	12,55	53,39	29,70	7,72	28,29 a 31,12	0,26	0,078	0,075
Massa MC Total (Kg)	117	18,89	99,43	46,28	13,24	43,86 a 48,71	0,29	0,041	0,200*
P Gordura MC Total (%)	117	20,34	50,35	35,04	6,75	33,80 a 36,28	0,19	0,053	0,200*
Área MC Total (cm ²)	117	1055,43	2180,55	1540,33	259,48	1492,82 a 1587,84	0,17	0,087	0,029
CMO MC Total (g)	117	735,62	2552,79	1459,29	430,04	1,38 a 1,54	0,29	0,081	0,056
DMO MC Total (g/cm ²)	117	0,69	1,36	0,93	0,13	0,91 a 0,95	0,14	0,059	0,200*
Área Subtotal (cm ²)	117	859,90	1947,71	1317,19	249,17	1271,56 a 1362,81	0,19	0,085	0,035
CMO Subtotal (g)	117	434,54	2017,55	1074,69	350,61	1010,49 a 1138,89	0,33	0,089	0,023
DMO Subtotal (g/cm ²)	117	0,51	1,04	0,80	0,12	0,77 a 0,82	0,15	0,081	0,058
Área Cabeça (cm ²)	117	176,10	283,80	223,14	18,96	219,67 a 226,61	0,08	0,047	0,200*
CMO Cabeça (g)	117	191,69	931,09	384,60	120,12	362,60 a 406,59	0,31	0,110	0,001
DMO Cabeça (g/cm ²)	117	1,03	3,28	1,70	0,41	1,62 a 1,78	0,24	0,110	0,001
Área MMSS E (cm ²)	117	73,18	212,11	129,31	33,64	123,15 a 135,47	0,26	0,100	0,006
CMO MMSS E (g)	117	28,42	166,15	78,68	29,90	73,21 a 84,16	0,38	0,112	0,001
DMO MMSS E (g/cm ²)	117	0,35	0,78	0,59	0,08	0,58 a 0,61	0,14	0,089	0,023
Área MMSS D (cm ²)	117	82,18	221,50	137,92	34,82	131,54 a 144,29	0,25	0,085	0,036
CMO MMSS D (g)	117	28,92	163,54	84,36	31,82	78,53 a 90,18	0,38	0,113	0,001
DMO MMSS D (g/cm ²)	117	0,32	0,78	0,59	0,09	0,58 a 0,61	0,15	0,078	0,080
Área Costelas E (cm ²)	117	62,72	157,71	107,89	19,19	104,38 a 111,41	0,18	0,044	0,200*
CMO Costelas E (g)	117	25,76	109,90	64,75	18,86	61,30 a 68,21	0,29	0,094	0,012
DMO Costelas E (g/cm ²)	117	0,41	0,79	0,59	0,08	0,57 a 0,60	0,14	0,102	0,004
Área Costelas D (cm ²)	117	65,04	170,62	108,26	22,12	104,21 a 112,31	0,20	0,085	0,039
CMO Costelas D (g)	117	25,97	122,02	64,97	21,08	61,11 a 68,83	0,32	0,101	0,005

DMO Costelas D (g/cm ²)	117	0,40	0,78	0,59	0,08	0,57 a 0,60	0,14	0,105	0,003
Área Coluna Tor (cm ²)	117	55,37	137,36	88,99	18,04	85,69 a 92,29	0,20	0,072	0,200*
CMO Coluna Tor (g)	117	29,55	147,82	66,56	23,84	62,19 a 70,93	0,36	0,124	0,000
DMO Coluna T (g/cm ²)	117	0,50	1,08	0,73	0,13	0,70 a 0,75	0,18	0,100	0,006
Área Coluna Lomb (cm ²)	117	23,09	69,69	42,44	10,00	40,61 a 44,28	0,24	0,092	0,016
CMO Coluna Lomb (g)	117	14,17	85,89	39,76	16,23	36,79 a 42,73	0,41	0,112	0,001
DMO Coluna L (g/cm ²)	117	0,58	1,44	0,90	0,18	0,87 a 0,94	0,20	0,067	0,200*
Área Pélvica (cm ²)	117	72,79	237,54	145,19	32,23	139,28 a 151,09	0,22	0,053	0,200*
CMO Pélvica (g)	117	52,87	278,67	141,95	53,55	132,14 a 151,76	0,38	0,107	0,002
DMO Pélvica (g/cm ²)	117	0,59	1,45	0,95	0,17	0,92 a 0,98	0,18	0,098	0,007
Área MMII E (cm ²)	117	184,68	399,17	277,83	49,27	268,81 a 286,85	0,18	0,063	0,200*
CMO MMII E (g)	117	113,23	478,07	265,44	82,13	250,40 a 280,47	0,31	0,077	0,082
DMO MMII E (g/cm ²)	117	0,59	1,23	0,94	0,14	0,91 a 0,96	0,15	0,042	0,200*
Área MMII D (cm ²)	117	189,33	414,43	279,36	50,76	270,07 a 288,66	0,18	0,088	0,026
CMO MMII D (g)	117	109,32	493,68	268,22	84,84	252,69 a 283,76	0,32	0,074	0,162
DMO MMII D (g/cm ²)	117	0,58	1,23	0,94	0,15	0,91 a 0,96	0,16	0,065	0,200*

*limite inferior de verdadeira significância (tendência à normalidade); DP=desvio padrão; IC=intervalo de confiança; CV=coeficiente de variação; $p < 0,005$; IMC=índice de massa corporal; TMM=tecido mole magro; MMSS=membros superiores; MMII=membros inferiores; E=esquerdo; D=direito; P=porcentual; MC=massa corporal; CMO=conteúdo mineral ósseo; DMO=densidade mineral óssea;

Esta análise, realizada sobre os dados válidos da CC (DXA) denota, no nível de corpo total, uma média etária da amostra por volta dos 12 anos. Embora o CV tenha ultrapassado o limite de homogeneidade (>20%), constituiu-se de baixa dispersão na representatividade etária amostral. Isto sugere que eventuais diferenças na CC da amostra deverão incluir agrupamentos etários mais amplos. A mesma tendência é observada nos valores de CV de todos os compartimentos corporais (Gordura, Magro, P Gordura, Área, CMO e DMO) apresentados. Isso reforça a expressão representativa esperada para essa população, com baixa dispersão dos valores em todos os segmentos corporais (Cabeça, MMSS, Tronco, MMII, Costelas, Coluna Torácica, Coluna Lombar, Pélvica, Subtotal e MC Total) nos diferentes níveis apresentados na TABELA 5.

Adicionalmente, o fato das médias de todas as variáveis estarem sempre dentro dos IC (95%) sugere que a média real da população encontra-se dentro dos limites do intervalo, com probabilidade do real valor ser diferente de apenas 5%. Embora por vezes a distribuição seja assimétrica, a variabilidade foi

grande quando o desvio padrão das variáveis foi maior do que 20% do valor da média. O teste de *Kolmogorov-Smirnov* sugere normalidade em diversas variáveis da CC ($p=0,200^*$), mesmo quando um comportamento de distribuição paramétrica não seja esperado para variáveis dessa natureza (Machado et al., 2013). Isto aponta para uma maior chance preditiva, fator importante para a etapa de proposição do modelo preditivo da CC neste estudo.

No GRÁFICO 1 pode ser observada uma expressão gráfica relativa de cada componente derivado da DXA (nível molecular) transformado para o nível órgão tecidual.

GRÁFICO 1. Distribuição setorizada da composição corporal em meninas derivada do DXA e transformada para o nível órgão tecidual.

A partir dos dados obtidos da CC (DXA), a composição da massa corporal total para meninas (GRÁFICO 1) está constituída prioritariamente por TA (19,56kg), seguida da TME (14,76kg), TR (10,10kg) e TO (2,69kg).

Neste estudo as particularidades de origem da prática esportiva ou os efeitos que pudessem trazer sobre a CC não foram considerados nas análises. Um teste prévio de diferenças entre médias (t para amostras independentes) indicou não haver diferenças estatisticamente significantes na CC das meninas autodeclaradas Es (n=69) e Ne (n=16), quer no TO ($t=0,363$; $p=0,718$), TA ($t=-0,757$; $p=0,451$), TME

($t=-0,542$; $p=0,589$), ou no TR ($t=-0,929$; $p=0,356$), assim foram consideradas estatisticamente todas pertencentes a um único grupo.

Os valores médios, o desvio padrão, o intervalo de confiança (IC 95%), o CV e o teste de normalidade (*Kolmogorov-Smirnov*) da TABELA 6, expressam as principais características etárias, dimensões corporais e antropométricas (dobras cutâneas, perímetros e diâmetros ósseos) da amostra deste estudo.

TABELA 6. Valores descritivos de idades e variáveis antropométricas de meninas.

	N	Mínimo	Máximo	Média	DP	IC 95%	CV	Kolmogorov-Smirnov	
								Valor	p
Idades (anos)									
Id. Mlesimal	130	6,63	17,31	11,95	2,48	11,52 a 12,37	0,21	0,054	0,200*
Idade	130	7,00	17,00	11,95	2,47	11,53 a 12,38	0,21	0,131	<0,001
PVC	97	-6,48	1,27	-3,15	1,52	-3,46 a -2,84	-0,48	0,057	0,200*
PVC Class.	97	-4,00	1,00	-2,91	1,19	-3,15 a -2,67	-0,41	0,232	<0,001
IPVC	97	12,60	18,00	14,82	1,14	14,59 a 15,05	0,08	0,139	<0,001
Dimensões corporais									
Estatura (cm)	130	101,00	178,00	149,09	13,79	146,70 a 151,49	0,09	0,073	0,085
MC (Kg)	130	14,50	101,00	47,17	13,75	44,78 a 49,56	0,29	0,047	0,200*
IMC (Kg/cm²)	119	14,30	38,00	20,95	4,42	20,15 a 21,75	0,21	0,074	0,156
ATC (cm)	97	66,00	105,00	86,29	7,64	84,75 a 87,83	0,09	0,066	0,200*
Altura MMII (cm)	97	35,00	85,00	61,53	10,37	59,44 a 63,62	0,17	0,079	0,150
Dobras Cutâneas (mm)									
Tri	97	3,00	35,20	15,50	6,80	14,13 a 16,87	0,44	0,090	0,048
Se	97	2,30	37,50	12,73	7,61	11,20 a 14,27	0,60	0,121	0,001
Si	97	2,50	54,00	17,60	10,39	15,50 a 19,69	0,59	0,150	<0,001
AbH	97	5,80	60,00	21,51	9,88	19,52 a 23,50	0,46	0,093	0,039
Cx	97	9,80	58,00	23,58	9,09	21,75 a 25,41	0,39	0,081	0,126
Pm	97	4,10	33,00	16,58	6,65	15,24 a 17,92	0,40	0,111	0,005
Perímetros (cm)									
Br	97	13,70	36,20	23,02	3,90	22,24 a 23,81	0,17	0,063	0,200*
Bc	97	14,50	36,80	23,90	3,71	23,15 a 24,65	0,16	0,066	0,200*
Cin	97	45,00	106,30	64,53	9,27	62,67 a 66,40	0,14	0,082	0,115
Ab _{um}	97	47,50	117,00	70,47	10,97	68,26 a 72,68	0,16	0,082	0,108
Qd	97	52,00	118,50	83,25	12,02	80,83 a 85,68	0,14	0,071	0,200*
Cx _m	97	27,00	68,00	45,91	7,14	44,47 a 47,35	0,16	0,065	0,200*
Pn	97	18,50	42,00	30,64	4,18	29,80 a 31,48	0,14	0,066	0,200*

Diâmetros Ósseos (cm)

BiAc	97	17,00	55,70	32,12	4,33	31,24 a 32,99	0,13	0,112	0,005
BiCri	97	15,80	33,60	24,03	3,04	23,42 a 24,65	0,13	0,084	0,091
BiEpUm	97	3,50	6,90	5,53	0,59	5,41 a 5,64	0,11	0,121	0,001
BiEpFe	97	4,10	11,50	8,31	0,95	8,12 a 8,50	0,11	0,094	0,033

*limite inferior de verdadeira significância (tendência à normalidade); DP=desvio padrão; IC=intervalo de confiança; CV=coeficiente de variação; $p < 0,005$; MC=massa corporal; PVC=pico de velocidade de crescimento; IPVC=idade do pico de velocidade de crescimento; IMC=índice de massa corporal; ATC=altura-tronco-cefálica; MMII=membros inferiores; Tri= tríceps; Se=subescapular; Si=suprailíaca; AbH=abdominal horizontal; Cx=coxa; Pm=panturrilha medial; Br=braço relaxado; Bc=braço contraído; Cin=cintura; Ab_{um}=abdome umbilical; Qd=quadril; Cx_m=coxa medial; Pn=panturrilha; BiAc=bi-acromial; BiCri= biiliocristal; BiEpUm=bi-epicondilar de úmero; BiEpFe=bi-epicondilar de fêmur.

Para determinar o comportamento da CC na amostra estudada, o teste de *Kolmogorov-Smirnov* indicou que das 27 variáveis analisadas (TABELA 6), o PVC, a massa corporal, a ATC, perímetros de Br, Bc, Qd, Cx_m e Pn foram as únicas variáveis que apresentaram verdadeira significância de tendência à normalidade. Dentre as 19 variáveis restantes, ao menos 11 (57%) definitivamente mostraram tendência assimétrica de distribuição ($p < 0,05$).

Entretanto, o CV foi marcadamente reduzido ($< 20\%$) nas dimensões corporais, perímetros e diâmetros, indicando homogeneidade na distribuição desses dados, mesmo nessa grande amplitude etária, de 10 anos (7-17 anos). Quando consideradas as espessuras de dobras cutâneas e maturação (PVC), a indicação de elevada dispersão sugere um grupo heterogêneo. Dessa forma, a expressão da CC das meninas por idade cronológica e por maturação, parece necessária.

Para a expressão dos três componentes de resposta da CC (TO, TA e TME) uma análise de frequência foi conduzida e os resultados estão nos *boxplots* da FIGURA 2, com valores expressos em Kg.

FIGURA 2. Boxplots do tecido ósseo, tecido adiposo e tecido musculoesquelético em meninas.

Embora exista um *outlier* para cada plot do TA e TME percebe-se uma distribuição relativamente homogênea nessas variáveis, enquanto no TO parece existir maior frequência de MO mais leve (FIGURA 2a). Entretanto, a despeito dessa observação e da existência de meninas com TA > 50 kg, a representação do TA pela média (19,56 kg) em vez da mediana (19,05 kg) não representaria tanta diferença assim. A mesma tendência é percebida para TO (2,69; 2,55) e TME (14,35; 14,36), sugerindo que nas posteriores comparações dessas variáveis, o uso de técnicas paramétricas ou não, é indiferente. O teste de *Shapiro-Wilk* (simultaneamente para os três componentes) indicou tendência à normalidade ($W=0,9159$; $p>4,076$), reforçando ainda mais essa possibilidade.

5.1 Descrição da composição corporal por idade e maturação

A partir desta etapa, serão apresentadas análises descritivas das variáveis da CC no nível Órgão-Tecidual, consideradas como as variáveis respostas. Os valores médios dos componentes de TO, TA, TME e TR foram expressos em kg e descritos por agrupamento etário (GRÁFICO 2) e maturacional (GRÁFICO 3). Uma vez que o estudo tem característica descritiva transversal, os valores médios de cada

componente ilustram a magnitude relativa de cada um, para cada idade cronológica (GRÁFICO 2) ou nível maturacional (GRÁFICO 3).

GRÁFICO 2. Distribuição da composição corporal em meninas derivada do DXA e transformada para o nível órgão tecidual por idade, em meninas de 7 a 17 anos.

Quando expressa pela idade cronológica pode ser observado que o TA apresentou o componente de maior massa da CC na maioria das idades (GRÁFICO 2). Dos 10 aos 15 anos, percebe-se um aumento representativo da TME e TR na CC (linhas de série), sendo do TO a menor participação, ainda que crescente para todas as idades. Entretanto quando agrupada por maturação (GRÁFICO 3), observou-se uma tendência de comportamento mais linear de cada componente, amenizando os efeitos típicos de uma representação transversal. Percebe-se, portanto, que a expressão da CC por nível de maturação é capaz de minimizar a distribuição heterogênea tão evidente na expressão por idade cronológica. Isso denota que o crescimento de cada componente da CC deve se associar melhor com maturação do que com idade, sugerindo também ser mais bem explicado por aquela do que por esta.

GRÁFICO 3. Distribuição da composição corporal em meninas derivada do DXA e transformada para o nível órgão tecidual em meninas, nos níveis de maturação de -4 a 0 anos para o PVC.

A TABELA 7 apresenta os valores de média, desvio padrão e tamanho do efeito (η^2) da idade sobre a CC de meninas de 7 a 17 anos. As diferenças etárias das idades subsequentes também estão indicadas (*) para o teste *post-hoc* (Tukey) posterior à ANOVA (*one-way*). Embora tenha se observado uma tendência de aumento das dimensões (linhas de série) e componentes corporais durante o crescimento, esse incremento não foi constante nem uniforme.

Eventuais oscilações nos valores das variáveis durante esse período de crescimento expressam o comportamento típico na demonstração transversal dessas variáveis. Com exceção da idade milesimal (8 idades) e TR (1 idade), as dimensões antropométricas e demais componentes corporais não diferiram estatisticamente entre os períodos etários subsequentes. Entretanto os agrupamentos etários (com aproximação da idade para o inteiro mais próximo) revelam médias de idade milesimal relativamente distantes entre alguns grupos (8-15 anos). Isto sugere uma distribuição heterogênea especialmente nesses períodos etários, indicando variabilidade mais acentuada.

TABELA 7. Valores descritivos dos componentes da CC, diferenças estatísticas (ANOVA) e tamanho do efeito (η^2) da idade em meninas de 7 a 17 anos.

Idade	Idade Mlesimal	PVC	Estatutura	Massa Corporal	IMC	Tecido Ósseo	Tecido Adiposo	Tecido Músculo esquelético	Tecido Residual
7	7,1	-6,0	115,8	20,3	15,2	1,5	8,7	5,2	6,8
	$\pm 0,4$	$\pm 0,4$	$\pm 10,7$	$\pm 4,7$	$\pm 1,0$	$\pm 0,1$	$\pm 2,9$	$\pm 0,8$	$\pm 0,6$
8	7,9*	-5,4	125,8	26,3	16,6	2,0	10,5	6,6	7,2
	$\pm 0,0$	$\pm 0,1$	$\pm 1,1$	$\pm 5,0$	$\pm 2,9$	$\pm 0,1$	$\pm 4,3$	$\pm 0,7$	$\pm 0,0$
9	9,1*	-4,8	136,4	37,6	20,4	2,1	16,9	10,4	8,7
	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 9,5$	$\pm 9,0$	$\pm 3,8$	$\pm 0,6$	$\pm 6,2$	$\pm 2,7$	$\pm 1,3$
10	9,9*	-4,2*	142,5	44,0	21,3	2,3	19,5	11,5	9,9
	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	$\pm 9,2$	$\pm 11,4$	$\pm 5,1$	$\pm 0,6$	$\pm 8,5$	$\pm 3,8$	$\pm 2,2$
11	10,9*	-3,5*	144,8	41,1	19,7	2,3	17,2	11,5	10,0*
	$\pm 0,3$	$\pm 0,4$	$\pm 9,0$	$\pm 7,4$	$\pm 3,4$	$\pm 0,4$	$\pm 6,7$	$\pm 2,0$	$\pm 1,4$
12	12,1*	-2,8	152,4	46,8	20,1	2,8	18,3	13,9	11,9
	$\pm 0,3$	$\pm 0,4$	$\pm 8,1$	$\pm 8,9$	$\pm 3,5$	$\pm 0,5$	$\pm 6,0$	$\pm 2,8$	$\pm 2,1$
13	13,0*	-2,5	157,9	55,3	22,3	3,4	23,8	16,7	13,2
	$\pm 0,3$	$\pm 0,6$	$\pm 8,1$	$\pm 16,4$	$\pm 6,1$	$\pm 0,6$	$\pm 11,8$	$\pm 4,6$	$\pm 2,0$
14	13,9*	-2,2*	158,8	56,6	21,8	3,4	22,9	15,9	13,4
	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 5,9$	$\pm 10,4$	$\pm 3,3$	$\pm 0,4$	$\pm 7,8$	$\pm 2,5$	$\pm 1,2$
15	15,0*	-0,6	161,9	55,7	21,7	3,7	22,4	16,8	13,7
	$\pm 0,2$	$\pm 0,7$	$\pm 7,8$	$\pm 9,4$	$\pm 3,7$	$\pm 0,5$	$\pm 8,0$	$\pm 2,1$	$\pm 1,1$
16	16,0	-1,1	156,6	63,0	25,9	3,5	24,5	16,4	13,3
	$\pm 0,2$	$\pm 1,0$	$\pm 17,6$	$\pm 17,2$	$\pm 6,9$	$\pm 1,1$	$\pm 7,4$	$\pm 4,1$	$\pm 1,1$
17	16,9	0,0	163,2	59,0	22,1	4,0	23,3	17,9	13,7
	$\pm 0,3$	$\pm 1,1$	$\pm 6,0$	$\pm 6,7$	$\pm 2,4$	$\pm 0,8$	$\pm 4,5$	$\pm 2,2$	$\pm 1,4$
Total	11,9	-3,2	149,1	47,2	21,0	2,8	19,6	13,4	11,3
	$\pm 2,5$	$\pm 1,5$	$\pm 13,8$	$\pm 13,8$	$\pm 4,4$	$\pm 0,8$	$\pm 7,9$	$\pm 4,1$	$\pm 2,6$
η^2	0,987	0,902	0,603	0,445	0,165	0,577	0,179	0,500	0,583

* indica diferença estatística em relação à idade subsequente ($p < 0,05$); PVC= pico de velocidade de crescimento; IMC=índice de massa corporal; η^2 =tamanho do efeito.

A variabilidade da TR dos 11 aos 12 anos ($p=0,039$) indica acentuada distinção na CC de uma idade para outra. Uma vez que a TR é a diferença da massa corporal dos outros componentes, percebe-se uma maior participação relativa dos órgãos e vísceras na CC a partir dos 11 anos de idade.

Nas variáveis onde os valores de η^2 foram maiores do que 0,45 pôde-se assumir que o efeito da idade foi muito grande. Ou seja, que as mudanças relativas na Estatura (60,8%), na Massa corporal (45%), no TO (58,9%), na MM (50,8%), e TR (59%) revelaram sofrer grande efeito da idade, segundo os critérios definidos

pelo d de Cohen. Quando expressa pela maturação (TABELA 8), as diferenças estatisticamente significantes para as idades subsequentes para o PVC, são menores.

Um caso único de idade para o PVC=1 impossibilitou comparações desse nível, assim foi omitida nesta análise. Nos valores expressos pelos níveis maturacionais (TABELA 8), observaram-se diferentes idades milésimas nas três idades iniciais da maturação (-4 a -2), indicando que o início da maturação morfológica pode acontecer em idades cronológicas muito diferentes. Não houve diferenças estatisticamente significantes nas demais variáveis em todos os níveis maturacionais (PVC), exceto na idade -4. As meninas desse nível diferiram das demais em todas as variáveis, exceto no IMC ($p=0,322$) e no TA ($p=0,114$), demonstrando que o comportamento da relação pôndero-estatural e da GC independem da maturação.

TABELA 8. Valores descritivos dos componentes da CC, diferenças estatísticas (ANOVA) e tamanho do efeito (η^2) da maturação em meninas nos nível -4 a 0 anos para o PVC.

Idade	Idade Mlesimal	PVC	Estatura	Massa Corporal	IMC	Tecido Ósseo	Tecido Adiposo	Tecido Músculo esquelético	Residual
-4	9,3*	-4,6*	136,0*	37,8*	20,2	2,2*	16,6	10,2*	9,1*
	$\pm 1,0$	$\pm 0,7$	$\pm 12,4$	$\pm 11,3$	$\pm 4,4$	$\pm 0,6$	$\pm 7,3$	$\pm 3,5$	$\pm 2,1$
-3	12,0*	-3,0*	152,1	50,8	21,6	2,9	21,1	14,8	12,0
	$\pm 0,9$	$\pm 0,3$	$\pm 7,1$	$\pm 14,5$	$\pm 5,3$	$\pm 0,6$	$\pm 10,2$	$\pm 4,2$	$\pm 2,3$
-2	13,4*	-2,1*	156,2	52,3	22,2	3,3	22,1	15,7	12,7
	$\pm 1,3$	$\pm 0,2$	$\pm 10,6$	$\pm 10,1$	$\pm 5,1$	$\pm 0,7$	$\pm 6,7$	$\pm 2,6$	$\pm 1,6$
-1	15,3	-0,9*	159,6	57,8	23,0	3,4	22,6	15,9	13,4
	$\pm 1,2$	$\pm 0,3$	$\pm 6,6$	$\pm 14,6$	$\pm 4,1$	$\pm 0,5$	$\pm 7,5$	$\pm 3,1$	$\pm 1,2$
0	15,5	0,2	170,3	54,5	18,6	4,1	19,6	17,0	13,8
	$\pm 0,4$	$\pm 0,3$	$\pm 9,3$	$\pm 11,6$	$\pm 2,4$	$\pm 0,8$	$\pm 7,9$	$\pm 2,4$	$\pm 0,5$
Total	11,7	-3,2	147,8	46,8	21,1	2,8	19,5	13,3	11,1
	$\pm 2,4$	$\pm 1,5$	$\pm 14,5$	$\pm 14,5$	$\pm 4,7$	$\pm 0,8$	$\pm 8,4$	$\pm 4,4$	$\pm 2,7$
η^2	0,816	0,892	0,514	0,277	0,056	0,466	0,090	0,364	0,451

*indica diferença estatística em relação ao nível maturacional (PVC) subsequente ($p<0,05$); PVC= pico de velocidade de crescimento; IMC=índice de massa corporal; η^2 =tamanho do efeito.

Isto pode ser confirmado ao ser observado os menores efeitos da maturação sobre as variáveis de crescimento e da CC, do que a idade cronológica.

Em ordem crescente, os valores de η^2 sugerem menores efeitos da maturação para IMC (5%) e TA (9%); modestos para MC (27,7%); e importantes para TME (36,4%), TR (46,7%), Estatura (51,4%) e sobretudo Idade Mlesimal (81%). Vale ressaltar que não faz sentido tentar associar regiões da medida de magnitude do efeito com adjetivos descritivos como «pequeno», «moderado», «grande» etc. (CONBOY, 2003), desligado de um contexto de decisão e valor comparativo.

5.2 Resultados da análise multivariada

5.2.1 Método de extração fatorial

Para determinação do modelo preditivo da CC, inicialmente era necessário determinar quais estratégias estatísticas melhor resultavam em alternativas que não violassem os pressupostos esperados de uma predição. Neste caso, o uso de um modelo de extração fatorial foi planejado, para redução do número de variáveis respostas desejável.

Uma ACP foi escolhida por ser considerado o método mais significativo de extração fatorial. O método envolveu a elaboração de uma matriz de correlação e sua significância (dados não mostrados), mostrando adequação do método e aplicação de rotação dos fatores pelo método Varimax a fim de facilitar seu entendimento.

O teste *Kaiser-Meyer-Olkin* (0,915) foi utilizado como medida de adequação da amostra. Valores acima de 0,50 indicam adequação do método para esse tipo de análise, valores acima de 0,9, como ocorrido, são considerados “magníficos”. O teste de esfericidade de *Bartlett* baseado na distribuição estatística de Qui-quadrado (X^2), testa a hipótese de que a matriz de correlação é uma matriz de identidade. O resultado obtido de $X^2=2924,90$ com $p<0,001$ indicou que as variáveis estão correlacionadas significativamente, portanto, confirmando a adequação do método no tratamento dos dados. O teste de comunalidades variou de 0,652 a 0,940 para as 22 variáveis que entraram para a análise. Como o valor mínimo aceitável é de 0,5 (HAIR et al., 2006) não exigiu nenhuma exclusão com nova análise, pois todas estiveram acima desse limite.

Em seguida, o total da variância explicada toma como base o cálculo dos autovalores iniciais para cada possível variável resposta. Os autovalores iniciais de cada variável (*Eigenvalues*), e o % da variância que cada fator é capaz de explicar estão expressos na TABELA 9, limitados arbitrariamente a seis componentes.

TABELA 9. Total da variância explicada pela redução de fatores mediante ACP.

Componente	Autovalores iniciais (<i>Eigenvalues</i>)	% de Variância	% Cumulativo
1	14,176	64,44	44,40
2	3,126	14,21	64,20
3	1,178	5,36	84,00
4	0,703	3,20	
5	0,550	2,50	
6	0,397	1,80	

Análise de Componentes Principais

Após extração, três variáveis foram retidas com autovalores >1 , capazes de explicar 84% da variabilidade total. O *Screen Plot* da FIGURA 3 faz a apresentação visual dessa análise. O declive reduzido expressa as variáveis mínimas necessárias para essa condição.

FIGURA 3. Variância da redução de variáveis a partir dos valores raiz, resultantes da ACP.

A matriz de escores (índices) de coeficiente dos componentes expressa na TABELA 10 mostra os valores não padronizados de cada componente em cada um dos fatores.

TABELA 10. Carga fatorial da solução para cada componente após rotação dos fatores.

	Componentes		
	1	2	3
Id. Mlesimal	0,168	0,077	0,941
PVC_class	-0,067	0,089	0,936
Estatutura	0,087	0,529	0,729
MC	0,612	0,521	0,543
IMC	0,757	0,286	0,176
Tri	0,923	-0,001	0,131
Se	0,882	0,167	0,049
Si	0,903	0,313	0,040
AbH	0,890	0,317	0,015
Cx	0,895	0,169	0,051
Pm	0,878	0,000	0,074
Br	0,743	0,449	0,331
Bc	0,774	0,409	0,384
Cin	0,758	0,488	0,227
Ab _{um}	0,771	0,492	0,250
Qd	0,634	0,459	0,537
Cx _m	0,715	0,427	0,422
Pn	0,563	0,462	0,521
BiAc	0,234	0,548	0,587
BiCri	0,532	0,614	0,453
BiEpÚm	0,182	0,856	0,190
BiEpFe	0,220	0,768	0,117

Sombreado=componente de maior significância; MC=massa corporal; PVC=pico de velocidade de crescimento; class=classificação por idade; MC=massa corporal; IMC=índice de massa corporal; Tri=tríceps; Se=subescapular; Si=suprailíaca; AbH=abdominal horizontal; Cx=coxa; Pm=panturrilha medial; Br=braço relaxado; Bc=braço contraído; Cin=cintura; Ab_{um}=abdome umbilical; Qd=quadril; Cx_m=coxa medial; Pn=panturrilha; BiAc=bi-acromial; BiCri= biiliocristal; BiEpUm=bi-epicondilar de úmero; BiEpFe=bi-epicondilar de fêmur.

Após rotação pelo método Varimax com normalização de *Kaiser* e os valores convergidos depois de cinco interações, foi possível perceber uma melhor definição das variáveis para cada componente. O componente 1 apresentou variáveis com valores de cargas fatoriais (0,563 a 0,923) mais elevadas, predominantemente naquelas variáveis que expressam massa corporal, dobras cutâneas e perímetros, caracterizando composição de “tecidos moles”. No componente 2 as maiores cargas incluíram três variáveis de diâmetro ósseo (0,614 a 0,856) onde a “estrutura esquelética” pareceu evidenciada. E o componente 3 expressou o “crescimento”, com variáveis de largura e estatura corporal, mais as idades cronológica e biológica (0,587 a 0,941).

5.2.2 Análise de regressão univariada

Uma vez que todas as 22 variáveis explicativas poderiam entrar no modelo, foi realizada individualmente uma regressão univariada (*stepwise*) para TO, TA e TME a fim de selecionar as variáveis comuns aos três componentes e com maiores coeficientes (r^2 ajustado) possíveis. As variáveis expressavam idade (n=2); dimensões corporais (n=3); dobras cutâneas (n=6); perímetros (n=7) e diâmetros ósseos (n=4). A redução desse número de variáveis foi necessária para se tornar em um modelo viável, de aplicação prática sem perder na precisão.

A análise de regressão linear univariada considerou o TO, TA e TME como variáveis dependentes, resultando em estatística descritiva, correlação entre variáveis, estimação dos modelos, ANOVA e estimação dos coeficientes, cálculo dos *eigenvalues* e de VIF. A partir da descrição das variáveis etárias e maturacionais (TABELAS 7 e 8), foi necessário verificar a correlação entre as variáveis explicativas e variáveis resposta, exibida na TABELA 11.

TABELA 11. Coeficiente de correlação entre variáveis respostas (Tecidos Ósseo, Adiposo e Músculo esquelético) e variáveis explicativas (etárias e antropométricas), em meninas.

	Id. Miles.	PVC	Estatura	MC	IMC	Tri	Se	Si	AbH	Cx	Pm
T. Ósseo	0,75	0,72	0,84	0,82	0,49	0,28	0,33	0,36	0,34	0,28	0,25
T. Adiposo	0,37	0,32	0,46	0,87	0,87	0,79	0,82	0,83	0,82	0,75	0,75
T. Músc. Esq.	0,68	0,66	0,83	0,91	0,61	0,37	0,44	0,45	0,38	0,35	0,31
Id. Milesimal		0,95	0,73	0,63	0,28	0,29	0,29	0,31	0,26	0,25	0,24
PVC			0,78	0,57	0,17	0,16	0,14	0,20	0,10	0,13	0,13
Estatura				0,73	0,23	0,25	0,26	0,30	0,25	0,23	0,22
MC					0,78	0,67	0,72	0,73	0,68	0,61	0,59
IMC						0,68	0,74	0,74	0,73	0,62	0,59
Tri							0,89	0,86	0,88	0,86	0,88
Se								0,91	0,88	0,82	0,79
Si									0,90	0,82	0,79
AbH										0,86	0,81
Cx											0,85
(continuação)											
	Br	Bc	Cin	Ab_{um}	Qd	Cx_m	Pn	BiAc	BiCri	BiEpÚm	BiEpFe
T. Ósseo	0,55	0,59	0,51	0,55	0,75	0,70	0,74	0,82	0,71	0,56	0,48
T. Adiposo	0,82	0,83	0,82	0,86	0,80	0,82	0,75	0,58	0,78	0,48	0,47
T. Músc. Esq.	0,64	0,69	0,63	0,64	0,82	0,77	0,81	0,83	0,76	0,59	0,47
Id. Milesimal	0,48	0,52	0,43	0,45	0,65	0,58	0,61	0,63	0,55	0,24	0,29
PVC	0,37	0,40	0,28	0,31	0,54	0,45	0,48	0,59	0,49	0,30	0,33
Estatura	0,55	0,52	0,43	0,46	0,66	0,58	0,62	0,77	0,63	0,57	0,49
MC	0,85	0,89	0,83	0,85	0,91	0,91	0,89	0,78	0,86	0,53	0,51
IMC	0,71	0,76	0,80	0,79	0,72	0,76	0,71	0,52	0,68	0,36	0,36
Tri	0,79	0,82	0,79	0,79	0,68	0,75	0,60	0,34	0,61	0,26	0,31
Se	0,83	0,82	0,85	0,84	0,70	0,78	0,65	0,38	0,65	0,30	0,37
Si	0,85	0,83	0,88	0,87	0,74	0,82	0,70	0,45	0,70	0,35	0,43
AbH	0,83	0,81	0,83	0,84	0,70	0,75	0,62	0,40	0,64	0,33	0,43
Cx	0,73	0,75	0,73	0,74	0,62	0,68	0,57	0,33	0,59	0,30	0,37
(continuação)											
	Id. Miles.	PVC	Estatura	Massa	IMC	Tri	Se	Si	AbH	Cx	Pm
Pm	0,24	0,13	0,22	0,59	0,59	0,88	0,79	0,79	0,81	0,85	
Br	0,48	0,37	0,55	0,85	0,71	0,79	0,83	0,85	0,83	0,73	0,72
Bc	0,52	0,40	0,52	0,89	0,76	0,82	0,82	0,83	0,81	0,75	0,74
Cin	0,43	0,28	0,43	0,83	0,80	0,79	0,85	0,88	0,83	0,73	0,69
Ab_{um}	0,45	0,31	0,46	0,85	0,79	0,79	0,84	0,87	0,84	0,74	0,69
Qd	0,65	0,54	0,66	0,91	0,72	0,68	0,70	0,74	0,70	0,62	0,62
Cx_m	0,58	0,45	0,58	0,91	0,76	0,75	0,78	0,82	0,75	0,68	0,68
Pn	0,61	0,48	0,62	0,89	0,71	0,60	0,65	0,70	0,62	0,57	0,56
BiAc	0,63	0,59	0,77	0,78	0,52	0,34	0,38	0,45	0,40	0,33	0,22
BiCri	0,55	0,49	0,63	0,86	0,68	0,61	0,65	0,70	0,64	0,59	0,56
BiEpÚm	0,24	0,30	0,57	0,53	0,36	0,26	0,30	0,35	0,33	0,30	0,23
BiEpFe	0,29	0,33	0,49	0,51	0,36	0,31	0,37	0,43	0,43	0,37	0,30

(continuação)											
	Br	Bc	Cin	Ab_{um}	Qd	Cx_m	Pn	BiAc	BiCri	BiEpÚm	BiEpFe
Pm	0,72	0,74	0,69	0,69	0,62	0,68	0,56	0,22	0,56	0,23	0,30
Br		0,93	0,87	0,87	0,84	0,87	0,80	0,61	0,77	0,52	0,44
Bc			0,88	0,88	0,86	0,91	0,86	0,63	0,80	0,49	0,44
Cin				0,96	0,81	0,84	0,77	0,59	0,81	0,47	0,44
Ab_{um}					0,82	0,84	0,77	0,61	0,84	0,47	0,44
Qd						0,90	0,86	0,72	0,83	0,47	0,46
Cx_m							0,90	0,66	0,80	0,48	0,46
Pn								0,72	0,80	0,47	0,45
BiAc									0,69	0,53	0,47
BiCri										0,57	0,59
BiEpÚm											0,78

T.=tecido; MC=massa corporal; PVC=pico de velocidade de crescimento; IMC=índice de massa corporal; Tri=tríceps; Se=subescapular; Si=supraílica; AbH=abdominal horizontal; Cx=coxa; Pm=panturrilha medial; Br=braço relaxado; Bc=braço contraído; Cin=cintura; Ab_{um}=abdome umbilical; Qd=quadril; Cx_m=coxa medial; Pn=panturrilha; BiAc=bi-acromial; BiCri= biiliocristal; BiEpUm=bi-epicondilar de úmero; BiEpFe=bi-epicondilar de fêmur.

O TR aparece nesta tabela apenas para ilustração comparativa, todavia pode ser considerado um componente predito (resposta). Os coeficientes indicaram correlação entre fraca ($r=0,23$) a muito alta ($r=0,97$) entre as variáveis comparadas. A alta correlação entre as variáveis independentes evidencia a existência de multicolinearidade entre elas, ou seja, existência de relações lineares entre variáveis independentes. A multicolinearidade traz consequências indesejáveis para a análise inferencial, tais como: a) no caso de perfeita multicolinearidade, não é possível estimar os parâmetros do modelo pelo método de mínimos quadrados, o que traz complicações; b) na maioria das situações práticas em que há multicolinearidade, as variáveis independentes são altamente correlacionadas, mas não perfeitamente colineares (MACHADO, D. R. L., 2009).

Para verificar a existência de multicolinearidade, recorreu-se a um método, que utiliza o quociente entre o maior autovalor e o menor autovalor da matriz de correlações das variáveis independentes (HAIR et al., 2006). Esse resultado, chamado de L, indica baixa multicolinearidade se for menor que 100, média multicolinearidade se estiver entre 100 e 1000 e alta multicolinearidade se for maior do que 1000. O autovalor (L) inicial encontrado foi de alta multicolinearidade ($L=1187,39$).

TABELA 12. Análise de regressão univariada (Stepwise) e determinantes de multicolinearidade para seleção de variáveis explicativas comuns às variáveis respostas, Tecidos: Ósseo, Adiposo e Musculoesquelético em meninas.

Tecido Ósseo		Tecido Adiposo			Tecido Músculo Esquelético	
Variáveis	Eigenvalues	Variáveis	Eigenvalues1	Eigenvalues2	Variáveis	Eigenvalues
Estatuta	0,190	Ab _{um}	0,096		Massa	0,171
Massa	0,026	Massa	0,027	0,110	AbH	0,041
Si	0,006	AbH	0,002	0,027	Se	0,027
Cin	0,003	Bc		0,006	Bc	0,002
Cx _m	0,002	BiAc		0,002		
BiAc	0,001					
$r^2 = 0,863$ $L = 190,00$		$r^2 = 0,905$ $L = 48,00$ $L = 55,00$			$r^2 = 0,931$ $L = 85,50$	

Ab_{um}=abdome umbilical; Se=subescapular; Si=supra crista-iliaca; AbH=abdominal horizontal; Cin=cintura; Cx_m=coxa medial; BiAc=diâmetro bi-acromial; Bc=braço contraído.

A partir da regressão univariada (*Stepwise*), o número de variáveis para TO (n=6), TA (n=3) e TME (4) indicaram altos coeficientes de determinação ($r^2=0,863$ a 0,931) enquanto a multicolinearidade variou de baixa ($L=48,00$) a moderada ($L=190,00$) para as seis variáveis comuns às variáveis respostas (TABELA 12).

Como resultado, quatro variáveis (Massa, AbH, Bc e BiAc) foram comuns aos 3 componentes teciduais. A próxima etapa consistiu de análise multivariada para estimação dos parâmetros.

5.3 Análise multivariada da composição corporal

A partir do modelo de regressão multivariado

${}_n Y_m = {}_n X_{(r+1) \dots (r+1)} \beta_m + {}_n \varepsilon_m$ foi confirmado o modelo dessas 4 variáveis, com significância (*Pillai*) dos valores de F (TABELA 13). Os elevados índices de significância ($>F$) devem ser interpretados na seguinte forma de expressão: para $< 2,2e^{-16}$ implica na notação de $< 2,2 \times 10^{-16}$.

TABELA 13. Ajuste de modelo de regressão multivariada para predição da composição corporal em meninas.

	GI	Aprox <i>Pillai</i>	F num.	GI den.	GI	p (>F)	Sig.
Massa	1	0,96407	688,75	3	77	$< 2,2e^{-16}$	***
AbH	1	0,63791	45,22	3	77	$< 2,2e^{-16}$	***
Bc	1	0,10811	3,11	3	77	0,031120	*
BiAc	1	0,13739	4,09	3	77	0,009513	**

Residuais 79; sig.: 0,000 '***'; 0,001 '**'; 0,05 '*'; GI=graus de liberdade; Massa=massa corporal; AbH=abdominal horizontal; Bc=braço contraído; BiAc=diâmetro bi-acromial.

O vetor das estimativas dos parâmetros (β) do modelo está descrito na TABELA 14.

TABELA 14. Valores de β para cada componente da composição corporal em meninas.

	TO (kg)	TA (kg)	TME (kg)
(Intercepto)	-0,2262	7,4563	-3,4091
Massa	0,0565	0,5093	0,3140
AbH	-0,0354	0,4133	-0,1867
Bc	-0,0127	-0,5469	0,1836
BiAc	0,0407	-0,2373	0,0900

TO=tecido ósseo; TA=tecido adiposo; TME=tecido musculoesquelético; Massa=massa corporal; AbH=dobra cutânea abdominal horizontal; Bc=braço contraído; BiAc=diâmetro bi-acromial.

Em seguida o modelo foi testado novamente na forma univariada (Enter), resultando na manutenção de baixa multicolinearidade, com elevados coeficientes de correlação entre valores medidos e preditos para TO ($r=0,89$), TA ($r=0,95$) e TME ($r=0,96$). A TABELA 15 detalha os resultados de baixa multicolinearidade nos limites de tolerância para *eigenvalues* ($L<100$) e VIF ($<10,0$), e seus coeficientes de determinação (r^2) simples e ajustado ($r^{2\text{ajust}}$).

TABELA 15. Análise de regressão univariada (método Enter) e determinantes de multicolinearidade para as variáveis selecionadas no modelo multivariado.

	VIF	Eigenvalues	TO	$r^2 = 0,798$	$r^2_{ajust} = 0,787$
Massa	6,934	0,110	TA	$r^2 = 0,909$	$r^2_{ajust} = 0,905$
AbH	3,132	0,027	TME	$r^2 = 0,923$	$r^2_{ajust} = 0,919$
Bc	7,089	0,006	Eigenvalues	55,000	
BiAc	2,390	0,002	(>) VIF	7,089	

TO=tecido ósseo; TA=tecido adiposo; TME=tecido musculoesquelético; Massa=massa corporal; AbH=dobra cutânea abdominal horizontal; Bc=braço contraído; BiAc=diâmetro bi-acromial.

Um pressuposto inicial que justifica a análise multivariada está na correlação entre as variáveis de resposta (FIGURA 4). A correlação moderada do TA com as demais e muita alta entre TO e TME sugerem interdependência. A dispersão de cada componente também expressa qual é a tendência de distribuição.

FIGURA 4. Frequência, correlação e dispersão entre as variáveis respostas da composição corporal de meninas.

O teste de *Shapiro-Wilk* verificado agora de forma multivariada também indicou haver normalidade dos resíduos quando $W=0,4639$ e $p=5,763e^{-15}$.

Outro pressuposto que sustenta a justificativa da análise multivariada está na distribuição centralizada dos resíduos (erro), fato observado nos três componentes da CC, como pode ser observada na FIGURA 5.

FIGURA 5. Distribuição multivariada dos resíduos para tecido ósseo (TO), tecido adiposo (TA), e tecido musculoesquelético (TME) de meninas.

A partir dos parâmetros multivariados foi possível prever cada componente da CC (TO, TA, TME) de forma conjunta, considerando a inter-relação das variáveis de resposta, diferentemente de quando se propõe uma análise unidimensional tradicional.

Entretanto a preocupação inicial da existência de multicolinearidade entre as variáveis explicativas finais precisava ser testada, pois existem casos em que as variáveis são altamente, mas não perfeitamente colineares.

O valor de $\det(X'X)$ foi próximo de zero (0,04540377). Neste caso, quando $\det(X'X) \approx 0$ um critério bastante eficiente para verificar a presença de multicolinearidade, através do cálculo das raízes características da matriz de correlação das variáveis independentes do modelo (MONTGOMERY; PECK;

VINING, 2006). Segundo os autores, baixos valores de uma ou mais raízes características são indícios da existência de multicolinearidade.

$$L = \lambda_{\text{Max}}/\lambda_{\text{Min}}$$

Se $L < 100$, não existe séria multicolinearidade

Se $100 < L < 1000$ existe multicolinearidade moderada e

Se $L > 1000$ indica a existência séria de multicolinearidade.

Desta forma os *eigenvalue* da raiz (autovalores) foram calculados para Massa (0,110), AbH (0,027), Bc (0,006) e BiAc (0,002).

Nesta análise, define-se $L = \frac{\lambda_{\text{max}}}{\lambda_{\text{min}}}$, onde λ_{max} é o maior *eigenvalue* da matriz e

λ_{min} é o menor *eigenvalue* da matriz.

$$\text{Assim, } L = \frac{0,110}{0,002} = 55,000 \text{ (baixa multicolinearidade)}$$

Os valores medidos e preditos são exibidos no APÊNDICE D.

5.3.1 Confiabilidade e validação do modelo

A expressão gráfica de dispersão entre os valores medidos e preditos de todos os 84 casos deste estudo, dão uma ideia visual da variabilidade entre os valores reais e preditos pelo modelo. A concordância entre os valores preditos e medidos para TO, TA e TME podem ser observadas no GRÁFICO 4.

GRÁFICO 4. Dispersão entre os valores medidos e preditos da composição corporal para tecido ósseo (TO), tecido adiposo (TA) e tecido musculoesquelético (TME) de meninas.

Os valores de correlação, coeficientes de determinação e o EPE a partir das análises dos resíduos foram:

	r	r²	EPE
Tecido Ósseo	0,89	0,80	0,36
Tecido Adiposo	0,95	0,91	2,54
Tecido Músculo Esquelético	0,96	0,92	1,22

FIGURA 6. Coeficientes de correlação (r), de determinação (r²) e erro padrão da estimativa (EPE) para tecido ósseo, tecido adiposo e tecido musculoesquelético de meninas.

5.3.2 Validação cruzada do modelo

A estatística PRESS é empregada para mensurar a eficiência de uma equação preditiva, quando aplicada a amostras independentes (MYERS, 1986), mesmo sendo estimada dentro da mesma amostra, conforme descrito anteriormente. O processo pode ser compreendido como a eficiência do modelo em estimar os parâmetros reais mediante uma simulação virtual. No caso deste estudo, o erro foi determinado pelo resultado de Y observado – Y' (estimado). Os resultados da soma dos quadrados dos resíduos (PRESS), o coeficiente de determinação de PRESS (R²_{PRESS}) e o desvio padrão de PRESS (S_{press}) obtidos para cada variável resposta são expressos por:

	PRESS	R²_{PRESS}	S_{PRESS}
Tecido Ósseo	10,592	0,743	0,050
Tecido Adiposo	528,395	0,884	0,354
Tecido Músculo Esquelético	121,754	0,909	0,164

FIGURA 7. Validação pela soma dos quadrados PRESS, coeficientes de determinação (R²_{PRESS}) e desvio padrão (S_{PRESS}) para tecido ósseo, tecido adiposo e tecido musculoesquelético do modelo.

Esses resultados sugerem que o modelo multivariado é válido para prever simultaneamente TO, TA e TME uma vez que indica coerência com os pressupostos definidos na metodologia, por R²_{PRESS} estar próximo de “1” e o S_{PRESS}

próximo de “0”. Assim, o modelo final para cada variável de resposta e do 4º componente (TR) podem ser expressos da seguinte forma:

$$TO = 0,0565 \text{ Massa corporal} - 0,0354 \text{ AbH} - 0,0127 \text{ Bc} + 0,0407 \text{ BiAc} - 0,2262$$

$$TA = 0,5093 \text{ Massa corporal} + 0,4133 \text{ AbH} - 0,5469 \text{ Bc} - 0,2373 \text{ BiAc} + 7,4563$$

$$TME = 0,3140 \text{ Massa corporal} - 0,1867 \text{ AbH} + 0,1836 \text{ Bc} + 0,0900 \text{ BiAc} - 3,4091$$

$$TR = \text{Massa corporal} - (TO + TA + TME)$$

Onde: TO = tecido ósseo; TA = tecido adiposo; TME = tecido musculoesquelético; TR = tecido residual; Massa corporal total (Kg); AbH = dobra cutânea abdominal horizontal (mm); Bc = braço contraído (cm); BiAc = diâmetro ósseo bi-acromial (mm).

6 DISCUSSÃO

A finalidade inicial deste estudo em descrever a CC de meninas com abordagem compartimental procura trazer luz à lacuna ainda existente, da falta de referenciais capazes de quantificar os componentes da CC para diferentes idades e níveis maturacionais (SOPHER; SHEN; PIETROBELLI, 2005) durante o crescimento puberal. A descrição do comportamento dos componentes corporais no nível órgão tecidual por idade (GRÁFICO 2 e TABELA 5) e maturação (GRÁFICO 3 e TABELA 6) pode subsidiar o monitoramento do crescimento corporal dessas meninas, quer seja para controle de indicadores de saúde (p.e.: controle de sobrepeso, obesidade e os riscos associados) ou para o planejamento de treino e desempenho esportivo (p.e.: adequação corporal e preparação física visando o treinamento e o rendimento esportivo).

Para a confiabilidade das informações descritivas da CC, foi necessário um planejamento prévio da estimação do erro e do grau de confiança no dimensionamento amostral (TABELA 3). Isso de certa forma assegura as comparações intercalasses realizada tanto por idade como por maturação, uma vez que a análise descritiva incluiu as 130 meninas voluntárias no início do estudo, com boa representatividade das classes, ainda que numa amostra intencional. Os dados completos a partir do planejamento prévio do n amostral (84 casos) necessário para

a análise multivariada foi importante para assegurar a precisão (com erro mínimo e maior grau de confiança) do modelo preditivo. Essa estimativa contribuiu para dissolver eventuais vieses nas análises, embora não tenha garantido uniformidade na distribuição das variáveis de resposta, mesmo que tendessem à normalidade. Este fato foi observado na frequência da FIGURA 2 ao apresentar casos extremos para TA e TME, para além de alguma assimetria no TO.

O comportamento oscilante da CC observados nas TABELAS 9 e 10 são típicos em estudos transversais (ELLIS, K. J., 1997; RODRIGUEZ et al., 2005). Em idades menores que 10 anos, a dispersão dos tecidos corporais tende a ser menor em relação às idades subsequentes (ELLIS, K. J., 1997). Isso implica que no período pré puberal o crescimento e a maturação são bastante compatíveis. Nessas idades, a variação na concentração hormonal que ocorre durante a maturação sexual ainda não iniciou (MACHADO, D. R. L., 2009). Assim, não é surpresa também encontrar altas associações entre os componentes de TO e TME, como foi observado neste estudo (FIGURA 4), uma vez que ainda existe uma relação estável entre cálcio e músculo, como observada nos adultos (FIELDS; GORAN; MCCRORY, 2002). O aumento dos componentes corporais com o crescimento (etário e maturacional), típico dessa fase da vida (MINDERICO et al., 2006) é marcadamente maior na MG até aos 13 anos (TABELA 5), registrando aumentos de 17% nas meninas e 15% nos meninos durante a puberdade (BRAILLON, 2002).

Na abordagem órgão-tecidual da CC, o conceito de GC e TA, geralmente empregado de forma intercambiária, requerem distinção taxionômica quanto às suas características metabólicas e ponderais. O TA contém material que não é somente gordura, o que reafirma o conceito de “compartimento adiposo”. Esse material inclui o tecido conjuntivo, com predomínio dos adipócitos (células adiposas) que acumulam lipídeos, além dos fluídos extracelulares, matriz extracelular, nervos e vasos sanguíneos (SHEN et al., 2005), o que explica parte dos valores relativamente maiores (TABELA 5) do que os valores geralmente reportados para GC de meninas e adolescentes.

Os casos extremos (*outliers*) observados na FIGURA 2 expressam a distribuição esperada para amostras populacionais, onde a maioria das avaliadas apresenta adiposidade normal (TA=16,58). Os casos extremos onde a GC alcançou

valores de 50,35% fazem parte da realidade ($\cong 10\%$), não significando nenhuma discrepância (ELLIS, K. J., 1997; RODRIGUEZ et al., 2005).

A componente do TO sofre impacto direto do exercício físico. Os efeitos do exercício são marcadamente percebidos no aumento da DMO, significativamente maior em atletas do que em não atletas de mesma idade (DRINKWATER et al., 1994; LOHMAN, TIMOTHY G., 1995), especialmente em atividades com cargas elevadas e de alto impacto.

No conceito da CC bicompartimental, a MMA consiste da estrutura músculo esquelética, TO, tecido conectivo dentre outros. Devido à dificuldade das técnicas de campo na avaliação da CC, nem sempre é possível separar músculos de ossos. Por esta razão, os estudos relacionam as mudanças que o exercício promove na MMA como um todo, considerando principalmente os efeitos sobre a estrutura musculoesquelética. Uma dessas alternativas está no ganho de força observado em estudos de treinamento, envolvendo adultos jovens (20-30 anos), ou de idosos (65-75 anos) (ROTH et al., 2001) e até mesmo de crianças (CHRISTOU et al., 2006).

FIGURA 8. Comparação entre abordagens (3-C e 4-C) de componentes corporais de meninas.

As medidas de DXA retornam os valores corporais absolutos (3-C) para MG, TMM e CMO (FIGURA 8). A abordagem do nível órgão tecidual (enfoque

multicomponente deste estudo) contempla uma abordagem 4-C, considerando o TO, TA, TME e um quarto componente, o TR, basicamente composto por órgãos viscerais (SHEN et al., 2005). Alguns desses órgãos são sólidos como o cérebro, coração, fígado e pulmão, considerados meramente como “órgãos viscerais” ou “resíduos” (ELLIS, KENNETH J., 2001). Um ponto importante deste componente está que não se trata de uma parte insignificante como por vezes já foi considerada (HEYWARD; STOLARCZYK, 2000) ou desprezível (DE ROSE, 1984). A massa média do TR obtido neste estudo (21%), expressa sua importante participação na composição da massa corporal total (GRÁFICO 1), ou seja: num sujeito de 70 kg, essa massa equivale a 14,7 kg. Embora a proporção relativa desse componente possa variar para cada pessoa, essa proporção de cada componente alerta à importância de uma análise multidimensional para um adequado diagnóstico da CC, especialmente na população pediátrica com maior variabilidade.

Na referência humana do TR para um adulto (masc.), a massa do baço (180g), coração (330g), estômago (150g), fígado (1800g), pâncreas (100g), pulmões (1000g), rins (310g), peitos/mamárias (26g), cérebro (1400g) e cordão espinal (30g) (HEYMSFIELD et al., 2005) somam 5,346 Kg, sem computar os 5200 ml de sangue circulante contido nos 42000 ml de água corporal total⁵. Desta forma, os valores observados que remontam em 29% de resíduos (18,76kg) observados na distribuição setorial da CC deste estudo (GRÁFICO 1), são facilmente justificados. Além do mais, o gasto energético é específico para cada componente, com alta taxa metabólica de órgãos (coração, cérebro, rim e fígado) para o gasto energético de repouso (GALLAGHER et al., 1998; WANG, Z. et al., 2010). Os valores relativos desse gasto chegam a ser muitas vezes maior do que do TO, TA ou mesmo TME (HAYES et al., 2002).

Dessa forma, o acompanhamento do desenvolvimento corporal à partir de intervenções, o monitoramento do crescimento e a sensibilidade para perceber as mudanças corporais da menina em crescimento, devem ser mais bem percebidas. Fatores como hábitos alimentares e atividades do cotidiano, não investigados neste estudo, podem ter contribuído para o aumento da GC em diferentes períodos de

⁵ Valor calculado a partir da estimativa de 600 ml/Kg de um adulto de 70 kg.

maturação por consequência de mudanças metabólicas e funcionais (HEYMSFIELD et al., 2005), acentuando ainda mais esses resultados observados. Portanto, classificar CC de adolescentes meramente pela idade, sem considerar seu desenvolvimento maturacional é um equívoco. O agrupamento maturacional (TABELA 6) reuniu participantes com características físicas mais homogêneas do que por agrupamento etário, sugerindo ser um critério mais equitativo na classificação comparativa da CC de meninas.

A distribuição não linear dos tecidos para cada idade (GRÁFICO 2) típica em observações transversais revela a grande variabilidade dos componentes corporais durante o crescimento adolescente. A densidade da massa gorda ($0,9007 \text{ g/cm}^3$), massa isenta da gordura ($1,100 \text{ g/cm}^3$) da água corporal total ($0,9937 \text{ g/cm}^3$) que compõe 73,2% dessa MIG; a massa residual ($1,565 \text{ g/cm}^3$) e o Mo ($0,2982 \text{ g/cm}^3$) embora sejam estáveis em adultos (HEYMSFIELD et al., 1997; BAUMGARTNER, 2005) não o são em crianças (LOHMAN, T. G., 1986). Isso alerta para a necessidade de modelos referenciais específicos da CC durante o crescimento adolescente. Ou seja, modelos de adultos não servem para descrever ou estimar a CC de crianças e adolescentes, que para cada idade, ainda guardam as devidas proporções entre os diferentes tecidos corporais (MACHADO, D. R. L.; OIKAWA; BARBANTI, 2013). No GRÁFICO 3, quando os componentes corporais são expressos por níveis de maturação, percebe-se melhor linearidade no desenvolvimento dos diferentes componentes, todavia a variabilidade ainda é percebida.

Vale lembrar que em cada nível maturacional (GRÁFICO 3), são encontradas meninas de diferentes idades, portanto, referenciais etários também podem apresentar vieses quando estabelecidas as relações e proporções esperadas para cada idade (GRÁFICO 2). Ainda que considerados os níveis maturacionais, modelos preditivos da CC de crianças e adolescentes com abordagem na densidade corporal (bi compartimentais), especialmente por pesagem hidrostática ou outras técnicas densitométricas, é problemática. A água corporal diminui durante o crescimento enquanto a DMO aumenta, mesmo quando a densidade da MIG ainda seja menor do que $1,100 \text{ g/cm}^3$ (MACHADO, D. R. L.; OIKAWA; BARBANTI, 2013). Por esse motivo, são preferidos os estudos com uso de modelos de 3-C e 4-C para a

determinação da CC em crianças (WELLS et al., 1999), uma vez que menos pressupostos (de estimativa) são utilizados e mais componentes são medidos (MACHADO, D. R. L. et al., 2013).

De qualquer forma, a maior coesão no agrupamento por maturação do que por idade, pode ser determinante para corrigir eventuais erros de classificação entre participantes de mesma idade ou MC, mas em diferentes fases de desenvolvimento maturacional, corrigindo eventuais injustiças de classificação esportiva (MACHADO, DALMO ROBERTO LOPES; BONFIM; COSTA, 2009). Além de maior associação do desempenho motor com o PVC ($r \sim 0,60$) do que com a idade ($r \sim 0,56$), presente em todos os modelos para explicar o desempenho motor (MACHADO, DALMO ROBERTO LOPES; BONFIM; COSTA, 2009) ou para prever CC em abordagem multicompartimental (MACHADO, D. R. L.; OIKAWA; BARBANTI, 2013).

O tamanho do efeito (η^2) da idade (TABELA 5) e da maturação (TABELA 6) mostrou resultados muito diferentes, segundo o tipo de agrupamento. A idade cronológica apresenta um impacto maior sobre a CC do que a maturação, alcançando até o dobro do tamanho do efeito, como por exemplo, o TA (18% x 9%), a massa corporal (45% x 27,7%) e o TME (50,8 x 36,6%) para idade e maturação, respectivamente. Por representar maior linearidade e menor dispersão na classificação maturacional, também sugere ser capaz de reduzir as diferenças da CC entre classes durante o crescimento puberal (MACHADO, D. R. L., 2009).

No campo da educação física, esses achados podem ter grande significado no desempenho esportivo de jovens, uma vez que diversas modalidades classificam seus atletas pela massa corporal ou por idade. Estudos que associam o desempenho motor com maturação ainda não são conclusivos, entretanto tem sido observado que os maiores picos de desempenho motor ocorrem de forma coincidente ao PVC (PHILIPPAERTS et al., 2006).

Estudos que relatam o efeito do treinamento sobre a CC em crianças e adolescentes ainda são inconclusivos e, portanto não podem precisar a carga nem quando (na maturação) essas diferenças passam a ser efetivas. Além do mais, os efeitos reais do exercício sobre a TME e TO de jovens precisam ser mais bem

elucidados a partir da compreensão do desenvolvimento dessas estruturas durante o crescimento puberal.

Embora alguns aumentos de desempenho motor sejam mais evidentes imediatamente após o PVC (MALINA, ROBERT M. ; BOUCHARD; BAR-OR, 2004), é possível que sejam confundidos meramente com o efeito do treinamento sistemático da modalidade praticada (PHILIPPAERTS et al., 2006), portanto, investigação específica é requerida.

6.1 O modelo de análise multivariada

O objetivo específico (c) deste estudo, em propor e validar um modelo antropométrico preditivo para estimar simultaneamente vários componentes da CC a partir de medidas antropométricas, visou oferecer aos profissionais pediátricos, uma ferramenta prática, de baixo custo operacional, com alta confiabilidade, uma vez que a preocupação com cada componente (gordura, músculo, osso) pode ser distinta, segundo a área de intervenção. Entretanto, para qualquer área que lida com questões do corpo da menina, o conhecimento multicompartimental da CC é útil para o monitoramento, planejamento e intervenção em programas específicos.

Os pressupostos necessários para a proposição do modelo devem obedecer a determinadas questões para a proposição de um modelo seguro e confiável. Um grande número de indicadores na avaliação da CC está disponível. Os métodos de maior precisão estimativa, embora bem fundamentados em sofisticadas técnicas de laboratório, encontram dificuldades na aplicação de campo. Outros são práticos na aplicação, porém perdem na precisão estimativa. Desta forma, o profissional deve escolher o recurso que atenda às suas necessidades, reconhecendo o erro associado a cada um deles.

A inclusão de variáveis explicativas com forte relação biológica e estatística para prever a variável desejada em uma equação, certamente aumenta seu potencial preditivo (SUN; CHUMLEA, 2005). Assim, a correlação elevada na maioria das comparações entre as variáveis explicativas e de resposta do presente estudo minimizou os efeitos da idade e maturação sobre a CC.

Por causa da variabilidade da correlação entre variáveis explicativas com as variáveis respostas (TABELA 11), era real a possibilidade de utilização substitutiva dessas variáveis de forma preditiva. Ou seja: medidas antropométricas são obtidas com certa facilidade e baixo custo; se mantida a precisão das medidas e os erros baixos, poderiam ser utilizadas de forma substitutiva aos recursos dispendiosos (como a DXA), tornando atraente a relação custo-benefício na utilização desses recursos (SARDINHA et al., 2000). Entretanto vale lembrar que são necessários outros pressupostos, exigindo maior elaboração metodológica para estimar a CC de forma precisa e confiável (MACHADO, D. R. L., 2009).

Alta correlação pode implicar em alto coeficiente de determinação e este é o pressuposto básico e fundamento primário para a proposição de equações da CC. A matriz de correlação na TABELA 11 expressa claramente esse pressuposto para a análise multivariada. É possível traçar algumas considerações a respeito dessa matriz: a primeira é a de que o TME e o TO são altamente correlacionados entre si (FIGURA 4), o que é muito bom, pois se pretendia constituir um modelo de regressão multivariado, ou seja, que obtivesse as três variáveis respostas de uma vez. Embora o TA tenha apresentado apenas moderada correlação com TO ($r=0,59$), atendeu perfeitamente a esse pressuposto para a análise multivariada, pois com TME foi alta ($r=0,71$).

A segunda consideração é que as variáveis de resposta também deveriam ser altamente correlacionadas com as explicativas: a expectativa seria de alta associação do TA com as dobras cutâneas, do TME com os perímetros e o TO com diâmetros ósseos ou as dimensões corporais, PVC, etc. Esse fato seria muito importante para a robustez do modelo. Porém, a última consideração é que muitas variáveis de um mesmo grupo (dobras cutâneas, perímetros e diâmetros) tinham uma alta correlação entre si, bem como as variáveis de dimensão corporal e o PVC.

A alta correlação entre as variáveis explicativas evidencia a existência de relações lineares entre elas, fato conhecido como multicolinearidade (TABELA 11). Como consequência, além do risco de efeitos enviesados sobre a explicação, poderia ter sérias decorrências sobre as estimativas dos coeficientes de regressão e na aplicabilidade geral do modelo (HAIR et al., 2006). A relação entre a variável de resposta e cada variável explicativa pode ser distorcida se ocorrer multicolinearidade

entre as variáveis (HEYMSFIELD et al., 1997). Neste caso, uma regressão parcial nivelando a plotagem da variável de resposta versus a variável explicativa, após ambas terem sido ajustadas por outras variáveis explicativas na equação pode revelar a verdadeira relação entre variáveis explicativas e de resposta (MACHADO, D. R. L., 2009).

Os coeficientes de regressão tornam-se muito sensíveis a pequenas alterações na matriz de planejamento. As variâncias dos estimadores são altas, tornando os testes do tipo $\beta_j=0$ contra $\beta_j \neq 0$ (além de outros) pouco sensíveis e, assim, variáveis independentes importantes poderiam ser eliminadas. Entretanto, uma das suposições do modelo linear é que o posto da matriz $(X'X)$ seja igual a $k+1$. Desta forma, além da multicolinearidade moderada inicial do TO ($L=190,000$) acima do limite inferior dessa classificação (100 a 1000), e o determinante diferente de zero (0,04540377), o posto da matriz $X'X$ é completo. Então existe inversa clássica $(X'X)^{-1}$ [$\det (X'X) \neq 0$], multiplicado pelo lado direito do sistema normal de equações, permitindo então obter o estimador de mínimos quadrados de β . O procedimento de inversa clássica de matriz calculou a raiz característica próximo da eficiência.

A associação ou dependência entre variáveis de resposta é um dos primeiros pressupostos da análise multivariada. Essa relação de interdependência é observada, por exemplo, nos coeficientes de correlação entre as variáveis respostas, quando se adequam morfológicamente para suportar a nova estrutura. Enquanto bebês apresentam grandes porções de cartilagem óssea que se consolidam com o passar dos anos, com idosos ocorre o inverso no processo da degeneração óssea. Porém quando submetidos a exercícios musculares de pressão e impacto, esses idosos desenvolvem maior proteção à decomposição óssea, de forma compensatória (SATO et al., 2006).

Durante o crescimento, as relações proporcionais entre os tecidos se modificam de forma assimétrica em diferentes idades e níveis de maturação (MACHADO, D. R. L.; OIKAWA; BARBANTI, 2013). Esta analogia foi bem evidente (TABELA 5) entre as variáveis de resposta (TA, TO e TME), reforçando a importância de uma análise conjunta e interdependente. Essa relação e interdependência podem ser utilizadas para tornar o modelo mais robusto.

O segundo pressuposto prevê que o erro de predição, conhecido como resíduo, deve ter distribuição normal multivariada. O comportamento dos resíduos (FIGURA 5) apresentou tendência de distribuição gaussiana, expressando simetria, na aproximação entre as linhas vermelhas (dados amostrais) e azuis (normalidade esperada). Além de expressar grande possibilidade inferencial, é assegurado que os erros estão com médias nulas e variância constante nos três componentes da CC.

Um interessante uso da distribuição normal é que ela serve de aproximação para o cálculo de outras distribuições quando o número de observações é maior. Essa importante propriedade provém do “Teorema do Limite Central” que diz que toda soma de variáveis aleatórias independentes de média finita e variância limitada é aproximadamente normal, desde que o número de termos da soma seja suficientemente grande. Daí a importância da estimativa prévia do tamanho amostral ($n=84$) determinado para o modelo; esse comportamento atestou suficiência numérica para a proposição do modelo multivariado.

A seguir, na seleção das variáveis explicativas, a redução dos fatores mediante ACP, normalmente é um dos recursos estatísticos mais adequados. Apesar dos positivos resultados de adequação amostral ($KMO = 0,915$) e teste de esfericidade ($X^2=2924,90$; $p<0,001$) apontar para a matriz de identidade significativamente correlacionada, especialmente por agrupar fatores com associação comum na indicação dos componentes, não era prático, uma vez que não indicava eliminação de variáveis. Mas, sobretudo, destacou formas de agrupamento coerentes com as intenções preditivas dos componentes corporais previstas para este estudo.

A variância explicada pela redução de fatores (TABELA 9) já indicava o mínimo de elementos necessários para determinação de componentes ($n=3$) para se alcançar um percentual cumulativo aceitável (84%). Na FIGURA 3 essa expressão gráfica foi comprovada.

Diversas variáveis explicativas são incluídas numa equação e normalmente a seleção delas se dá por regressão (MONTGOMERY; PECK; VINING, 2006). Dessa forma o recurso de análise univariada para indicar as variáveis explicativas comuns aos três componentes de resposta (TO, TA e TME).

A homogeneidade das variáveis também deveria ser testada. Homogeneidade assume uma variância constante para cada variável explicativa,

mas esta questão é violada se a plotagem residual demonstra um padrão ou uma tendência. Por exemplo, a relação entre as variáveis explicativas deve ser não linear. Nesse caso, outras variáveis explicativas devem ser incluídas na equação, observando-se a não ocorrência de multicolinearidade. Quando ocorre um caso extremo de multicolinearidade (variáveis perfeitamente colineares) o problema é facilmente detectado e, portanto, pode ser resolvido simplesmente eliminando uma ou mais variáveis independente do modelo. Esse procedimento foi adotado como critério de exclusão das 21 variáveis explicativas iniciais (MACHADO, D. R. L., 2009)(Machado, 2009).

Uma tendência sobre os resíduos pode também ser causada por observações influenciadoras (*outliers*) dos dados. Embora a literatura expresse cuidado na estimativa da CC quando, por exemplo, o IMC é elevado (ROUBENOFF et al., 1993; KIM et al., 2002; SARDINHA; TEIXEIRA, 2005). O modelo multivariado proposto no presente estudo foi capaz de prever a CC de participantes considerados *outliers* (FIGURA 2) para TA e TME, uma vez que fazem parte de uma realidade populacional.

A normalidade das variáveis de resposta pode ser testada, todavia não é tão importante como a ausência de multicolinearidade entre as variáveis explicativas e a homogeneidade das variáveis de resposta (SUN; CHUMLEA, 2005), pressupostos observados e preservados no presente estudo.

Como resultado, os coeficientes β de estimação do modelo (TABELA 14) após a comprovação de baixa multicolinearidade ($VIF=7,089$) e alta significância *Pillai* (TABELA 13) das quatro variáveis explicativas, mostrou um modelo com interessante significado lógico. Uma variável associada à adiposidade (AbH), uma associada à muscularidade (Bc), outra à expressão esquelética (BiAc) e à MC, como expressão global de índices corporais generalizados.

Conquanto sabe-se que na análise multivariada embora o erro ainda exista na estimativa das variáveis dependentes, a análise preditiva de forma multivariada reduz esse erro, uma vez que é resultante do diagnóstico do conjunto, potencializando o poder preditivo das variáveis explicativas (FIGURA 9). Ou seja, os modelos antropométricos ainda continuam sendo as melhores alternativas na relação custo/benefício para o estudo da CC de campo.

FIGURA 9. Componentes corporais medidos e preditos por idade e maturação em meninas de 7 a 17 anos de idade.

6.2 Validação do modelo preditivo

O método de validade interna PRESS (HOLIDAY; BALLARD; MCKEOWN, 1995) adotado, confirmou a eficácia de o modelo em prever os componentes da CC com elevada validade interna com altos coeficientes de determinação ($R^2_{\text{PRESS}} = 0,74$ a $0,91$) e baixos erros de predição ($S_{\text{PRESS}} = 0,05$ a $0,35$). Ou seja, com um resultado $R^2_{\text{PRESS}} = 0,909$ para TME (FIGURA 7), pode se esperar que o modelo é capaz de explicar cerca de 90% da variabilidade na previsão de novas observações em amostras diferentes, em comparação com os cerca de 92% da variabilidade dos dados originais (FIGURA 2), explicada pelo método de

mínimos quadrados. Esses escores asseguram o uso do modelo, mesmo quando os valores de dispersão para TA e TME são elevados (GRÁFICO 4).

Durante o crescimento, a CC apresenta aumentos do TO e muscular, porém diminuições relativas de gordura e água corporal. Todavia o aumento dessa água pode não ser real, uma vez que parece haver mais uma migração dos líquidos extracelulares para o interior das células do que sua diminuição relativa, o que justificaria também em parte os importantes aumentos do TME durante o estirão de crescimento (SCHOELLER et al., 2005). Essa relação é assimétrica e dependente do nível de maturação em cada idade (SHERAR et al., 2005), daí a dificuldade de determinar com precisão os componentes da CC de crianças e adolescentes. Nesse sentido, vários esforços foram feitos ao longo da história para reunir informações dos valores etários médios de diversos componentes da CC de crianças e adolescentes, entretanto os resultados sugerem, segundo os próprios autores, fragilidade e baixa confiabilidade dos dados (FOMON; NELSON, 2002), além da necessidade de considerar as especificidades étnicas (ELLIS, K. J., 1997).

Ainda que apareçam propostas de modelos facilitadores de uma aplicação clínica mais ampla (KYLE; PICCOLI; PICHARD, 2003), nem sempre adotam pressupostos válidos, com erro nas equações do Tipo II (HEYMSFIELD et al., 1997) assumindo, por exemplo, relação constante entre MIG, gordura e ACT. Quando surgem descrições mais bem fundamentadas, são restritas a determinados segmentos corporais (VALENTE-DOS-SANTOS et al., 2014), ou limitados a períodos específicos (FOMON et al., 1982) ou quando são etariamente mais abrangentes (5 a 19 anos) sugerem o uso restrito à técnicas laboratoriais e procedimentos onerosos (ELLIS, K. J. et al., 2000) para averiguação.

O Modelo antropométrico multicompartimental proposto aqui fornece uma ferramenta prática e de baixo custo para a estimativa da CC em campo. Basta montar uma rotina e substituir as medidas obtidas de cada avaliada. Como exemplo, serão apresentados os cálculos para estimativa da CC de uma menina de 12 anos de idade. As medidas antropométricas são obtidas conforme padronização da IZAK (NORTON; OLDS, 2005) descritas anteriormente e os cálculos são efetuados conforme os passos detalhados na TABELA 16.

TABELA 16. Uso do modelo antropométrico multicompartimental para cálculo simultâneo de Tecido Ósseo (MO), tecido adiposo (TA), tecido músculo esquelético (TME) e tecido residual (TR), com expressão dos valores de referência (DXA) e diferença entre os valores medidos e preditos.

Variáveis (V)	Medidas	Constantes					
		TO _{constante}	(V x TO _c)	TA _{constante}	(V x TA _c)	TME _{constante}	(V x TME _c)
Intercepto		-0,2262		7,4563		-3,4091	
Massa corporal (kg)	53,0	0,0565	2,9945	0,5093	26,9929	0,3140	16,6420
AbH (mm)	22,3	-0,0354	-0,7894	0,4133	9,2166	-0,1867	-4,1634
Braço contraído (cm)	24,5	-0,0127	-0,3112	-0,5469	-13,3991	0,1836	4,4982
Biacromial (mm)	35,2	0,0407	1,4326	-0,2373	-8,3530	0,0900	3,1680
Somatória	TR = 11,25	TO =	3,10	TA =	21,92	TME =	16,74
Valores medidos (ref. DXA)	12,36		3,39		20,01		17,24
Diferença	-1,12 kg		-0,29 kg		1,91 kg		-0,50 kg

TO=tecido ósseo; TA=tecido adiposo; TME=tecido musculoesquelético; c = constante; Massa=massa corporal; TR (tecido residual em kg) = Massa corporal - (TO + TA - TME); AbH=dobra cutânea abdominal horizontal; Bc=braço contraído; BiAc=perímetro bi-acromial.

O valor de cada variável é multiplicado por sua constante (negrito) correspondente para cada variável resposta (TO, TA e TME). Na linha sombreada, a soma do produto de cada constante mais o intercepto resultou na massa (kg) de cada componente resposta. O TR (12,36 kg) é a diferença entre a massa total (53,0 kg) e a soma dos componentes respostas (41,76). A diferença entre os valores medidos (DXA) e preditos (modelo) mostram o erro preditivo absoluto.

6.3 Limitações do estudo

Uma limitação do estudo é que, embora DXA tenha sido usado como método de critério para desenvolver o modelo antropométrico multivariado, essa técnica não é considerada o padrão ouro para modelos de CC pediátrica. Modelos de quatro compartimentos (modelo 4-C) são na verdade, o modelo mais forte para avaliar com precisão a CC de crianças e adolescentes, pois considera a variabilidade dos principais componentes da MIG (WELLS et al., 2010). Embora sua utilização seja recomendada como método de referência, é demorado e requer equipamento sofisticado, técnicos altamente especializados, os custos são elevados, o que torna

difícil seu uso em grandes amostras (GONCALVES et al., 2012). Além disso, o modelo 4-C não está livre de erros, considerando o número de técnicas necessárias para determinar os principais constituintes da MIG (água e minerais) (SOPHER et al., 2004) e está disponível em poucos centros de estudo da CC no mundo. Portanto, o uso de DXA é uma alternativa escolhida por vários pesquisadores para desenvolver equações de predição para crianças e adolescentes (GORAN et al., 1996a; ELLIS, K. J., 1997; DEZENBERG et al., 1999; MORRISON et al., 2001b; BRAY et al., 2002b). Na verdade, um estudo contemporâneo revelou a DXA como um método preciso e válido para avaliação da CC (TOOMBS et al., 2011).

Também não foram averiguados fatores nutricionais, sociais, econômicos ou hereditários que pudessem interferir na CC das avaliadas deste estudo; e, não foram verificadas as práticas de treinamento esportivo (intensidades, cargas, periodicidade, volume de treino, exigências da modalidade, dentre outras).

Outra limitação que deve ser abordada refere-se às diferenças étnicas desta amostra, que podem limitar a generalização das equações para outras populações (MACHADO, D. R. L.; OIKAWA; BARBANTI, 2013). Portanto, mais estudos são recomendados para que a exatidão do modelo aqui proposto seja comprovada para outras populações antes de sua aplicação.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise multivariada da CC nos diferentes níveis (molecular e órgão tecidual) de meninas adolescentes, geralmente considerado o período mais crítico de crescimento, identificou o comportamento de diferentes tecidos corporais, levando em conta a variabilidade etária e maturacional biológica esperada para essa população.

O comportamento de aumento contínuo nos componentes corporais foi percebido, mesmo nesta observação transversal. No entanto foi assimétrico com relação às idades e menos variante com a maturação. Estes fatos associados à baixa dispersão do TA e TME durante o crescimento, indicam a alta previsibilidade das modificações da CC durante essa etapa da vida. Durante as idades do

crescimento puberal as diferenças na CC não são significantes embora possam ocorrer variações interindividuais do desenvolvimento de cada componente. O estirão de crescimento por seus efeitos particulares sobre o desenvolvimento corporal não representa um período único e homogêneo para toda menina, mas exibe velocidades distintas de desenvolvimento.

Este estudo identificou que a maior porção da massa corporal das meninas é constituída de TA, muito embora composto de outras matrizes, nervos, vasos e outros elementos para além das células adiposas. No entanto deve receber as principais atenções nas estratégias de controle de MC e efeitos associados, justificando a perturbadora preocupação feminina com a GC nessas idades. Além do mais, o TR que representa 1/5 da massa corporal total não é insignificante ou quantitativamente desprezível no fracionamento da CC, embora represente dificuldade de controle ou intervenção externa por seu caráter funcional. Atuações possíveis com os demais componentes (TO, TA e TME), especialmente mediante exercício e dieta.

A análise multivariada da CC possibilitou a proposta de um modelo composto de quatro medidas antropométricas capazes de predizer simultaneamente TO, TA e TME. Além de extensivo às meninas com MC elevada, esta proposta sana as tradicionais limitações dos modelos bicompartimental, por oferecer uma alternativa de análise multivariada. Os critérios de confiabilidade no modelo indicaram altos coeficientes de determinação e baixa estimativa de erros. O procedimento de validação cruzada indicou também alta fidedignidade preditiva, coeficientes elevados e boa confiabilidade. Quando há indisponibilidade para utilização de equipamentos sofisticados em ambientes clínicos ou em campo, este modelo prevê uma solução alternativa válida para estimar a CC de meninas e adolescentes.

REFERÊNCIAS

ALLEN, D. M. **The prediction sum of squares as a criterion for selecting predictor variables**: University of Kentucky, 1971

ALLEN, D. M. The relationship between variable selection and data augmentation and a method for prediction. **Technometrics**, v. 16, n. 1, p. 125-127 0040-1706, 1974.

ARABI, A.; TAMIM, H.; NABULSI, M.; MAALOUF, J.; KHALIFÉ, H.; CHOUCAIR, M.; VIETH, R.; FULEIHAN, G. E.-H. Sex differences in the effect of body-composition variables on bone mass in healthy children and adolescents. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 80, n. 5, p. 1428-1435 0002-9165, 2004.

BALLOR, D. L. Exercise training and body composition changes. In: Lohman, T. G. (Ed.). **Human Body Composition**. Champaign: Human Kinetics Publishers, 1996, p.287-304.

BAUMGARTNER, R. N. Age. In: Heymsfield, S. B., Lohman, T. G., *et al* (Ed.). **Human Body Composition**. Champaign: Human Kinetics, 2005, p.259-270.

BOILEAU, R. A.; LOHMAN, T. G.; SLAUGHTER, M. H.; BALL, T. E.; GOING, S. B.; HENDRIX, M. K. Hydration of the fat-free body in children during maturation. **Human biology**, v., n., p. 651-666 0018-7143, 1984.

BOLFARINE, H.; BUSSAB, W. O. **Elementos de amostragem**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005

BORGES, G. A.; MACHADO, D. R. L. Análise da maturação. In: (Org.), P. H. S. D. F. (Ed.). **Promoção e avaliação da atividade física em jovens brasileiros**. São Paulo: Phorte, 2012. v.1, p.121-151.

BRAILLON, P. M. Annual changes in bone mineral content and body composition during growth. **Hormone Research**, v. 60, n. 6, p. 284-290 0301-0163, 2002.

BRASIL. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009**: secondary title. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2010.

BRASIL. **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012**: secondary title. Brasília: Diário Oficial da União, 2012.

BRAY, G. A.; DELANY, J. P.; VOLAUFOVA, J.; HARSHA, D. W.; CHAMPAGNE, C. Prediction of body fat in 12-y-old African American and white children: evaluation of methods. **Am J Clin Nutr**, v. 76, n. 5, p. 980-990, 2002a.

BRAY, G. A.; DELANY, J. P.; VOLAUFOVA, J.; HARSHA, D. W.; CHAMPAGNE, C. Prediction of body fat in 12-y-old African American and white children: evaluation of methods. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 76, n. 5, p. 980-990, 2002b.

BROŽEK, J.; KEYS, A. The evaluation of leanness-fatness in man: norms and interrelationships. **British Journal of Nutrition**, v. 5, n. 02, p. 194-206 1475-2662, 1951.

CALLAWAY, C. W.; CHUMLEA, W. C.; BOUCHARD, C.; HIMES, J. H.; LOHMAN, T. G.; MARTIN, A. D.; MITCHELL, C. D.; MUELLER, W. H.; ROCHE, A. F.; SEEFELDT, V. D. Circumferences. **Anthropometric standardization reference manual**, v. 1988, n., p. 39-54, 1988.

CHRISTOU, M.; SMILIOS, I.; SOTIROPOULOS, K.; VOLAKLIS, K.; PILIANIDIS, T.; TOKMAKIDIS, S. P. Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 20, n. 4, p. 783-791 1064-8011, 2006.

CHUMLEA, W. C.; SCHUBERT, C. M.; ROCHE, A. F.; KULIN, H. E.; LEE, P. A.; HIMES, J. H.; SUN, S. S. Age at menarche and racial comparisons in US girls. **Pediatrics**, v. 111, n. 1, p. 110-113, 2003.

CHUMLEA, W. M.; GUO, S. S. Assessment and prevalence of obesity: application of new methods to a major problem. **Endocrine**, v. 13, n. 2, p. 135-142, 2000.

CONBOY, J. E. Algumas medidas típicas univariadas da magnitude do efeito. **Análise Psicológica**, v. 21, n. 2, p. 145-158 0870-8231, 2003.

DE ROSE, E. H. **Cineantropometria, educacao fisica e treinamento despositivo**: FAE, 1984

DEURENBERG, P.; PIETERS, J. J.; HAUTVAST, J. G. The assessment of the body fat percentage by skinfold thickness measurements in childhood and young adolescence. **The British Journal of Nutrition**, v. 63, n. 2, p. 293-303, 1990.

DEZENBERG, C. V.; NAGY, T. R.; GOWER, B. A.; JOHNSON, R.; GORAN, M. I. Predicting body composition from anthropometry in pre-adolescent children. **International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders**, v. 23, n. 3, p. 253-259, 1999.

DRINKWATER, B. L.; BOUCHARD, C.; SHEPHARD, R. J.; STEPHENS, T. Physical activity, fitness, and osteoporosis. 1994 Human Kinetics Publishers, p. 724-736 0873225228.

DURNIN, J. V.; RAHAMAN, M. M. The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. **The British Journal of Nutrition**, v. 21, n. 3, p. 681-689, 1967.

DURNIN, J. V.; WOMERSLEY, J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. **The British Journal of Nutrition**, v. 32, n. 1, p. 77-97, 1974.

ELLIS, K. J.; ABRAMS, S. A.; WONG, W. W. Body composition of a young, multiethnic female population. **Am J Clin Nutr**, v. 65, n. 3, p. 724-731., 1997.

ELLIS, K. J. Body composition of a young, multiethnic, male population. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 66, n. 6, p. 1323-1331, 1997.

ELLIS, K. J.; SHYPAILO, R. J.; ABRAMS, S. A.; WONG, W. W. The reference child and adolescent models of body composition. A contemporary comparison. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 904, n., p. 374-382, 2000.

ELLIS, K. J. Selected body composition methods can be used in field studies. **The Journal of nutrition**, v. 131, n. 5, p. 1589S-1595S 0022-3166, 2001.

FIELDS, D. A.; GORAN, M. I.; MCCRORY, M. A. Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 75, n. 3, p. 453-467, 2002.

FOMON, S. J.; HASCHKE, F.; ZIEGLER, E. E.; NELSON, S. E. Body composition of reference children from birth to age 10 years. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 35, n. 5 Suppl, p. 1169-1175, 1982.

FOMON, S. J.; NELSON, S. E. Body composition of the male and female reference infants. **Annu Rev Nutr**, v. 22, n., p. 1-17, 2002.

FORBES, G. B. **Human body composition: growth, aging, nutrition, and activity**: Springer-Verlag New York, 1987

GALLAGHER, D.; BELMONTE, D.; DEURENBERG, P.; WANG, Z.; KRASNOW, N.; PI-SUNYER, F. X.; HEYMSFIELD, S. B. Organ-tissue mass measurement allows modeling of REE and metabolically active tissue mass. **Am J Physiol**, v. 275, n. 2 Pt 1, p. E249-258, 1998.

GONCALVES, E. M.; SILVA, A. M.; SANTOS, D. A.; LEMOS-MARINI, S. H.; DE OLIVEIRA SANTOS, A.; MENDES-DOS-SANTOS, C. T.; DE-MELLO, M. P.; GUERRA-JUNIOR, G. Accuracy of anthropometric measurements in estimating fat mass in individuals with 21-hydroxylase deficiency. **Nutrition**, v. 28, n. 10, p. 984-990, 2012.

GORAN, M. I.; DRISCOLL, P.; JOHNSON, R.; NAGY, T. R.; HUNTER, G. Cross-calibration of body-composition techniques against dual-energy X-ray absorptiometry in young children. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 63, n. 3, p. 299-305, 1996a.

GORAN, M. I.; DRISCOLL, P.; JOHNSON, R.; NAGY, T. R.; HUNTER, G. Cross-calibration of body-composition techniques against dual-energy X-ray absorptiometry in young children. **Am J Clin Nutr**, v. 63, n. 3, p. 299-305., 1996b.

GORTMAKER, S. L.; DIETZ, W. H.; SOBOL, A. M.; WEHLER, C. A. Increasing pediatric obesity in the United States. **American Journal of Diseases of Children**, v. 141, n. 5, p. 535-540 0002-0922X, 1987.

GUEDES, D. P. **Manual prático para avaliação em educação física**: Editora Manole Ltda, 2006

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Multivariate data analysis**: Pearson Prentice Hall Upper Saddle River, NJ, 2006, v.6

HARRISON, G. G.; BUSKIRK, E. R.; CARTER, J. E. L.; JOHNSTON, F. E.; LOHMAN, T. G.; POLLOCK, M. L.; ROCHE, A. F.; WILMORE, J. Skinfold thicknesses and measurement technique. **Anthropometric standardization reference manual**, v. 1988, n., p. 55-80, 1988.

HASSINK, S. G. Evidence for effective obesity treatment: pediatricians on the right track! **Pediatrics**, v. 125, n. 2, p. 387-388 0031-4005, 2010.

HAYES, M.; CHUSTEK, M.; WANG, Z.; GALLAGHER, D.; HESHKA, S.; SPUNGEN, A.; BAUMAN, W.; HEYMSFIELD, S. B. DXA: Potential for Creating a Metabolic Map of Organ-Tissue Resting Energy Expenditure Components. **Obesity research**, v. 10, n. 10, p. 969-977 1550-8528, 2002.

HEATH, B. H.; CARTER, J. E. L. Growth and somatotype patterns of manus children, territory of Papua and New Guinea: Application of a modified somatotype method to the study of growth patterns. **American Journal of Physical Anthropology**, v. 35, n. 1, p. 49-67, 1971.

HEYMSFIELD, S. B.; WANG, J.; HESHKA, S.; KEHAYIAS, J. J.; PIERSON, R. N. Dual-photon absorptiometry: comparison of bone mineral and soft tissue mass measurements in vivo with established methods. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 49, n. 6, p. 1283-1289, 1989.

HEYMSFIELD, S. B.; LICHTMAN, S.; BAUMGARTNER, R. N.; WANG, J.; KAMEN, Y.; ALIPRANTIS, A.; PIERSON, R. N., JR. Body composition of humans: comparison of two improved four-compartment models that differ in expense, technical complexity, and radiation exposure. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 52, n. 1, p. 52-58, 1990.

HEYMSFIELD, S. B.; WANG, Z.; BAUMGARTNER, R. N.; ROSS, R. Human body composition: advances in models and methods. **Annu Rev Nutr**, v. 17, n., p. 527-558, 1997.

HEYMSFIELD, S. B.; LOHMAN, T. G.; WANG, Z.; GOING, S. B. **Human body composition**. Champaign: Human Kinetics, 2005

HEYMSFIELD, S. B.; EBBELING, C. B.; ZHENG, J.; PIETROBELLI, A.; STRAUSS, B. J.; SILVA, A. M.; LUDWIG, D. S. Multi-component molecular-level body composition reference methods: evolving concepts and future directions. **Obesity Reviews**, v. 16, n. 4, p. 282-294 1467-1789X, 2015.

HEYWARD, V. H.; STOLARCZYK, L. M. **Avaliação da composição corporal aplicada**, 2000

HIND, K.; GANNON, L.; WHATLEY, E.; COOKE, C. Sexual dimorphism of femoral neck cross-sectional bone geometry in athletes and non-athletes: a hip structural analysis study. **Journal of Bone and Mineral Metabolism**, v. 30, n. 4, p. 454-460, 2011.

HOFFMAN, D. J.; TORO-RAMOS, T.; SAWAYA, A. L.; ROBERTS, S. B.; RONDO, P. Estimating total body fat using a skinfold prediction equation in Brazilian children. **Ann Hum Biol**, v. 39, n. 2, p. 156-160, 2012.

HOLIDAY, D. B.; BALLARD, J. E.; MCKEOWN, B. C. PRESS-related statistics: regression tools for cross-validation and case diagnostics. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 27, n. 4, p. 612-620, 1995.

HUANG, T. T.; WATKINS, M. P.; GORAN, M. I. Predicting total body fat from anthropometry in Latino children. **Obes Res**, v. 11, n. 10, p. 1192-1199, 2003.

JELLIFFE, D. B. The assessment of the nutritional status of the community. v., n., p., 1966.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. New York: Prentice Hall, 1992

KELLY, T. L.; WILSON, K. E.; HEYMSFIELD, S. B. Dual energy X-Ray absorptiometry body composition reference values from NHANES. **PLoS One**, v. 4, n. 9, p. e7038 1932-6203, 2009.

KIM, J.; WANG, Z.; HEYMSFIELD, S. B.; BAUMGARTNER, R. N.; GALLAGHER, D. Total-body skeletal muscle mass: estimation by a new dual-energy X-ray absorptiometry method. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 76, n. 2, p. 378-383, 2002.

KIM, J.; SHEN, W.; GALLAGHER, D.; JONES, A., JR.; WANG, Z.; WANG, J.; HESHKA, S.; HEYMSFIELD, S. B. Total-body skeletal muscle mass: estimation by dual-energy X-ray absorptiometry in children and adolescents. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 84, n. 5, p. 1014-1020, 2006.

KYLE, U. G.; PICCOLI, A.; PICHARD, C. Body composition measurements: interpretation finally made easy for clinical use. **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care**, v. 6, n. 4, p. 387-393, 2003.

LOHMAN, T. G. Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 14, n., p. 325-357, 1986.

LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. **Anthropometric Standardization Reference Manual**. Champaign, Illinois:: Human Kinetics, 1988

LOHMAN, T. G. Exercise training and bone mineral density. **Quest**, v. 47, n. 3, p. 354-361 0033-6297, 1995.

LOHMAN, T. G.; CHEN, Z. Dual-energy X-ray absorptiometry. In: Heymsfield, S. B., Lohman, T. G., *et al* (Ed.). **Human Body Composition**. Champaign, IL: Human Kinetics, 2005, p.63-77.

LOHMAN, T. G.; HINGLE, M.; GOING, S. B. Body composition in children. **Pediatric Exercise Science**, v. 25, n. 4, p. 573-590, 2013.

LUKASKI, H. C. Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 46, n. 4, p. 537-556, 1987.

MACHADO, D. R. L. **Maturação esquelética e desempenho motor em crianças e adolescentes**. (Dissertação de Mestrado). Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. 103 p.

MACHADO, D. R. L. **Análise multivariada da composição corporal em jovens esportistas e não esportistas**. Educação Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. 159 p.

MACHADO, D. R. L.; BONFIM, M. R.; COSTA, L. T. Pico de velocidade de crescimento como alternativa para classificação maturacional associada ao desempenho motor. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 11, n. 1, p. 14-21, 2009.

MACHADO, D. R. L.; GOBBO, L. A.; PUGGINA, E. F.; PETROSKI, E. L.; BARBANTI, V. J. Anthropometric model to estimate body fat in boys using a multicompartamental approach. 2013Routledge, p. 165 1134115784.

MACHADO, D. R. L.; OIKAWA, S.; BARBANTI, V. J. The multicomponent anthropometric model for assessing body composition in a male pediatric population: a simultaneous prediction of fat mass, bone mineral content, and lean soft tissue. **J Obes**, v. 2013, n., p. 428135, 2013.

MALINA, R. M.; BOUCHARD, C.; BAR-OR, O. **Growth, maturation and physical activity**. Champaign: Human Kinetics, 2004. 712 p.

MALINA, R. M. Variation in body composition associated with sex and ethnic. In: Roche, A. F., Heymsfield, S. B., *et al* (Ed.). **Human body composition**. Champaign: Human Kinetics, 2005, p.271-298.

MALINA, R. M.; COELHO E SILVA, M. J.; FIGUEIREDO, A. J.; CARLING, C.; BEUNEN, G. P. Interrelationships among invasive and non-invasive indicators of biological maturation in adolescent male soccer players. **Journal of sports sciences**, v. 30, n. 15, p. 1705-1717 0264-0414, 2012.

MALINA, R. M.; KOZIEŁ, S. M. Validation of maturity offset in a longitudinal sample of Polish boys. **Journal of sports sciences**, v. 32, n. 5, p. 424-437 0264-0414, 2014a.

MALINA, R. M.; KOZIEŁ, S. M. Validation of maturity offset in a longitudinal sample of Polish girls. **Journal of sports sciences**, v. 32, n. 14, p. 1374-1382 0264-0414, 2014b.

MATIEGKA, J. The testing of physical efficiency. **American Journal of Physical Anthropology**, v. 4, n. 3, p. 223-230 1096-8644, 1921.

MINDERICO, C. S.; SILVA, A. M.; TEIXEIRA, P. J.; SARDINHA, L. B.; HULL, H. R.; FIELDS, D. A. Validity of air-displacement plethysmography in the assessment of body composition changes in a 16-month weight loss program. **Nutrition & Metabolism**, v. 3, n. 1, p. 32-40, 2006.

MIRWALD, R. L.; BAXTER-JONES, A. D.; BAILEY, D. A.; BEUNEN, G. P. An assessment of maturity from anthropometric measurements. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 34, n. 4, p. 689-694, 2002.

MODLESKY, C. M.; EVANS, E. M.; MILLARD-STAFFORD, M. L.; COLLINS, M. A.; LEWIS, R. D.; CURETON, K. J. Impact of bone mineral estimates on percent fat estimates from a four-component model. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 31, n. 12, p. 1861-1868 0195-9131, 1999.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A.; VINING, G. G. **Introduction to Linear Regression Analysis**. New York: John Wiley, 2006. 640 p.

MORRISON, J. A.; GUO, S. S.; SPECKER, B.; CHUMLEA, W. C.; YANOVSKI, S. Z.; YANOVSKI, J. A. Assessing the body composition of 6-17-year-old Black and White girls in field studies. **Am J Human Biol**, v. 13, n. 2, p. 249-254., 2001a.

MORRISON, J. A.; GUO, S. S.; SPECKER, B.; CHUMLEA, W. C.; YANOVSKI, S. Z.; YANOVSKI, J. A. Assessing the body composition of 6-17-year-old Black and White girls in field studies. **American Journal of Human Biology**, v. 13, n. 2, p. 249-254, 2001b.

MYERS, R. H. **Classical and Modern Regression with Applications**, Boston: Duxbury Press, 1986.

NAKAO, T.; KOMIYA, S. Reference norms for a fat-free mass index and fat mass index in the Japanese child population. **Journal of physiological anthropology and applied human science**, v. 22, n. 6, p. 293-298 1345-3475, 2003.

NOGUEIRA, F. E. **Modelos de regressão multivariada**. Instituto de Matemática e Estatística Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. 96 p.

NORTON, K.; OLDS, T. **Antropométrica**. Porto Alegre: Artimed, 2005

OGDEN, C. L.; CARROLL, M. D.; KIT, B. K.; FLEGAL, K. M. Prevalence of childhood and adult obesity in the United States, 2011-2012. **JAMA**, v. 311, n. 8, p. 806-814 0098-7484, 2014.

PEDERSEN, D.; GORE, C. Erro em medição antropométrica. In: Norton, K. e Olds, T. (Ed.). **Antropométrica: um livro sobre medidas corporais para o esporte e cursos da área da saúde**. Porto Alegre: Artimed, 2005, p.39-87.

PHILIPPAERTS, R. M.; VAEYENS, R.; JANSSENS, M.; VAN RENTERGHEM, B.; MATTHYS, D.; CRAEN, R.; BOURGOIS, J.; VRIJENS, J.; BEUNEN, G.; MALINA, R. M. The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. **Journal of sports sciences**, v. 24, n. 3, p. 221-230 0264-0414, 2006.

PIETROBELLI, A.; FAITH, M. S.; WANG, J.; BRAMBILLA, P.; CHIUMELLO, G.; HEYMSFIELD, S. B. Association of lean tissue and fat mass with bone mineral content in children and adolescents. **Obesity research**, v. 10, n. 1, p. 56-60 1550-8528, 2002.

PORTUGUESA, D. P. D. A. L. **PORTUGUESA 2008-2013**: secondary title, 2014.

RODRIGUEZ, G.; MORENO, L. A.; BLAY, M. G.; BLAY, V. A.; FLETA, J.; SARRIA, A.; BUENO, M. Body fat measurement in adolescents: comparison of skinfold thickness equations with dual-energy X-ray absorptiometry. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 59, n. 10, p. 1158-1166 0954-3007, 2005.

ROSS, J. G.; GILBERT, G. G. National Children and Youth Fitness Study: A summary of findings. **Journal of Physical Education, Recreation & Dance**, v. 56, n. 1, p. 45-50 0730-3084, 1985.

ROSS, J. G.; PATE, R. R. National Children and Youth Fitness Study II: summary and findings. **Journal of Physical Education, Recreation & Dance**, v. 58, n. 9, p. 51-56 0730-3084, 1987.

ROTH, S. M.; IVEY, F. M.; MARTEL, G. F.; LEMMER, J. T.; HURLBUT, D. E.; SIEGEL, E. L.; METTER, E. J.; FLEG, J. L.; FOZARD, J. L.; KOSTEK, M. C.; WERNICK, D. M.; HURLEY, B. F. Muscle size responses to strength training in young and older men and women. **J Am Geriatr Soc**, v. 49, n. 11, p. 1428-1433, 2001.

ROTHNEY, M. P.; MARTIN, F. P.; XIA, Y.; BEAUMONT, M.; DAVIS, C.; ERGUN, D.; FAY, L.; GINTY, F.; KOCHHAR, S.; WACKER, W.; REZZI, S. Precision of GE Lunar iDXA for the measurement of total and regional body composition in nonobese adults. **Journal of Clinical Densitometry**, v. 15, n. 4, p. 399-404, 2012.

ROUBENOFF, R.; KEHAYIAS, J. J.; DAWSON-HUGHES, B.; HEYMSFIELD, S. B. Use of dual-energy x-ray absorptiometry in body-composition studies: not yet a "gold standard". **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 58, n. 5, p. 589-591, 1993.

SARDINHA, L. B.; TEIXEIRA, P. J.; GUEDES, D. P.; GOING, S. B.; LOHMAN, T. G. Subcutaneous central fat is associated with cardiovascular risk factors in men independently of total fatness and fitness. **Metabolism**, v. 49, n. 11, p. 1379-1385, 2000.

SARDINHA, L. B.; TEIXEIRA, P. J. (Ed.). **Book title**. Windsor: Human Kinetics, 2005. v.1, p.177-201.

SARDINHA, L. B. Functional Body Composition. **Archives of Exercise in Health and Disease**, v. 3, n. 3, p. 183-187 1647-1652, 2012.

SATO, T.; DEMURA, S.; MURASE, T.; KOBAYASHI, Y. Contribution of physical fitness component to health status in middle-aged and elderly males. **Journal of physiological anthropology**, v. 25, n. 5, p. 311-319 1880-6791, 2006.

SCHOELLER, D. A.; TYLAVSKY, F. A.; BAER, D. J.; CHUMLEA, W. C.; EARTHMAN, C. P.; FUERST, T.; HARRIS, T. B.; HEYMSFIELD, S. B.; HORLICK, M.; LOHMAN, T. G.; LUKASKI, H. C.; SHEPHERD, J.; SIERVOGEL, R. M.; BORRUD, L. G. QDR 4500A dual-energy X-ray absorptiometer underestimates fat mass in comparison with criterion methods in adults. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 81, n. 5, p. 1018-1025, 2005.

SCHUTZ, Y.; KYLE, U. U.; PICHARD, C. Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18-98 y. **International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders**, v. 26, n. 7, p. 953-960, 2002.

SHEN, W.; ST-ONGE, M. P.; WANG, Z.; HEYMSFIELD, S. B. Study of body composition: an overview. In: Heymsfield, S. B., Lohman, T. G., *et al* (Ed.). **Human body composition**. Champaign: Human Kinetics, 2005.

SHERAR, L. B.; MIRWALD, R. L.; BAXTER-JONES, A. D.; THOMIS, M. Prediction of adult height using maturity-based cumulative height velocity curves. **Journal of Pediatrics**, v. 147, n. 4, p. 508-514, 2005.

SILVA, A. M.; MINDERICO, C. S.; TEIXEIRA, P. J.; PIETROBELLI, A.; SARDINHA, L. B. Body fat measurement in adolescent athletes: multicompartiment molecular model comparison. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 60, n. 8, p. 955-964, 2006.

SILVA, A. M.; FIELDS, D. A.; SARDINHA, L. B. A PRISMA-driven systematic review of predictive equations for assessing fat and fat-free mass in healthy children and adolescents using multicomponent molecular models as the reference method. **J Obes**, v. 2013 2090-0708, n., p., 2013.

SLAUGHTER, M. H.; LOHMAN, T. G.; BOILEAU, R. A.; HORSWILL, C. A.; STILLMAN, R. J.; VAN LOAN, M. D.; BEMBEN, D. A. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. **Human biology**, v. 60, n. 5, p. 709-723, 1988.

SOPHER, A. B.; THORNTON, J. C.; WANG, J.; PIERSON, R. N., JR.; HEYMSFIELD, S. B.; HORLICK, M. Measurement of percentage of body fat in 411 children and adolescents: a comparison of dual-energy X-ray absorptiometry with a four-compartment model. **Pediatrics**, v. 113, n. 5, p. 1285-1290, 2004.

SOPHER, A. B.; SHEN, W.; PIETROBELLI, A. P. Pediatric body composition methods. In: Heymsfield, S. B., Lohman, T. G., *et al* (Ed.). **Human body composition**. Champaign: Human Kinetics, 2005, p.129-139.

SUN, S. S.; CHUMLEA, W. C.; HEYMSFIELD, S. B.; LUKASKI, H. C.; SCHOELLER, D.; FRIEDL, K.; KUCZMARSKI, R. J.; FLEGAL, K. M.; JOHNSON, C. L.; HUBBARD, V. S. Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 77, n. 2, p. 331-340, 2003.

SUN, S. S.; CHUMLEA, W. C. P. Statistical Methods. . In: Heymsfield, S. B., Lohman, T. G., *et al* (Ed.). **Human body composition**. Champaign: Human Kinetics, 2005, p.151-160.

TANNER, J. M. **Growth at Adolescence**. Oxford: Blackwell Scientific, 1962.

TAYLOR, R. W.; JONES, I. E.; WILLIAMS, S. M.; GOULDING, A. Evaluation of waist circumference, waist-to-hip ratio, and the conicity index as screening tools for high trunk fat mass, as measured by dual-energy X-ray absorptiometry, in children aged 3–19 y. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 72, n. 2, p. 490-495 0002-9165, 2000.

TEIXEIRA, P. J.; SARDINHA, L. B.; GOING, S. B.; LOHMAN, T. G. Total and regional fat and serum cardiovascular disease risk factors in lean and obese children and adolescents. **Obesity research**, v. 9, n. 8, p. 432-442, 2001.

TERAN, J. C.; SPARKS, K. E.; QUINN, L. M.; FERNANDEZ, B. S.; KREY, S. H.; STEFFEE, W. P. Percent body fat in obese white females predicted by anthropometric measurements. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 53, n. 1, p. 7-13, 1991.

TOOMBS, R. J.; DUCHER, G.; SHEPHERD, J. A.; DE SOUZA, M. J. The impact of recent technological advances on the trueness and precision of DXA to assess body composition. **Obesity (Silver Spring)**, v. 20, n. 1, p. 30-39, 2011.

TROTTER, M.; HIXON, B. B. Sequential changes in weight, density, and percentage ash weight of human skeletons from an early fetal period through old age. **Anat Rec**, v. 179, n. 1, p. 1-18, 1974.

VALENTE-DOS-SANTOS, J.; COELHO, E. S. M. J.; MACHADO-RODRIGUES, A. M.; ELFERINK-GEMSER, M. T.; MALINA, R. M.; PETROSKI, E. L.; MINDERICO, C. S.; SILVA, A. M.; BAPTISTA, F.; SARDINHA, L. B. Prediction equation for lower limbs lean soft tissue in circumpubertal boys using anthropometry and biological maturation. **PLoS One**, v. 9, n. 9, p. e107219, 2014.

WANG, Z.; YING, Z.; BOSY-WESTPHAL, A.; ZHANG, J.; SCHAUTZ, B.; LATER, W.; HEYMSFIELD, S. B.; MULLER, M. J. Specific metabolic rates of major organs and tissues across adulthood: evaluation by mechanistic model of resting energy expenditure. **Am J Clin Nutr**, v. 92, n. 6, p. 1369-1377, 2010.

WANG, Z. M.; PIERSON, R. N., JR.; HEYMSFIELD, S. B. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 56, n. 1, p. 19-28, 1992.

WELLS, J. C.; FULLER, N. J.; DEWIT, O.; FEWTRELL, M. S.; ELIA, M.; COLE, T. J. Four-component model of body composition in children: density and hydration of fat-free mass and comparison with simpler models. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 69, n. 5, p. 904-912, 1999.

WELLS, J. C. A critique of the expression of paediatric body composition data. **Arch Dis Child**, v. 85, n. 1, p. 67-72, 2001.

WELLS, J. C.; WILLIAMS, J. E.; CHOMTHO, S.; DARCH, T.; GRIJALVA-ETERNOD, C.; KENNEDY, K.; HAROUN, D.; WILSON, C.; COLE, T. J.; FEWTRELL, M. S. Pediatric reference data for lean tissue properties: density and hydration from age 5 to 20 y. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 91, n. 3, p. 610-618, 2010.

WELTMAN, A.; SEIP, R. L.; TRAN, Z. V. Practical assessment of body composition in adult obese males. **Human biology**, v., n., p. 523-535 0018-7143, 1987.

WESTSTRATE, J. A.; DEURENBERG, P. Body composition in children: proposal for a method for calculating body fat percentage from total body density or skinfold-thickness measurements. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 50, n. 5, p. 1104-1115, 1989.

ZELLNER, A. An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias. **Journal of the American statistical Association**, v. 57, n. 298, p. 348-368 0162-1459, 1962.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - Pais

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - Pais

Prezados pais:

Eu, Prof. Dr. Dalmo Roberto Lopes Machado, docente da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo, responsável pela pesquisa intitulada: **Análise multivariada da composição corporal em crianças e adolescentes do sexo feminino** - estou convidando sua filha para fazer parte desse trabalho de pesquisa.

Leiam com bastante atenção as explicações abaixo antes de preencher os dados:

I - Dados de Identificação da Participante e do Responsável

1. Nome da menina: _____ Data Nascimento: ____/____/____

Endereço: _____ Nº _____ Apto _____

Bairro: _____ Cidade: _____

CEP: _____ Telefone: DDD (____) _____

2. Responsável Legal: _____

Natureza (Pai, Mãe, Tutor, Curador, Etc.) _____

Identidade (RG): _____ Sexo: M() F() Data Nascimento: ____/____/____

Endereço: _____ Nº _____ Apto _____

Bairro: _____ Cidade: _____

CEP: _____ Telefone: DDD (____) _____

II - Explicações

1. JUSTIFICATIVA E OBJETIVO DA PESQUISA:

O objetivo principal é criar um modelo que utiliza medidas corporais para calcular quantidade de gordura, músculo e ossos com a grande precisão. Como se fosse substituir o exame desses elementos do corpo feitos com DXA (Absorciometria de raios-x de dupla energia), que é um exame caro, por outros recursos (como peso, altura, etc.) disponíveis em instituições que cuidam da criança (escolas, academias, clubes, consultórios, etc.). Assim essa nova forma de medir, permitiria acompanhar o desenvolvimento da criança de forma mais eficiente e com menor custo.

2. PROCEDIMENTOS A SEREM REALIZADOS:

As etapas da pesquisa envolvem uma série de medidas feitas de forma seguida:

- a) Várias medidas corporais (estatura, peso corporal, perímetros, diâmetros, etc.);
- b) Exame de classificação da maturação por observação médica - Dr^a Paula C. Lamparelli Elias – FMRP, para verificar o desenvolvimento da menina;

- c) Densitometria óssea (DXA): uma “fotocópia” do corpo, igual um XEROX, numa máquina do HC-USP. A criança deitada, não dói, demora uns 10 min.;
- d) Bioimpedância elétrica – Semelhante ao utilizado em certas academias onde a avaliada permanece deitada e umas plaquinhas adesivas colocadas no punho e tornozelos estimam a quantidade de água corporal, gordura, etc.;
- e) Exame de sangue – coleta de um pouquinho de sangue para exames (metabólicos, plasmáticos e bioquímicos).

3. DESCONFORTOS E RISCOS POSSÍVEIS:

Durante o exame do DXA a criança deverá permanecer o mais imóvel possível (uns 10 min.), podendo causar desconforto à menina. Nesse exame existe a exposição a uma pequena dosagem de raios-X (radiação), embora seja cerca de 20 vezes menor do que um raio-X de mãos.

No exame clínico com a médica será observado o desenvolvimento de pelos íntimos e das mamas, podendo gerar algum constrangimento, ainda que seja realizado no consultório fechado e de forma reservada (individual).

O exame de sangue deve causar dor ou desconforto, pela picadinha da agulha, semelhante a um exame de sangue de rotina, num laboratório.

4. LOCAL DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA:

Todos os exames serão realizados numa única sessão com duração de umas 4 horas no HC-USP de Ribeirão Preto, com data e hora que será marcada. As informações de data, hora, transporte e local serão passadas no momento oportuno pelos professores.

5. FORMA DE ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA:

Todos os procedimentos somente serão realizados após a permissão dos pais/responsáveis e da própria criança. Os pais/responsáveis poderão acompanhar a **todos** os exames. Em todos os procedimentos as avaliadas serão acompanhadas e orientadas por uma equipe de profissionais da saúde treinada para os procedimentos.

6. BENEFÍCIOS QUE PODERÃO SER OBTIDOS:

Os resultados impressos dos exames de densitometria (densidade corporal de tecidos ósseo, de gordura e tecido magro), porcentagem de gordura, estado maturacional serão fornecidos a cada participante depois de avaliados todos os voluntários. Um diagnóstico da composição corporal (% de gordura, massa muscular e óssea) mostrará se estão dentro da normalidade desses valores, indicando se forem necessárias as recomendações.

Durante o exame médico, será verificado o desenvolvimento da menina e se há necessidade de algum encaminhamento ao Instituto da criança e adolescente, para acompanhamento gratuito.

7. GARANTIA DE RESPOSTA A QUALQUER PERGUNTA:

Será possível tirar dúvidas e receber esclarecimentos sobre os resultados da pesquisa a qualquer momento com o pesquisador responsável Prof. Dr. Dalmo Roberto Lopes Machado (16) 3602-0342 ou (16) 99607-1117 (Tim), da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto (EEFERP-USP).

8. LIBERDADE DE RECUSAR A PARTICIPAR OU ABANDONAR A PESQUISA:

Caso a criança não queira participar de alguma etapa das coletas, ou desista totalmente de participar, será respeitada a decisão dela. **Durante a pesquisa as participantes poderão desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete em multas ou algo do tipo.**

9. GARANTIA DO SIGILO:

Os resultados obtidos com a pesquisa serão apresentados em trabalhos e artigos científicos e, se possível, mostrados em congressos. Os nomes das participantes não serão divulgados de maneira nenhuma, ninguém vai saber que aqueles resultados são de sua filha, garantindo assim a privacidade dela.

A pesquisa não envolverá nenhum custo financeiro para os participantes. Igualmente o caráter voluntário também não dá direito de alguma forma de pagamento pela participação. Uma cópia do termo ficará com a participante e outra com o pesquisador.

III - Consentimento

Declaro ter compreendido o termo de consentimento acima, assim autorizo a menor _____ a participar da pesquisa.

Eu, _____ (menor) declaro que concordo em participar voluntariamente da pesquisa.

Ribeirão Preto, ____ de _____ de 2013.

Assinatura do responsável legal

Assinatura da menor

Assinatura do pesquisador

APÊNDICE B - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido - Menores

Termo de Assentimento - Menores

Olá querida menina:

Eu, Prof. Dr. Dalmo Roberto Lopes Machado, sou professor da faculdade de Educação Física da USP, e sou responsável pela pesquisa: **Análise multivariada da composição corporal em crianças e adolescentes do sexo feminino**. Esse nome é meio complicado, mas é uma pesquisa que você está sendo convidada a participar.

Leiam com bastante atenção as explicações abaixo e depois preencha os dados:

I - Dados de Identificação da Participante

Nome: _____ Data Nascimento: ____/____/____

Endereço: _____ Nº _____ Apto _____

Bairro: _____ Cidade: _____

CEP: _____ Telefone: DDD (____) _____

II - Explicações

1. JUSTIFICATIVA E OBJETIVO DA PESQUISA:

Com essa pesquisa, queremos fazer medidas corporais para calcular a quantidade de gordura, músculo e ossos com a mesma precisão do DXA (Absortimetria de raios-x de dupla energia). O DXA é um exame caro e não está disponível em todos os lugares (escolas, academias, clubes, consultórios, etc.). Assim um novo modelo permitirá calcular (de forma muito mais simples) medidas de gordura, músculo, ossos por diversos profissionais e educadores que lidam com você.

2. PROCEDIMENTOS A SEREM REALIZADOS:

As medidas da pesquisa serão feitas todas de uma vez:

- a) Várias medidas corporais (estatura, peso corporal, perímetros, diâmetros, etc.);
- b) Exame de maturação - por observação médica - Drª Paula C. Lamparelli Elias – FMRP, para verificar o seu desenvolvimento;
- c) Densitometria óssea (DXA): uma “fotocópia” do corpo, igual um XEROX, numa máquina do HC-USP. Você fica deitada, não dói, demora uns 10 min.;
- d) Bioimpedância elétrica – igual ao que é utilizado em certas academias, onde você fica deitada e umas borrachinhas adesivas são colocadas no punho e tornozelos. Eles medem a quantidade de água corporal, gordura, etc.;
- e) Exame de sangue – coleta de um pouquinho de sangue para exames de laboratório. Como aquela picadinha de abelha, sabe?

3. DESCONFORTOS E RISCOS POSSÍVEIS:

Durante o exame do DXA você deverá permanecer o mais imóvel possível (uns 10 min.), podendo causar certo desconforto. Nesse exame existe a exposição a uma pequena dosagem de raios-X (radiação), embora seja cerca de 20 vezes menor do que um raio-X de mãos. Equivale a algumas intensidades de raios do sol ou lâmpadas.

No exame clínico com a médica será observado o seu desenvolvimento de pelos íntimos e das mamas, podendo gerar algum constrangimento. Mas será realizado no consultório com a porta fechada. Você poderá ficar sozinha com a médica, ou se preferir com sua mãe ou alguma coleguinha.

O exame de sangue deve causar dor ou desconforto, pela picadinha da agulha, igual a um exame de sangue de rotina, num laboratório. Se tiver medo, não precisa fazer.

4. LOCAL DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA:

Todos os exames serão realizados todos juntos e devem demorar umas 4 horas. Será lá no HC-USP de Ribeirão Preto, com data e hora marcada. As orientações de quando, que horas, o transporte e local de saída serão informados por seus professores no dia certo.

5. FORMA DE ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA:

Todas as medidas corporais somente serão realizadas após a sua permissão e dos seus pais/responsáveis, mediante assinatura deste documento. Os pais/responsáveis poderão acompanhar a **todos** os exames. Em todas as medidas você será acompanhada e orientada por uma equipe de profissionais treinados para realizar essas medidas.

6. BENEFÍCIOS QUE PODERÃO SER OBTIDOS:

Os resultados dos exames (das quantidades de ossos, de gordura, músculos, maturação) serão fornecidos a você depois de avaliadas todas as meninas.

Durante o exame com a médica, será verificado o seu desenvolvimento e se há necessidade de algum tipo de encaminhamento para tratamento gratuito.

7. GARANTIA DE RESPOSTA A QUALQUER PERGUNTA:

Você poderá tirar dúvidas e receber esclarecimentos sobre os resultados da pesquisa a qualquer momento com o pesquisador responsável Prof. Dr. Dalmo Roberto Lopes Machado (16) 3602-0342 ou (16) 99607-1117 (Tim), da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto (EEFERP-USP). Ou se preferir e-mail: dalmo@usp.br

8. LIBERDADE DE RECUSAR A PARTICIPAR OU ABANDONAR A PESQUISA:

Caso a você não queira participar de alguma etapa das coletas, ou desista totalmente de participar, será respeitada a sua decisão. **Você participa apenas se tiver interesse e vontade. Durante a pesquisa poderá desistir a qualquer momento, sem que isto traga algum prejuízo a você, como multas ou algo do tipo.**

9. GARANTIA DO SIGILO:

Os resultados dessa pesquisa serão apresentados em trabalhos e artigos científicos, mas o seu nome não vai aparecer de maneira nenhuma, ninguém vai saber que aqueles resultados são seus, garantindo assim que ficará em segredo.

Para participar da pesquisa não precisa pagar nada. Mas também não lhe dá direito de receber alguma forma de pagamento pela participação. Uma cópia deste documento ficará com você e seus pais e a outra ficará com o pesquisador.

III - Consentimento

Eu, _____ declaro que concordo em participar voluntariamente da pesquisa.

Ribeirão Preto, _____ de _____ de 2013.

Assinatura da menina voluntária

Assinatura do pesquisador

APÊNDICE D - Valores medidos e preditos de TO, TA e TME

	Tecido Ósseo		Tecido Adiposo		Tecido Músculo Esquelético	
	Medido	Predito	Medido	Predito	Medido	Predito
1	3,54	3,24	20,01	21,92	15,92	15,42
2	3,60	3,06	21,96	22,27	14,71	15,29
3	3,48	3,56	24,08	25,02	16,24	17,39
4	3,04	3,04	31,22	27,45	14,31	15,54
5	3,66	3,71	25,92	27,94	19,16	18,29
6	2,88	3,26	35,40	33,04	18,13	17,72
7	2,07	2,37	8,12	10,47	11,82	10,52
8	3,08	3,31	10,76	12,73	17,66	15,53
9	3,82	3,43	16,50	18,29	17,61	16,42
10	3,72	3,39	26,46	30,94	17,87	16,75
11	2,10	2,12	9,57	10,34	10,17	9,13
12	1,93	2,03	19,05	18,87	9,59	9,37
13	4,93	4,03	23,54	23,51	20,23	19,98
14	3,31	3,33	31,41	29,46	15,51	16,79
15	2,86	3,07	26,44	22,89	13,55	15,00
16	3,53	3,45	20,89	23,27	19,65	17,54
17	1,65	1,75	10,48	9,31	7,53	7,29
18	2,21	2,23	21,67	23,59	11,54	10,44
19	2,10	2,32	23,98	21,68	10,84	11,62
20	2,49	2,58	12,22	14,68	12,35	11,41
21	4,26	3,48	31,51	29,82	18,33	18,58
22	2,26	2,48	19,16	16,91	11,52	11,51

23	3,47	3,14	16,94	17,84	14,07	14,67
24	1,86	1,90	11,29	9,97	8,31	7,84
25	3,29	3,48	24,42	23,76	17,60	17,63
26	3,33	2,86	19,37	19,11	12,57	13,12
27	2,63	2,76	10,05	10,92	13,30	12,42
28	2,96	2,85	24,74	22,57	14,06	14,43
29	2,01	1,98	11,36	10,64	7,42	8,56
30	3,21	2,78	10,68	13,51	14,15	13,09
31	4,01	3,37	22,19	25,01	19,16	15,88
32	2,37	2,23	10,00	9,10	7,35	8,74
33	3,05	2,89	17,89	17,95	12,93	13,22
34	4,03	4,65	54,34	54,48	25,97	26,00
35	2,57	2,46	26,01	23,47	12,68	13,36
36	1,74	2,65	10,26	23,52	7,81	13,33
37	2,01	2,59	22,46	23,31	12,49	12,90
38	2,69	3,34	26,26	21,62	13,11	14,84
39	1,51	1,24	6,57	7,65	5,79	5,36
40	2,28	2,14	25,67	26,89	12,52	10,88
41	2,65	3,27	13,42	14,69	16,57	15,76
42	3,40	3,72	35,03	34,14	19,13	18,97
43	3,10	3,01	14,93	15,29	12,79	13,63
44	2,44	2,51	15,27	15,26	12,65	11,38
45	3,58	3,10	23,46	23,94	15,28	15,63
46	4,04	4,04	27,53	30,45	22,48	20,91
47	2,53	2,69	11,15	12,15	11,93	11,72

48	1,83	2,29	7,16	8,51	7,49	9,29
49	2,86	3,14	12,24	13,60	15,52	14,35
50	2,87	3,19	22,67	21,21	14,84	15,97
51	3,39	2,86	13,83	16,76	14,15	13,66
52	3,67	3,43	25,68	26,91	17,88	17,62
53	2,59	3,71	24,84	20,40	17,66	18,70
54	2,65	2,31	16,94	20,40	13,03	11,14
55	2,32	2,48	25,87	21,75	10,62	12,66
56	1,87	2,18	21,08	17,10	8,75	10,23
57	1,95	2,11	13,63	14,83	9,38	9,14
58	3,16	3,35	15,86	17,21	16,15	16,01
59	2,09	1,69	13,49	11,95	7,06	7,59
60	1,96	1,70	7,42	6,69	6,13	6,39
61	3,57	3,09	20,68	20,92	15,85	15,04
62	1,54	1,88	11,08	10,57	8,31	7,96
63	1,93	2,08	13,80	12,05	8,11	9,16
64	4,54	3,82	25,37	26,40	18,57	18,53
65	2,48	2,42	25,84	26,99	13,27	12,20
66	2,89	2,82	13,34	13,37	12,77	13,13
67	4,38	4,99	34,94	30,11	21,31	22,82
68	1,69	1,55	11,91	10,19	5,55	6,41
69	1,70	1,61	12,90	13,46	7,15	6,83
70	1,42	1,36	7,49	5,85	4,32	5,00
71	1,92	2,28	13,36	14,82	10,96	10,01
72	2,22	2,52	28,98	27,37	12,86	12,97

73	2,36	2,15	23,59	23,26	11,43	10,62
74	1,99	1,70	16,94	19,28	9,37	7,59
75	4,52	3,89	22,88	23,10	18,17	18,46
76	2,71	2,62	23,68	21,51	12,84	12,62
77	2,81	2,98	24,27	20,31	13,66	14,86
78	2,57	2,37	15,76	15,75	10,87	10,93
79	1,96	2,43	18,79	18,85	11,75	11,44
80	2,66	2,46	12,02	13,48	12,16	10,83
81	1,81	2,10	8,68	8,09	9,17	9,02
82	3,54	3,19	27,83	28,06	15,49	15,21
83	4,11	3,93	29,63	27,24	18,41	19,60
84	1,63	1,89	10,79	6,98	5,69	7,31

APÊNDICE E - Modelos antropométricos da composição corporal para crianças e adolescentes

Medidas	População	Equação (modelo)	Autores/origem
X=Bc+Tr+Se+Si	<u>Rapazes</u>		DURNIN & RAHMAN, 1967
		DC = 1,1533 - 0,0643 LOG (X)	(Idades: 13 – 15 anos)
		DC = 1,1620 - 0,0630 LOG (X)	(Idades: 16 – 19 anos)
	<u>Moças</u>	DC = 1,1369 - 0,0598 LOG (X)	(Idades: 13 – 15 anos)
		DC = 1,1599 - 0,0717 LOG (X)	(Idades: 16 – 19 anos)
X=Bc+Tr+Se+Si	<u>Rapazes</u> Pré-púberes	DC = 1,1690 - 0,0788 LOG (X)	BROOK, 1971
	<u>Moças</u> Pré-púberes	DC = 1,2063 - 0,0999 LOG (X)	(Idades: 01 – 11 anos) n = 23; Inglaterra
X=Tr+Se	<u>Rapazes</u> 7 anos (C = -3,4) 10 anos (C = -4,4) 13 anos (C = -5,4) 16 anos (C = -6,4)	$\%G = 1,35 (X) - 0,012 (X)^2 - C$	LOHMAN, 1986 (Idades: 08 – 18 anos) Diversos estudos
	<u>Moças</u> 7 anos (C = -1,4) 10 anos (C = -2,4) 13 anos (C = -3,4) 16 anos (C = -4,4)		
X=Tr+Se <35mm	<u>Rapazes Brancos</u> Pré-púberes (C=1,7) Púberes (C=3,4) Pós-púberes (C=5,5)	$\%G = 1,21 (X) - 0,008 (X)^2 - C$	SLAUGHTER et al., 1988 (Idades: 09 – 16 anos) n = 242; USA
	<u>Rapazes Negros</u> Pré-púberes (C=3,2) Púberes (C=5,2) Pós-púberes (C=6,8)		
X=Tr+Se >35mm	<u>Rapazes</u>	$\%G = 0,783 (X) + 1,6$	SLAUGHTER et al., 1988 (Idades: 09 – 16 anos) n = 242; USA
	<u>Moças</u>	$\%G = 0,546 (X) + 9,7$	
X=Tr+Pn Panturrilha	<u>Rapazes</u>	$\%G = 0,735 (X) + 1,0$	SLAUGHTER et al., 1988 (Idades: 09 – 16 anos) n = 242; USA
	<u>Moças</u>	$\%G = 0,610 (X) + 5,1$	

	Rapazes 2 - 18 anos	$DC = (1,1315 + (0,0018 (Idade - 2))) - (0,0719 - (0,0006 (Idade - 2) \text{ LOG } (X)))$	WESTSTRATE & DEURENBERG, 1989 (Idades: 07 – 10 anos) n=68
$X=Bc+Tr+Se+Si$	Moças 2 - 10 anos	$DC = (1,1315 + (0,0004 Idade - 2)) - 0,0719 - (0,0003 Idade - 2) \text{ LOG } (X)$	(Idades: 02 – 18 anos) n=2285; Alemanha
Idade (anos)	11 - 18 anos	$DC = (1,1350 + (0,0031 Idade - 10)) - 0,0719 - (0,0003 Idade - 2) \text{ LOG } (X)$	
$X=Bc+Tr+Se+Si$	Rapazes	$DC = 1,1133 - 0,0561 \text{ LOG } (X) + 1,7 (Idade 10^{-3})$	DEURENBERG, 1990
Idade (anos)	Moças	$DC = 1,1187 - 0,063 \text{ LOG } (X) + 1,9 (Idade 10^{-3})$	
$X_0=7,66571177$ $X_1=0,14589134$ $X_2=0,09523287$ $X_3=0,31005737$ $X_4=0,13265764$ $X_5=0,12366158$ $X_6=0,17473022$ $X_7=0,11627546$ $X_8=0,06843252$ $X_9=0,07746492$	Rapazes Idade (anos) Estatura (cm) MC (kg)	$MG_{kg} = X_0 - X_1 (Idade) - X_2 (Estat) + X_3 (MC) + X_4 (TR) + X_5 (Si) + X_6 (AbV) + X_7 (Cx) - X_8 (Br) - X_9 (Cx_m)$	MACHADO, 2009 (Idades: 08 – 18 anos) n = 408; Brasil
$X_0=0,94163514$ $X_1=0,027651517$ $X_2=0,005191749$ $X_3=0,035752861$ $X_4=0,003437299$ $X_5=0,005684636$ $X_6=0,008074336$ $X_7=0,004055853$ $X_8=0,008740523$ $X_9=0,013819177$	Rapazes Idade (anos) Estatura (cm) MC (kg)	$MO_{kg} = - X_0 + X_1 (Idade) + X_2 (Estat) + X_3 (MC) - X_4 (TR) - X_5 (SI) - X_6 (AbV) - X_7 (Cx) - X_8 (Br) + X_9 (Cx_m)$	MACHADO, 2009 (Idades: 08 – 18 anos) n = 408; Brasil
$X_0=15,00446514$ $X_1=0,00634980$ $X_2=0,10369590$ $X_3=0,26962053$ $X_4=0,07584629$ $X_5=0,04932981$ $X_6=0,08341401$ $X_7=0,09684956$ $X_8=0,08348542$ $X_9=0,17455839$	Rapazes Idade (anos) Estatura (cm) MC (kg)	$MM_{kg} = - X_0 + X_1 (Idade) + X_2 (Estat) + X_3 (MC) - X_4 (TR) - X_5 (SI) - X_6 (AbV) - X_7 (Cx) + X_8 (Br) + X_9 (Cx_m)$	MACHADO, 2009 (Idades: 08 – 18 anos) n = 408; Brasil

$X_1 = \text{AbH}$ $X_2 = \text{MC}$	Rapazes MC (kg)	$\text{MG}_{\text{kg}} = -0,251 + (X_1)$ $\text{MG}_{\text{kg}} = -4,537 + (X_1) + 0,116(X_2)$	MACHADO et al., 2012 (Idades: 08 – 18 anos) n = 408; Brasil
$X_1 = 0,0857$ $X_2 = 0,3139$ $X_3 = 0,1970$ $X_4 = 0,2350$ $X_5 = 0,6571$	Rapazes Estatura (cm) MC (kg)	$\text{MG}_{\text{kg}} = -X_1 (\text{Estatura}) + X_2 (\text{MC})$ $+ X_3 (\text{Si}) + X_4 (\text{AbH}) - X_5 (\text{PVC})$	MACHADO et al., 2013 (Idades: 08 – 18 anos) n = 408; Brasil
$X_1 = 0,0032$ $X_2 = 0,0392$ $X_3 = 0,0095$ $X_4 = 0,0105$ $X_5 = 0,0525$	Rapazes Estatura (cm) MC (kg) Si = supra ilíaca AbH = Abdom. horiz. PVC (anos)	$\text{CMO}_{\text{kg}} = X_1 (\text{Estatura}) + X_2 (\text{MC}) - X_3 (\text{Si}) - X_4 (\text{AbH}) + X_5 (\text{PVC})$	MACHADO et al., 2013 (Idades: 08 – 18 anos) n = 408; Brasil
$X_1 = 0,0820$ $X_2 = 0,6419$ $X_3 = 0,1964$ $X_4 = 0,2321$ $X_5 = 0,7047$	Rapazes Estatura (cm) MC (kg)	$\text{TMM}_{\text{kg}} = X_1 (\text{Estatura}) + X_2 (\text{MC})$ $- X_3 (\text{Si}) - X_4 (\text{AbH}) + X_5 (\text{PVC})$	MACHADO et al., 2013 (Idades: 08 – 18 anos) n = 408; Brasil

DC = densidade corporal; Bc = dobra cutânea bíceps; MC = massa corporal; MG = massa gorda; Tr = dobra cutânea tríceps; Se = dobra cutânea subescapular; Si = dobra cutânea supra ilíaca; Pm = dobra cutânea panturrilha medial; AbH = dobra cutânea abdominal horizontal; AbV = dobra cutânea abdominal vertical; C = constante; PVC = Pico de velocidade de crescimento (anos).

APÊNDICE F - Equações preditivas da composição pediátrica tendo DXA como método critério*

Author	sex	Ethnic group	Age	N	Criterion Method	Development			Equations and Predictor Variables	Cross Validation							
						R ²	RMSE/SEE	CV (%)		N	Age	R ²	PE	CV	CCC	Bias	Agreement Limits Trend
Goran et al (GORAN et al., 1996b)	M	Cauc	4 – 9	49	DXA Lunar DPX-L densitomete	0.91	0.94kg	NA	FM (kg) = 0.16*SubSKF + 0.33*W+0.11*Tric SKF - 0.16*S ² /R-0.43*Sex-2.4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	F			49		0.88	1.05kg	NA	FM (kg)=0.18*W+0.23*Sub+0.23*Tric-3.0								
Ellis (ELLIS, K. J., 1997)	M	Cauc	3 – 18	145	DXA Hologic QDR 2000	0.57	3.56kg	31.7	FM(kg) = 0.534*W-1.59*age+3.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		Black		78		0.62	4.29kg	36.1	FM(kg) = 0.594*W-0.381*S+36.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		Hispanic		74		0.55	3.71kg	25.7	FM(Kg) = 0.591*W-1.82*Age+3.36	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ellis et al (ELLIS, K. J.; ABRAMS; WONG, 1997)	F	Cauc	3 - 18	141	DXA Hologic QDR 2000	0.93	1.09kg	9.7	FM(kg) = 0.642*W-0.12*S-0.606*Age+8.98	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		Black		104		0.96	2.44kg	16.7	FM(kg) = 0.653*W-0.163*S-0.298*Age+10.7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		Hispanic		68		0.95	2.45kg	15.1	FM(kg) = 0.677*W-0.217*S+15.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Dezenberg et al (DEZENBERG et al., 1999)	M&F	Cauc& Black	4-10.9	135	DXA Lunar DPX-L	0.95	0.5kg	NA	FM(kg) = 0.332*W+0.263*Tric SKF+ 0.76*Sex+0.704*Ethnicity-8.004	67	4-10.9	0.92	NA	NA	NA	- 0.11	0.1-(-0.3)
Morrison et al (MORRISON et al., 2001a)	F	Cauc	6-17	65	Hologic QDR-1000/W	0.99	1.14	3.6	FFM (kg) = 1.07+0.37* S.cm ² /R 0.17*TricSKF+0.47*W	20	9.3±0.6	NA	1.5	6	NA	NA	NA
		Black		61		0.99	1.95	4.7	FFM (kg) = -8.78+0.78*S.cm ² /R+ 0.10*Rc+0.18*W	20	9.2±0.5	NA	1.2	5	NA	NA	NA
Bray et al (BRAY et al., 2002a)	M&F	Cauc& Black	10-12	129	DXA Hologic QDR 2000	0.91	3.1%	NA	%FM= 7.26+0.77*Bic+0.36*calf SKF+ 0.25*Thigh SKF	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
						0.89	3.4%	NA	%FM= 9.02+1.09*Bic+0.42*Calf	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Huang et al (HUANG; WATKINS; GORAN, 2003)	M&F	Latino	7-13	64	DXA Hologic QDR 4500W	0.92	NA	NA	FM (kg) = 0.665 * W – 1.606 * Age – 1.882 * Sex (0=girl; 1=boy) + 3.330	32	7-13	0.92	NA	NA	NA	0.36	6.4-(-5.7)
Hoffman et al (HOFFMAN et al., 2012)	M	Mixed Ethnicity	9.8±1.3	48	DXA Hologic QDR 4500A	0.78	1.2kg	NA	FM(kg)=6.371+0.488*W+0.128*Tric SKF- 1.138*Height+0.645*Sex-0.188*Age	12	10.1±1.5	0.80	NA	NA	NA	0.09	NA
	F			67						18							

Abbreviations: NA, not available; UWW, underwater weighing, DXA, Dual-energy X-ray absorptiometry; Cauc, caucasians; SKF, skinfold; NS, non-significant; Bic SKF, Bicipital skinfold; Tric SKF, tricipital skinfold; Supil SKF, Suprailiac skinfold; Sub SKF, subscapular skinfold; abdominal skinfold; M, male; F, female; Deut Dilut, Deuterium dilution; R², coefficient of determination; RMSE or SEE, root of mean square error or Standard error of estimation; CV, coefficient of variation; CCC, concordance correlation coefficient; PE, Pure error; W, weight; FM, fat mass; FFM, fat free mass; S, stature; R, resistance; Rc, reactance; abdcirc, abdominal circumference.

*SILVA, A. M.; FIELDS, D. A.; SARDINHA, L. B. A PRISMA-driven systematic review of predictive equations for assessing fat and fat-free mass in healthy children and adolescents using multicomponent molecular models as the reference method. **Journal of obesity**, v. 2013 2090-0708, n., p., 2013.

ANEXOS

ANEXO A - Apreciação do Comitê de Ética e Pesquisa

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE MULTIVARIADA DA COMPOSIÇÃO CORPORAL EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES DO SEXO FEMININO

Pesquisador: Dalmo Roberto Lopes Machado

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 13001913.9.0000.5407

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 360.666

Data da Relatoria: 29/08/2013

Apresentação do Projeto:

Vide primeiro parecer.

Objetivo da Pesquisa:

Vide primeiro parecer.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Vide primeiro parecer.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Vide primeiro parecer.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O pesquisador apresentou um novo modelo de TCLE, seguindo as recomendações constantes no primeiro parecer. Além disso, apresentou um termo de assentimento, a ser apresentado às participantes da pesquisa maiores de 12 anos para que sejam informadas a respeito dos procedimentos e consentam em participar da pesquisa.

Quanto a esses termos, recomenda-se, apenas, que sejam corrigidos pequenos erros de digitação no Termo de Assentimento, e que seja excluído do TCLE o espaço para assinatura do menor.

Recomendações:

Endereço: Av. Bandeirantes 3.900

Bairro: Monte Alegre

CEP: 14.040-901

UF: SP

Município: RIBEIRÃO PRETO

Telefone: (16)3633-4811

Fax: (16)3633-2660

E-mail: coetp@fclrp.usp.br

Continuação do Parecer: 277.374

ocorrência.

b)Pede-se esclarecimentos do pesquisador quanto forma de devolutiva de resultados individuais para as participantes e seus responsáveis e o eventual uso que elas poderão fazer desses dados.

c) Pede-se que o pesquisador responda aos pedidos de esclarecimento constantes no item "Comentários sobre a pesquisa".

c) Alterações substanciais no TCLE e apresentação de um termo de assentimento dirigido aos adolescentes maiores de 12 anos, conforme indicações no item que trata dos termos de apresentação obrigatória

Situação do Parecer:

Pendente

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

RIBEIRAO PRETO, 20 de Maio de 2013

Assinador por:
Andréia Schmidt
(Coordenador)

Continuação do Parecer: 300.590

Ver recomendação referente aos termos de assentimento e consentimento.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O pesquisador prestou os esclarecimentos solicitados no primeiro parecer emitido sobre o projeto e fez as correções solicitadas. Assim sendo, considera-se que o projeto está aprovado para execução.

Caso o pesquisador tenha interesse em armazenar o material biológico coletado, será necessário entrar com um pedido de constituição de um biorepositório, conforme as Instruções da Resolução CNS nº 441/11 (http://www.ffcrlp.usp.br/comites_etica/pesquisa/Resolucao441.pdf).

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

O projeto encontra-se APROVADO neste CEP, devendo aguardar a aprovação do CEP do HCFMRP, antes do início da coleta de dados.

Pedimos atenção aos seguintes itens:

- 1) De acordo com a Resolução CNS n.º 466/2012, o pesquisador deverá apresentar relatórios semestrais (parciais e final, em função da duração da pesquisa);
- 2) Eventuais emendas (modificações) ao protocolo devem ser apresentadas, com justificativa, ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada;
- 3) Sobre o TCLE e TA: caso o termo tenha DUAS páginas ou mais, lembramos que no momento da sua assinatura, tanto o participante da pesquisa (ou seu representante legal) quanto o pesquisador responsável deverão RUBRICAR todas as folhas, colocando as assinaturas na última página.

RIBEIRÃO PRETO, 03 de Setembro de 2013

Assinador por:
Andréia Schmidt
(Coordenador)

Endereço: Av. Bandeirantes 3.900		
Bairro: Monte Alegre	CEP: 14.040-901	
UF: SP	Município: RIBEIRÃO PRETO	
Telefone: (16)3802-4811	Fax: (16)3833-2660	E-mail: coetp@ffcrlp.usp.br

ANEXO B - Autorização do Setor – HC/FMRP

FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO-USP
DEPARTAMENTO DE CLÍNICA MÉDICA

Av. Bandeirantes, 3900 - 6º andar - Ribeirão Preto-SP - CEP 14049- 900

Fone (016) 633-0436 FAX (016) 633-6695

Autorização do Serviço de Densitometria Óssea do HC-FMRP-USP

Pesquisador: Dalmo Roberto Lopes Machado

Local: Ribeirão Preto

Título da Pesquisa: Modelo Multicompartimental da Composição Corporal em Meninas

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador acima mencionado, na função de Coordenador do Serviço de Densitometria Óssea do Centro de Imagens do HCFMRP-USP, eu, Prof. Dr. Francisco José de Albuquerque de Paula concordo com a realização dos exames abaixo descritos, os quais serão colhidos nas dependências do setor. Os menores que se propuserem a participar como voluntários deverão estar cientes dos procedimentos que serão realizados e seus pais ou responsáveis terem concordado com sua realização, inclusive por meio de assinatura de Termo de Consentimento Livre Esclarecido.

Os dados coletados na instituição serão:

- Antropometria: estatura, peso corporal e medidas antropométricas (dobras cutâneas, perímetros, diâmetros e altura tronco cefálica);
- Estádio puberal: exame a ser realizado no HC-FMRP-USP;
- Densitometria óssea (DXA): uma única varredura de corpo total, sob a supervisão do Dr. Francisco José Albuquerque de Paula do HC-FMRP-USP;

Ribeirão Preto, 8 de abril de 2013.

Prof. Dr. Francisco José Albuquerque de Paula

Coordenador do Serviço de Densitometria Óssea do HCFMRP-USP

ANEXO C - Concordância da Instituição Coparticipante – HC/FMRP

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA
DE RIBEIRÃO PRETO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

www.hcrp.fmrp.usp.br

Ofício Circular nº 13/2011

Ribeirão Preto, 2 de março de 2011.

Prezado (a) Senhor (a),

Tendo em vista as novas deliberações da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP, cabe ao CEP da Instituição de vínculo do Pesquisador a análise ética do Projeto (Instituição Proponente). Caso o estudo seja desenvolvido no HCFMRP USP (Instituição Co-Participante) comunicamos que, após avaliação do CEP da Instituição Proponente deverão ser encaminhados ao Hospital das Clínicas para deliberação do Superintendente:

- Folha de Rosto;
- Parecer consubstanciado do CEP da Instituição Proponente;
- Manifestação de concordância das áreas envolvidas no HCFMRP-USP;
- Orçamento financeiro detalhado.

Após análise destes documentos, caso o CEP do HCFMRP-USP concordar com o parecer aprobatório da Instituição Proponente, será providenciada a declaração de manifestação sobre a realização do estudo nesta Instituição assinada pelo Superintendente. Caso contrário o CEP do HCRP poderá solicitar uma análise ética própria.

De qualquer forma, só ficam liberadas para realização dentro da Instituição as pesquisas que obtiverem a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição Proponente e a concordância do Comitê de Ética em Pesquisa do HCFMRP-USP e da Superintendência deste Hospital (Instituição co-participante).

Atenciosamente,

Dra. MARCIA GUIMARÃES VILLANOVA
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa

Prof. Dr. MARCOS FELIPE SILVA DE SÁ
Superintendente

A/C
Diretor da Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras de Ribeirão Preto
da Universidade de São Paulo

*Ciente. Ao CEP.
Diretoria, 17/3/2011.*

Prof. Dr. Sebastião de Sousa Almeida
Diretor

ANEXO D - Autorização da Instituição Participante (Escola)

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE
DE RIBEIRÃO PRETO

Autorização da Instituição

Pesquisador: **Dalmo Roberto Lopes Machado** Local: **Ribeirão Preto**

Título da Pesquisa: **Modelo Multicompartimental da Composição Corporal em Meninas**

Declaro que após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e após ter compreendido a importância do projeto de pesquisa apresentado, na função de Dirigente desta instituição, eu, Adriana H. Dias da Silva, responsável legal pela Centro Renovação Cristã Ensino Integral - CREI, consinto em autorizar a coleta de dados para a pesquisa citada acima nas dependências da escola, de todos os alunos que se propuserem a participar como voluntários, mediante prévia autorização dos seus pais ou responsáveis.

Os dados coletados na instituição envolverão:

- Antropometria: estatura, peso corporal e medidas antropométricas (dobras cutâneas, perímetros, diâmetros e altura tronco cefálica);
- Estádio puberal: exame de classificação por uma médica do FMRP-USP;
- Densitometria óssea (DXA): uma única varredura de corpo total, sob a supervisão do Dr. Francisco José Albuquerque de Paula do HC-USP;
- Bioimpedância elétrica – Semelhante ao utilizado em certas academias onde o avaliado permanece deitado e uma baixa corrente elétrica (quase imperceptível) estima a quantidade de água corporal total;
- Hemograma – coleta para análise de marcadores metabólicos, plasmáticos e bioquímicos.

Ribeirão Preto, 13 de março de 2013.

Dirigente da Instituição -
Adriana H. Dias da Silva
Diretora - RG 14.908.706

ANEXO E - Autorização da Instituição Participante (Projeto Nadando na Frente)

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE
DE RIBEIRÃO PRETO

Autorização da Instituição

Pesquisador: **Dalmo Roberto Lopes Machado** Local: **Ribeirão Preto**

Título da Pesquisa: **Modelo Multicompartimental da Composição Corporal em Meninas**

Declaro que após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e após ter compreendido a importância do projeto de pesquisa apresentado, na função de Dirigente desta instituição, eu, **Thiago Guimarães Vicente** responsável legal pela **Instituto de Esportes, Projeto Nadando Na Frente**, consinto em autorizar a coleta de dados para a pesquisa citada acima nas dependências da escola, de todos os alunos que se propuserem a participar como voluntários, mediante prévia autorização dos seus pais ou responsáveis.

Os dados coletados na instituição envolverão:

- Antropometria: estatura, peso corporal e medidas antropométricas (dobras cutâneas, perímetros, diâmetros e altura tronco cefálica);
- Estadio puberal: exame de classificação por uma médica do FMRP-USP;
- Densitometria óssea (DXA): uma única varredura de corpo total, sob a supervisão do Dr. Francisco José Albuquerque de Paula do HC-USP;
- Bioimpedância elétrica – Semelhante ao utilizado em certas academias onde o avaliado permanece deitado e uma baixa corrente elétrica (quase imperceptível) estima a quantidade de água corporal total.
- Hemograma – coleta para análise de marcadores metabólicos, plasmáticos e bioquímicos.

Ribeirão Preto, 25 de março de 2013.

- Dirigente da Instituição -