



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**Faculdade de Educação Física**

**DANIEL LEITE PORTELLA**

**Associação entre composição corporal e desempenho físico em jovens atletas  
de acordo com a maturação biológica**

CAMPINAS

2015

**Daniel Leite Portella**

**Associação entre composição corporal e desempenho físico em jovens atletas  
de acordo com a maturação biológica**

Tese apresentada à Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Educação Física na área de Concentração Biodinâmica do Movimento e Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Miguel de Arruda

ESSE EXEMPLAR CORRESPONDE À  
VERSÃO FINAL TESE DEFENDIDA  
PELO ALUNO DANIEL LEITE  
PORTELLA E ORIENTADA PELO PROF.  
DR. MIGUEL DE ARRUDA.

CAMPINAS

2015

Agência de fomento: Não se aplica  
Nº processo: Não se aplica

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca da Faculdade de Educação Física  
Dulce Inês Leocádio dos Santos Augusto - CRB 8/4991

P832a Portella, Daniel Leite, 1979-  
Associação entre composição corporal e desempenho físico em jovens atletas de acordo com a maturação biológica / Daniel Leite Portella. – Campinas, SP : [s.n.], 2015.

Orientador: Miguel de Arruda.  
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física.

1. Maturação. 2. Desempenho. 3. Composição corporal. 4. Jovens. 5. Atletas. I. Arruda, Miguel. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação Física. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Association between body composition and physical performance in young athletes according to the biological maturation

**Palavras-chave em inglês:**

Maturation

Performance

Body composition

Young

Athletes

**Área de concentração:** Biodinâmica do Movimento e Esporte

**Titulação:** Doutor em Educação Física

**Banca examinadora:**

Ana Lúcia de Sá Pinto

João Paulo Borin

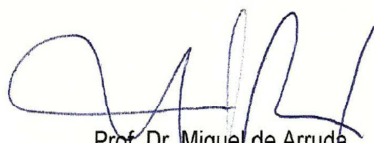
Marco Antonio Cossio-Bolaños

André Pedrinelli

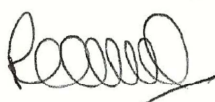
**Data de defesa:** 14-09-2015

**Programa de Pós-Graduação:** Educação Física

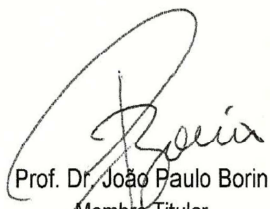
## COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Miguel de Arruda  
Orientador



Prof. Dr. André Pedrinelli  
Membro Titular



Prof. Dr. João Paulo Borin  
Membro Titular



Prof. Dra. Ana Lúcia de Sá Pinto  
Membro Titular



Prof. Dr. Marco Antonio Cossio-Bolaños  
Membro Titular

## DEDICATÓRIA

Dedico essa etapa da minha vida primeiramente a Deus, pois, sem Ele nada seria possível. Dedico também às pessoas importantes de minha vida como minha amada mãe D. Ivone Portella por me dar suporte durante meus anos todos desde o nascimento até hoje. Ao meu amado pai Sr. Odécio Portella (*in memoriam*) por ter sido minha fonte inspiradora para que buscasse e alcançasse tal meta em minha jornada. Minha esposa querida que amo tanto Giovana Chekin Portella por tudo que faz por mim e pela família. Por último dedico ao meu filho que está no ventre de minha esposa e que já o amo com todo meu coração.

## **AGRADECIMENTOS**

Tantas são as pessoas que devo agradecer por essa jornada findada que tenho medo de cometer injustiças. Enfim, agradeço a todos meus companheiros de trabalho à época das coletas de dados, agradeço aos meus professores da Unicamp pela troca de experiências e aprendizado, aos coordenadores e diretores da Universidade Municipal de São Caetano do Sul, da qual sou docente, por me apoiarem nos momentos que precisei para concretizar tal jornada. Mais uma vez agradeço a Deus, pois, sem Ele não seria possível cumprir mais essa etapa da minha vida. Agradeço em especial ao Prof. Dr. Miguel de Arruda, pois, foi ele quem me deu a oportunidade em 2005 de iniciar como aluno especial e depois de 10 anos concretizei a longa jornada sob sua tutela, da qual tenho muito orgulho e satisfação, muito obrigado MESTRE !!

## RESUMO

**OBJETIVOS:** Os objetivos do presente estudo foram: 1) verificar se há diferenças nas variáveis de força, velocidade e potência aeróbia nos diferentes estágios de maturação biológica; 2) identificar quais as associações entre os componentes de composição corporal e desempenho físico ao longo do processo maturacional; 3) averiguar qual o comportamento do desempenho físico e composição corporal ao longo da maturação biológica em jovens atletas; 4) Demonstrar a utilidade do Indicador Somático como ferramenta para identificação da maturação biológica.

**MATERIAL E MÉTODO:** 206 atletas do sexo masculino ( $14,69\text{anos} \pm 2,31\text{anos}$ ) praticantes de futebol de um clube de primeira divisão do estado de São Paulo, Brasil. Como variáveis antropométricas foram coletadas estatura total(EST), estatura tronco-cefálica(ETC), comprimento de membros inferiores(CMMII) e massa corporal total(MCT). Para a força foram coletadas as variáveis Taxa de Desenvolvimento de Força(TDF) e Força Máxima(FM). Quanto à velocidade de deslocamento cíclica as variáveis coletadas foram velocidade em 10m(V10) e velocidade em 40m(V40). Em relação ao aspecto aeróbio foi mensurada a Potência Aeróbia(PAER). Para a mensuração da composição corporal foi utilizado o método de Absorimetria por Duplo Raio X(DEXA). As variáveis mensuradas foram Área Mineral Óssea de MMII(AMOMMII), Conteúdo Mineral Ósseo de MMII(CMOMMII), Massa Livre de Gordura Total(MLGT), Massa Livre de Gordura de MMII(MLGMMII) Percentual de Gordura(%G) Densidade Mineral Óssea de MMII(DMOMMII). O Indicador de Maturação Biológica(IMB) utilizado foi o indicador somático e a partir dele dividiu-se a amostra em três grupos: PRÉPVC(valores  $< -1,00$  anos), PVC(valores entre  $-1,00$  e  $1,00$  anos) e PÓSPVC(valores  $> 1,00$  anos). Foi utilizada a análise descritiva para caracterização da amostra, ANOVA com *post hoc* de Tukey ( $p < 0,05$ ), correlação Linear de Pearson ( $p < 0,05$ ) para estabelecer as forças das relações entre as variáveis de composição corporal e de desempenho físico nos respectivos grupos, Análise de Regressão com uma variável dependente para estabelecer a magnitude e índice de determinação dos modelos ( $R^2$ ) e o Coeficiente  $\beta$  de cada variável independente para cada modelo ( $p < 0,05$ ).

**RESULTADOS:** Todas as variáveis de composição corporal, exceto %G e MGT, e de desempenho físico, exceção feita à PAER, apresentaram diferenças significantes ( $p < 0,05$ ) entre os grupos de maturação biológica (PRÉPVC, PVC e PÓSPVC). Predominantemente o componente muscular e ósseo estabeleceu associação para a maior parte das variáveis de desempenho físico, apesar de serem dinâmicas de associações distintas entre os grupos. Quanto à dinâmica do desempenho físico as variáveis V10 e V40 apresentaram acomodação nos incrementos no período PVC. A variável PAER apresentou a mesma acomodação, porém, no período PÓSPVC. Já as variáveis de FM e TDF apresentaram os maiores incrementos no período PVC e principalmente no PÓSPVC.

**CONCLUSÃO:** O Indicador Somático se apresenta como uma boa ferramenta para utilização em atletas. Durante a maturação biológica as variáveis de composição corporal e desempenho físico apresentam diferenças entre os grupos pré-definidos. As associações entre os componentes de composição corporal e desempenho físico ao longo do processo maturacional ocorrem de forma distinta para cada período de maturação biológica. Cada variável de desempenho físico apresenta dinâmicas diferentes com performances ótimas em momentos diferentes da maturação biológica.

Palavra-chave: Maturação Biológica, Desempenho Físico, Composição Corporal, Jovens Atletas

## ABSTRACT

**OBJECTIVES:** The objectives of this study were 1) to compare the differences in the strength, speed and aerobic power at different stages of biological maturation; 2) to identify the associations between the components of body composition and physical performance during the maturation process; 3) to determine which physical performance and body composition behavior during the biological maturation in young athletes; 4) to demonstrate the usefulness of Somatic indicator for the identification of biological maturation. **MATERIALS AND METHODS:** 206 male athletes (14.69 years  $\pm$  2.31 years) soccer players of a club of first division of the state of São Paulo, Brazil. As anthropometric variables were collected height (H), trunk-cephalic height (ETH), length of the lower limbs (LLL) and total body mass (TBM). For strength were collected variables Rate of Force Development (RFD) and Maximum Strength (MS). As the cyclical travel speed variables collected were sprint in 10 meters (S10) and sprint in 40 meters (S40). Regarding the aerobic aspect was measured Aerobic Power (APOWER). For the measurement of body composition was used Double Energy X-ray absorptiometry (DEXA). The measured variables were Bone Mineral Area Lower Limbs (BMALL), Bone Mineral Content Lower Limbs (BMCLL), Total Fat Free Mass (TFFM), Total Fat Mass (TFM), Fat Free Mass Lower Limbs (FFMLL) Fat Percentage (%F) Bone Mineral Density Lower Limbs (BMDLL). To the indicator of Biological Maturation (IBM) was used somatic index and from it the sample was divided into three groups: PREPVH (values  $<-1.00$  years), PVH (values between  $-1.00$  and  $1.00$  years) and POSPVH (values  $>1.00$  years). Descriptive analysis was used to characterize the sample, ANOVA with post hoc Tukey ( $p < 0.05$ ), Linear Pearson correlation ( $p < 0.05$ ) to establish the strength of the relationship between body composition and performance variables in the respective groups, regression analysis with a dependent variable to establish the magnitude and rate determination models ( $R^2$ ) and the coefficient ( $\beta$ ) of each variable for each model ( $p < 0.05$ ). **RESULTS:** All variables of body composition, except %F and TFM, and physical performance, except for the APOWER, showed significant differences ( $p < 0.05$ ) between biological maturity groups (PREPVH, PVH and POSPVH). Predominantly muscle and bone component association established for most of the physical performance variables, although dynamic associations between the groups were different. As for the dynamics of the physical performance of the S10 and S40 variables presented accommodation in increments in PVC period. The APOWER variable was the same accommodation, but in POSPVH period. The variables MS and RFD showed the highest increases in PVH period and especially in POSPVH. **CONCLUSION:** Somatic indicator is presented as a good tool to use in athletes. During the biological maturation the body composition and physical performance variables differ between the predefined groups. The associations between body composition and physical performance components during the maturational process occurs differently for each biological maturation period. Each physical performance variable has different dynamics with great performances in different biological levels.

**Key-Words:** Biological Maturation, Physical Fitness, Body Composition, Youth Athletes.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Ocorrência do Timing e Tempo ao longo dos anos e os indicadores de maturação biológica.....                       | 20 |
| Figura 2: Modelos e métodos de estudo da composição corporal.....                                                           | 24 |
| Figura 3: Possíveis interferências da composição corporal no desempenho desportivo.....                                     | 31 |
| Figura 4: Alterações endócrinas e suas interferências na composição corporal oriundas da maturação biológica.....           | 35 |
| Figura 5: Interveniências da maturação biológica nas capacidades de desempenho físico.....                                  | 41 |
| Figura 6: Ordenação da aplicação dos testes para obtenção das variáveis de desempenho físico e de composição corporal.....  | 44 |
| Figura 7: Equação proposta por Mirwald e colegas para cálculo do Indicador Somático de Maturação Biológica.....             | 47 |
| Figura 8: Dinâmica das variáveis de desempenho físico ao longo do processo maturacional através da dispersão dos dados..... | 53 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 1: Algumas equações de diversos protocolos de mensuração de composição corporal através de variáveis antropométricas e dobras cutâneas.....                              | 25. |
| Tabela 2: Reprodutibilidade (Correlação de Pearson) e Erro Casual (%) das variáveis coletadas.....                                                                              | 48  |
| Tabela 3: Tabela descritiva das variáveis antropométricas e de composição corporal.....                                                                                         | 49  |
| Tabela 4: Tabela descritiva das variáveis de desempenho físico e valores de $\Delta\%$ entre os grupos de maturação biológica.....                                              | 50  |
| Tabela 5: Correlações entre as variáveis de desempenho físico e variáveis de composição corporal significantes ( $p < 0,05$ ) e com força acima de moderada ( $r > 0,39$ )..... | 51  |
| Tabela 6: Modelos de regressão linear para as variáveis de desempenho físico (dependente) com as variáveis de composição corporal (independente).....                           | 52  |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%GT = Percentual de Gordura Total

$\Delta\%$  = Delta Percentual

AFDG = Aptidão Física Geral Desportiva

AMOMMII = Área Mineral Óssea de Membros Inferiores

CAE = Ciclo Alongamento Encurtamento

CMOMMII = Conteúdo Mineral Ósseo de Membros Inferiores

DEXA = Dual Energy X Ray Absorpmetry

DMOMMII = Densidade Mineral Óssea de Membros Inferiores

EM = Estágio Maturacional

EST = Estatura Total

FM = Força Máxima

IC = Idade Cronológica

IMB = Indicador de Maturação Biológica

MAX = Valor Máximo

MCT= Massa Corporal Total

MGT = Massa Gorda Total

Min = Valor Mínimo

MLGMMII = Massa Livre de Gordura de Membros Inferiores

MLGT = Massa Livre de Gordura Total

PAER = Potência Aeróbia

PVC = Pico de Velocidade de Crescimento

RMI = Ressonância Magnética por Imagem

TCLE = Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TDF = Taxa de Desenvolvimento de Força

V10 = Velocidade de Deslocamento Cíclica em 10 metros

V40 = Velocidade de Deslocamento Cíclica em 40 met

## SUMÁRIO

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 Introdução.....                                                                                                       | 16 |
| 2 Objetivos.....                                                                                                        | 19 |
| 3 Revisão de Literatura.....                                                                                            | 20 |
| 3.1 Introdução.....                                                                                                     | 20 |
| 3.2 Indicadores de Maturação Biológica (IMB).....                                                                       | 21 |
| 3.2.1 Indicador Sexual Secundário.....                                                                                  | 21 |
| 3.2.2 Indicador Ósseo.....                                                                                              | 22 |
| 3.2.3 Indicador Somático.....                                                                                           | 23 |
| 3.3 Composição Corporal.....                                                                                            | 24 |
| 3.3.1 Variáveis Antropométrica e Dobras Cutâneas.....                                                                   | 25 |
| 3.3.2 Dual Energy X Ray (DEXA).....                                                                                     | 27 |
| 3.3.3 Bioimpedância.....                                                                                                | 28 |
| 3.3.4 Ressonância Magnética (RM).....                                                                                   | 28 |
| 3.3.5 Pletsmógrafo.....                                                                                                 | 29 |
| 3.3.6 Outras Ferramentas.....                                                                                           | 29 |
| 3.4 A maturação biológica como fator interveniente na composição corporal e no desempenho físico em jovens atletas..... | 30 |

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| 3.4.1 Composição Corporal.....                    | 30 |
| 3.4.2 Aptidão Física Desportiva Geral (AFDG)..... | 32 |
| 3.4.3 Demanda Energética.....                     | 34 |
| 3.4.4 Potência Aeróbia.....                       | 35 |
| 3.4.5 Força.....                                  | 37 |
| 3.4.6 Velocidade.....                             | 39 |
| 3.4.7 Fatores Biomecânicos.....                   | 41 |
| 4 Materiais e Métodos.....                        | 43 |
| 4.1 Amostra.....                                  | 43 |
| 4.2 Inclusão e Exclusão.....                      | 43 |
| 4.3 Técnicas e Procedimentos.....                 | 43 |
| 4.3.1 Variáveis Antropométricas.....              | 44 |
| 4.3.2 Variáveis de Força.....                     | 45 |
| 4.3.3 Velocidade Cíclica.....                     | 45 |
| 4.3.4 Potência Aeróbia.....                       | 46 |
| 4.3.5 Composição Corporal.....                    | 46 |
| 4.4 Indicador de Maturação Biológica.....         | 47 |
| 4.5 Tratamento Estatístico.....                   | 49 |
| 5 Resultados.....                                 | 50 |

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6 Discussão.....                                                                         | 56 |
| 6.1 Papel da maturação biológica e da composição corporal sobre o desempenho físico..... | 56 |
| 6.2 Desempenho físico no decorrer da maturação biológica.....                            | 60 |
| 6.3 Indicador Somático como ferramenta.....                                              | 62 |
| 7 Conclusão.....                                                                         | 63 |
| 7.1 Considerações Finais.....                                                            | 63 |
| 8 Bibliografia.....                                                                      | 65 |
| 9 Anexos.....                                                                            | 86 |

## 1. INTRODUÇÃO

---

Para o rendimento desportivo alcançar sua excelência existem diversos fatores determinantes. O fator psicológico, o técnico, o tático e até mesmo o fator social são identificados como determinantes no desporto (Martin et al 2008). Todavia, notadamente o fator físico e o fator morfológico são os mais apreciados, por conta da importância dos mesmos seja nos desportos individuais ou coletivos, seja nos desportos de habilidades abertas ou fechadas (Malina et al 2004, Martin et al 2008, De La Rosa e Farto 2008).

O fator físico é comumente classificado em capacidades físicas que são entendidas como uma ação conjunta dos processos energéticos do organismo e da estrutura morfofuncional do atleta (Martin et al 2008). Essas ações conjuntas são manifestadas dentro da especificidade de cada capacidade física, que de uma forma geral, pode ser dividida nas manifestações de força, velocidade e resistência (Weineck 2003, Martin et al 2008).

O leque de áreas das capacidades físicas estudadas na literatura é amplo. Diversas dessas, e suas subclassificações são desenvolvidas no âmbito desportivo como a potência aeróbia, a força máxima, velocidade cíclica, entre outras (Malina 2004, Martin et al 2008, Rowland 2005).

A potência aeróbia é definida como o máximo ponto de obtenção de energia através do metabolismo aeróbio e respectiva captação de oxigênio (Martin et al 2008). Tem fundamental importância para desportos que exigem um longo tempo de execução com ações de alta intensidade e principalmente sem interrupção (Martin et al 2008, Rowland 2005, Weineck 2003).

A força máxima é a capacidade de gerar maior nível de tensão muscular em uma ação motora contra uma resistência (Zatsiorski e Kraemer 2008). Tal manifestação de força apresenta interveniência direta ou indireta nos desportos seja por conta da melhora coordenativa intra-membros ou pela melhora da capacidade de recrutamento de fibras musculares (Zatsiorski e Kraemer 2008, Martin et al 2008). Outro ponto importante relacionado à força é o tempo em que se alcança tal produção de força, o que atualmente é determinante para o desempenho desportivo como um todo (Zatsiorski e Kraemer 2008, Verkhoshanky 2001).



A velocidade cíclica é a capacidade de deslocar o corpo ou um segmento corporal no menor tempo possível entre dois pontos (Martin 2008). Essa manifestação da capacidade física é de suma importância nas modalidades desportivas que requerem ações em tempos curtos com grande aceleração, fato que ocorre na maior parte dos desportos (Weineck 2003, Martin et al 2008).

Do fator morfológico o mais abrangido na literatura é a composição corporal, a qual tradicionalmente é dividida em componentes ou compartimentos (Lohman et al 2013, Arruda e Cossio-Bolaños 2010).

Tais compartimentos, ou componentes, podem ser classificados em componente muscular, componente ósseo, componente adiposo e componente residual (Arruda e Cossio-Bolaños 2010). Todos os componentes apresentam algumas subdivisões dependendo do método, protocolo e ferramenta utilizada para sua mensuração (Lohman et al 2013, Ackland et al 2010, ISAK 2001). Dos quatro componentes supracitados os mais abordados quanto à sua influência no rendimento desportivo são os componentes: ósseo, muscular e adiposo (Lohman et al 2013). A associação entre os componentes de composição corporal e capacidades físicas são recorrentes na literatura quando se trata de atletas de alto rendimento (Krzykala e Leszczynski 2015, Matias et al 2015, Tyka et al 2015).

No entanto ao abordar a população de jovens atletas é necessário atentar a alguns fatores específicos da população tal como a maturação biológica. A maturação biológica é um evento biológico definido como o processo que provoca alterações estruturais e funcionais no indivíduo, finalizando na idade adulta (Malina et al 2004). A maturação biológica ocorre em todos os indivíduos e não apresenta um padrão geral, ou seja, a dinâmica de tal processo é norteadada pela individualidade biológica (Malina et al 2004, Forjaz et al 2009, Queiroz et al 2014). Para identificar a dinâmica da maturação biológica há ferramentas, denominadas Indicadores de Maturação Biológica, aplicáveis a qualquer indivíduo em qualquer fase do desenvolvimento biológico (Malina et al 2004, Queiroz et al 2014). Essas alterações ocorrem de forma assincrônica entre elas provocando possíveis efeitos em diferentes aspectos funcionais, como no desempenho físico, e nos aspectos estruturais, como os componentes de composição corporal, (Malina et al 2004, Ribeiro 2012.). Por ocorrerem de forma assicrônica as alterações nas diferentes capacidades físicas ocorrem da mesma forma.

Sendo assim, faz-se necessário monitorar a maturação biológica para

entender como e quando as alterações funcionais e estruturais ocorrem. Além disso, ao executar uma abordagem sobre a população jovem atleta há a necessidade de verificar o papel da maturação e suas associações com diversos aspectos, entre eles com os componentes de composição corporal e desempenho físico (Malina 2004, Ribeiro 2012, Valente dos Santos 2012).

## 2. OBJETIVOS

---

### *GERAL*

- Verificar as associações entre maturação biológica, composição corporal e desempenho físico na população de jovens atletas.

### *ESPECÍFICOS*

- Verificar se há diferenças nas variáveis de força, velocidade e potência aeróbia nos diferentes estágios de maturação biológica;

- Identificar quais componentes de composição corporal associam-se com as variáveis de desempenho físico ao longo do processo maturacional;

- Averiguar qual o comportamento do desempenho físico ao longo da maturação biológica em jovens atletas;

- Demonstrar a utilidade do Indicador Somático comom ferramenta para identificação da maturação biológica.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

---

#### 3.1 Introdução

A maturação biológica é uma ferramenta imprescindível como parâmetro para estudos em crianças e adolescentes. É definida como um processo sucessivo de alterações estruturais e funcionais que finalizam na idade adulta (Malina et al 2004; Forjaz et al 2009). Existem dois elementos nesse processo: o *Timing*, definido como o momento em que se inicia o processo de maturação biológica, e o *Tempo* definido como a duração desse processo biológico (Malina et al 2004). Ambos não são padronizados cronologicamente e cada indivíduo apresenta uma característica específica (Forjaz et al 2009). (Figura 1)

Contudo, a maturação biológica apresenta diversos indicadores e protocolos de mensuração que são utilizados na literatura e na aplicação prática (Malina R 2004). Cada Indicador de Maturação Biológica (IMB) apresenta características diferentes e elementos específicos como parâmetros norteadores. (Ribeiro 2012, Malina et al 2014).

Ao abordar a população de jovens atletas, a maturação biológica assume um papel relevante tanto no desenvolvimento somático quanto no efeito sobre as demais variáveis que envolvem o treinamento desportivo (Vandendriessch et al 2012, Peylan et al 2014, Malina et al 2011a, Cunha et al 2011).

Da mesma forma na referida população o desenvolvimento somático e a composição corporal corriqueiramente têm sido objeto de estudo na literatura assim como suas diferentes formas de avaliação (Lohman et al 2013, Ryder et al 2012, Carvalho et al 2012). Para tanto, diversos protocolos são aplicados e contém características de utilização independentes entre eles, todavia, com inter-relações entre seus resultados (Ribeiro 2012, Malina et al 2012).

Além da composição corporal e maturação biológica o desempenho físico, e suas diversas manifestações, também é objeto comumente visto em estudos na literatura, haja vista, que predominantemente as modalidades desportivas são dependentes das capacidades físicas otimizadas (Behringer et al 2010, Ribeiro et al 2013, Nikolaidis et al 2012, Faigenbaum et al 2013).

Diante disso as interações e associações entre maturação biológica, composição corporal e desempenho físico apontam alguns caminhos a serem investigados (Couming et al 2014, Mendez-Villanueva et al 2010).

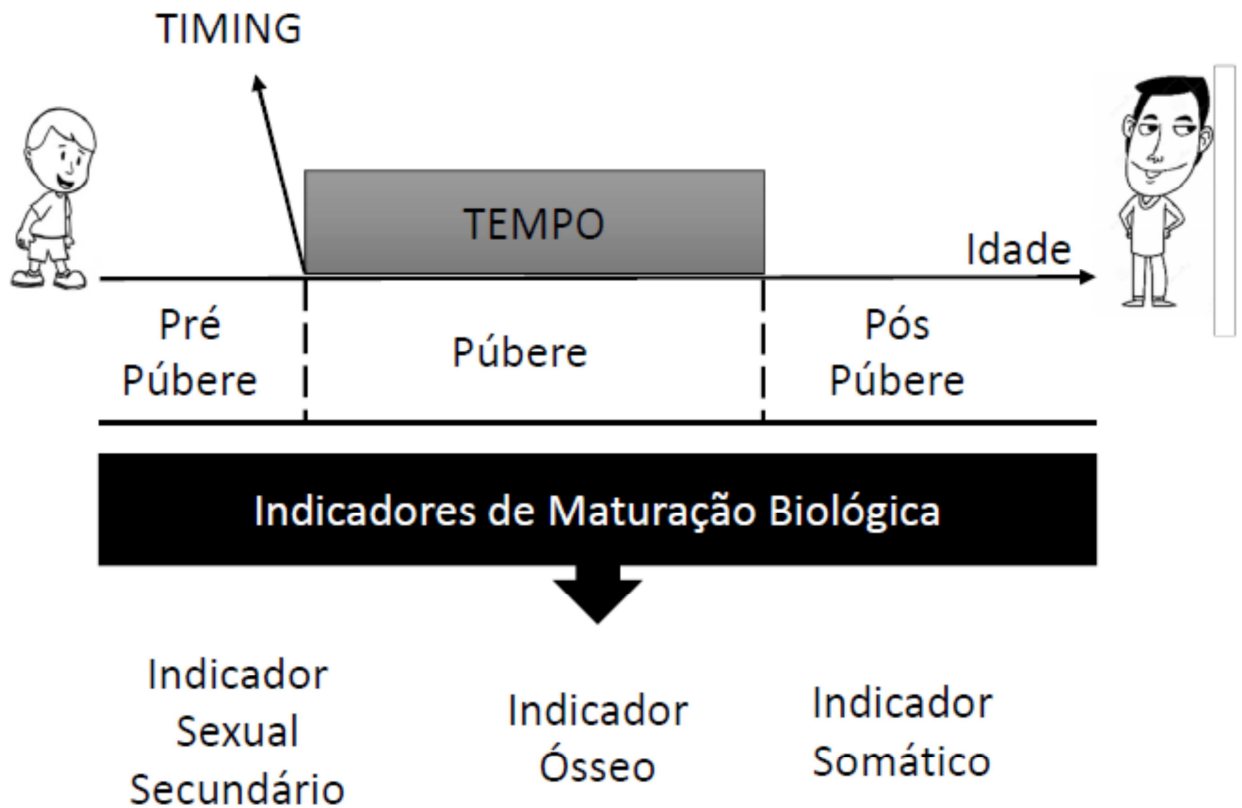


Figura 1: Ocorrência do Timing e Tempo ao longo dos anos e os indicadores de maturação biológica.

### 3.2 Indicadores de Maturação Biológica (IMB)

O processo de maturação biológica apresenta algumas formas de mensuração e/ou classificação através de diferentes IMBs, dentre os quais pode-se destacar: indicadores sexuais secundários, indicadores ósseos e indicadores somáticos (Malina et al 2004, Malina et al 2012, Ribeiro 2012).

**3.2.1 Indicador Sexual Secundário:** Esse indicador foi proposto por James Tanner (Tanner 1962) e permite classificar um indivíduo em estágios durante o processo de maturação biológica. As classificações propostas são: pré púbere (estágio anterior ao *timing*), púbere (após o *timing* e no transcorrer do *tempo*) e pós púbere (após o *tempo*). Os indicadores sexuais secundários de maturação biológica utilizam-se dos

seguintes elementos para obtenção de tal classificação 1) pilosidade púbica; 2) características genitais (exclusivo gênero masculino); 3) características de mamas (exclusivo gênero feminino) (Tanner 1962, Malina et al 2004, Ribeiro 2012). Quanto à pilosidade púbica é observado a característica morfológica dos pelos pubianos e quantidade dos mesmos na região (Tanner 1962). No tocante à genitais (masculino) e mamas (feminino) as características anátomo-morfológicas são os critérios para pontuação e em hipótese nenhuma o tamanho de ambos os elementos (Malina et al 2004, Tanner 1962). Para tal classificação é realizada uma inspeção única e exclusivamente visual das características citadas anteriormente no indivíduo e a partir dela compara-se com as imagens-referências, também chamadas de Pranchas de Tanner (Tanner 1962, Queiroz et al 2014). A partir da inspeção e comparação com as imagens determina-se uma pontuação em uma escala, sem números decimais, que varia de 1 a 6 (Queiroz et al, 2014). Aos indivíduos aplicados a pontuação 1 ou 2 aplica-se a classificação pré-púberes; 3 ou 4 púberes e 5 ou 6 pós-púberes. Em relação ao processo de maturação biológica a transição entre o estágio 2 para o estágio 3 estabelece-se, de forma geral, o *timing* (Tanner 1962, Malina et al 2004). Quando há transição entre os estágios 3 e 4 na classificação de Tanner, em geral, ocorre o maior ganho de estatura do indivíduo conhecido como Pico de Velocidade de Crescimento ou Estirão de Crescimento (Queiroz et al 2014).

Dessa forma os indicadores sexuais secundários são capazes de classificar os indivíduos não só em antes ou depois do *timing* como também durante o *tempo* de maturação em relação ao estágio que se encontram dentro do processo (Tanner 1962, Malina et al 2012, Malina et al 2004).

**3.2.2 Indicador Ósseo:** Os ossos humanos são formados inicialmente por conteúdos cartilaginosos e os mesmos passam por um processo de desenvolvimento e especialização nos quais ocorrem diversas alterações, dentre elas a deposição de conteúdo mineral ósseo. Com o decorrer do tempo o conteúdo ósseo que inicialmente era composto por cartilagem transforma-se em minerais (ossificação) sendo o cálcio o mineral predominante (Malina et al 2004, Ribeiro 2012).

Essas transformações, em grande parte, ocorrem por conta do processo de maturação biológica e dessa forma podem ser utilizadas para determinar o andamento de tal processo (Malina et al 2012, Malina 2011). Assim quanto maior o

depósito de cálcio nos ossos mais avançado o indivíduo é classificado no processo maturacional (Malina et al 2004).

A verificação da ossificação dá-se através de imagem por raio X. Para isto existem diversos protocolos e regiões específicas como coluna cervical, mãos, punhos, tornozelos e pés; contudo, a região das mãos e punhos tem sido utilizada com maior frequência e acurácia em relação às demais (Ribeiro 2012). Dos protocolos que utilizam mãos e punhos os mais aplicados são: Greulich-Pyle (Greulich e Pyle, 1959), Tanner-Whitehouse I, II e III (Tanner, Whitehouse e Healy, 1962; Tanner et al, 1975; Tanner et al 2001) e Fels (Roche et al, 1988).

Os protocolos de indicador ósseo comparam as imagens do raio X do indivíduo com as imagens-referências. As referências são classificadas com números relativos à idade, em anos e decimais, que as imagens representam e assim, por comparação, são atribuídos números equivalentes aos anos que a imagem da radiografia do indivíduo apresenta no quesito ósseo. Por essa razão muitas vezes na literatura clínica o indicador ósseo de maturação biológica também é conhecido por Idade Óssea (Malina et al 2004, Tanner JM et al 1962, Roche et al 1988). Essa idade óssea é relativizada com a idade cronológica do indivíduo (Idade Óssea – Idade Cronológica) para interpretar se o processo maturacional é precoce, normal ou tardio (Malina et al 2004).

**3.2.3 Indicador Somático:** O indicador somático é baseado no pico de velocidade de crescimento (PVC) e foi proposto por Mirwald e colegas (Mirwald et al 2002). Tal indicador consiste na mensuração de variáveis antropométricas, tais como estatura total, estatura tronco-cefálica, comprimento de membros inferiores e massa corporal total, e a partir dessas mensurações os valores são aplicados em uma equação que retorna valores decimais relativos a quantos anos o indivíduo encontra-se do momento de ocorrência do PVC. Esses valores podem ser negativos, o que significa que o PVC ainda ocorrerá, ou positivos, o que significa que o PVC já ocorreu (Mirwald et al 2002, Gomez-Campos et al 2013, Jackowski et al 2012). Os indivíduos podem ser classificados em três categorias de acordo com o indicador somático: 1) PréPVC = valores retornados da equação  $< -1,00$ ; 2) PVC = valores retornados da equação entre  $-1,00$  e  $1,00$ ; 3) PósPVC = valores retornados da equação  $> 1,00$  (Rumpf et al 2014a). Segue a equação proposta por Mirwald e colaboradores (2002) tanto para meninos como para meninas:

MENINOS: Maturity Offset =  $-9,236 + 0,0002708 * (CMMII*ETC) - 0,001663 * (IC*CMMII) + 0,007216 * (IC*ETC) + 0,02292 * (MCT / EST)$

MENINAS:  $-9,376 + 0,0001882 * (CMMII*ETC) + 0,0022 * (IC*CMMII) + 0,005841 * (IC*ETC) - 0,002658 * (IC*MCT) + 0,07693 * (MCT/EST)$

Na qual: IC = Idade Cronológica, CMMII = Comprimento de Membros Inferiores, ETC = Estatura Tronco-Cefálica, MCT = Massa Corporal Total, EST = Estatura Total

Esse método tem sido difundido por conta do baixo custo e a não dependência de exames de imagem (Malina et al 2004). As validações desse método são relatadas na literatura comprovando a eficácia do método e sua reprodutibilidade (Malina et al 2012, Malina et al 2004, Ribeiro 2012, Sherar et al 2004). A aplicabilidade e reprodutibilidade desse método abrange desde estudos voltados para saúde e desenvolvimento biológico (Gomez-Campos et al 2013, Jackowski et al 2012, Miranda et al 2014, Sherar et al 2004) como estudos que apresentam como objeto jovens atletas (Camargo et al 2004, Malina et al 2012, Peylan et al 2014, Torres-Unda et al 2013).

Contudo, através desse indicador não é possível prever o *timing* maturacional, tendo em vista que o PVC ocorre após o *timing* (Malina et al 2014). Em geral a ocorrência do PVC se dá por volta de 13,85 anos para meninos e 11,58 anos para meninas, de acordo com o indicador somático (Sherar et al 2005). Mesmo assim como classificação em anos da ocorrência do PVC e agrupamentos por esse parâmetro o indicador apresenta fidedignidade e validade (Mirwald et al 2002, Sherar et al 2004).

### 3.3 Composição Corporal

A composição corporal, no tocante aos estudos e aplicações, é dividida basicamente em duas formas: 1) quanto aos modelos de estudo; 2) quanto aos métodos de avaliação. Os modelos são divididos em níveis de um a cinco sendo o quinto nível mais amplo e global (o corpo inteiro) e o nível um o mais fragmentado (nível atômico) (Arruda e Cossio-Bolaños 2010). Dos modelos de avaliação de composição corporal o que mais tem apresentado evoluções no decorrer do tempo é o nível quatro denominado de nível tecidual (Arruda e Cossio-Bolaños 2010, Lohman et al 2013).



Para aplicação desses modelos supracitados os métodos utilizados são classificados em diretos e indiretos. O método direto é através da autopsia o que torna inviável realizá-lo *in vivo*. Os métodos indiretos são sub classificados em físicos e químicos (Arruda e Cossio-Bolaños 2010). Dentre essas duas subclassificações de métodos os que apresentam maior evolução, e mais utilizados em jovens atletas, são os físicos. (Arruda e Cossio-Bolaños 2010, Lohman et al 2013).

A seguir será apresentada algumas ferramentas e protocolos para modelos tecidual e métodos físicos indiretos dada a maior utilização desses na literatura e principalmente na população jovem.

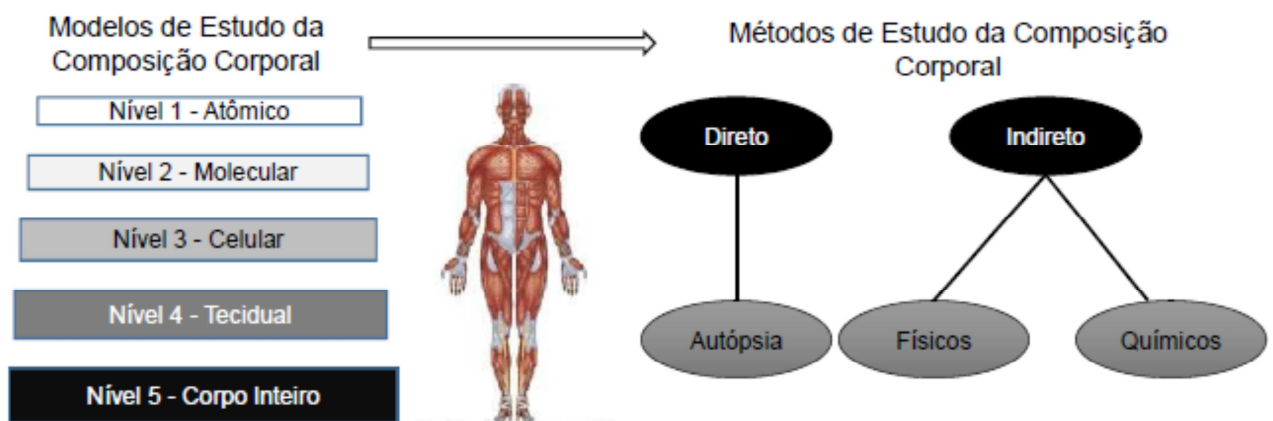


Figura 2: Modelos e métodos de estudo da composição corporal.

**3.3.1 Variáveis antropométricas e dobras cutâneas:** Os modelos que utilizam as variáveis antropométricas como ferramentas para avaliação da composição corporal são os mais difundidos por conta do baixo custo e praticidade das ferramentas. Podem variar desde bi compartimentais a tetra compartimentais (Wong et al 2000). Esses modelos funcionam através de medidas antropométricas, como circunferências, comprimentos e diâmetros de segmentos corporais, e dobras cutâneas em diversas regiões corporais. Tais valores são inseridos em equações previamente estabelecidas para a estimação dos componentes de composição corporal (Boileau 1996, Wong et al 2000). Os segmentos corporais mensurados, assim como as regiões das dobras cutâneas, dependem do protocolo utilizado, pois, há diversas variações de equações e protocolos para tal modelo de estudo da composição corporal (Moreira et al 2012).

Tabela 1: Algumas equações de diversos protocolos de mensuração de composição corporal através de variáveis antropométricas e dobras cutâneas.

| Autor                              | Idade Cronológica de Aplicação da Equação | Equação                                                     |
|------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Parizkova (1961)                   | 9 a 13                                    | $D = 1,108 - 0,027 (\log_{10} TR) - 0,0388 (\log_{10} SE)$  |
|                                    | 13 a 16                                   | $D = 1,130 - 0,055 (\log_{10} TR) - 0,026 (\log_{10} SE)$   |
| Boileau, Lohman e Slaughter (1985) | 8 a 28                                    | $\%G = 1,35 (TR+SE) - 0,012 (TR+SE)^2 - 4,4$                |
| Lohman (1986)                      | 6 a 17                                    | $\%G = 1,35 (TR+SE) - 0,012 (TR+SE)^2 - C$                  |
| Slaughter et al (1988)             | 8 a 29                                    | $\%G = 0,735 (TR+PA) + 1$                                   |
| Johnston et al (1988)              | 8 a 14                                    | $D = 10166 - 0,07 (\text{Log}_{10} \sum 4 \text{ dobras})$  |
| Mukherjee e Roche (1984)           | 6 a 18                                    | $\%G = 12,66 - 0,85 (\text{Idade}) + 1,10 (TR) + 0,53 (PA)$ |
| Westrate e Deurenberg (1989)       | 2 a 18                                    | $\%G = \{[562 - 4,2 (IC - 2)] - D\} - [525 - 4,7 (IC - 2)]$ |

D = Densidade Corporal (Kg/l); %G = Percentual de gordura; Log = Logaritmo;  $\sum 4$  = Soma das dobras cutâneas: bíceps + tríceps + subescapular + supra ilíaca (mm); TR = Dobra Tricipital (mm); PA = Dobra Panturrilha (mm); SE = Dobra Subescapular (mm); C = Constante por idade (4,4; 4,7; 5,0; 5,4 e 5,7 para 10, 11, 12, 13 e 14 anos respectivamente); IC = Idade Cronológica (anos). (Adaptado de Moreira et al 2012).

Contudo, apesar de uma boa alternativa por ser um ferramental de baixo custo a acurácia desse modelo é pequena tanto no Erro Amostral Intraclasse quanto no Erro Amostral Interclasse (Carvalho et al 2012). Além disso as diversas equações existentes para o cálculo da composição corporal são formatadas com amostras de características diferentes e muitas vezes específicas invalidando sua reprodutibilidade para qualquer população em geral (Guedes e Guedes 2006). Todavia, estudos de validação cruzada entre os modelos que utilizam variáveis antropométricas e modelos mais fidedignos, como por exemplo o DEXA, têm sido

difundidos na literatura para atenuar os pontos negativos dos protocolos e ferramentas (Machado et al 2013). Por outro lado, a facilidade desse modelo favorece estudos com grandes populações (Ferrari et al 2013).

**3.3.2 Dual Energy X Ray (DEXA):** O DEXA, abreviatura de Dual Energy X Ray, é um equipamento que funciona com incidência de feixes duplos de raio X (ascendentes e descendentes) inicialmente criado para verificação do componente ósseo (Machado et al 2013, Portella et al 2014). O modelo que utiliza o DEXA como equipamento, aplicando o protocolo *Whole Body*, apresenta a composição corporal em três compartimentos (ósseo, adiposo e livre de gordura) (Machado et al 2013).

A utilização desse equipamento para avaliação de composição corporal tem crescido por conta de sua fidedignidade em especial na população jovem (Lohman et al 2013, Silva et al 2011, Bilsborough et al 2014). Os diversos estudos aplicados a jovens têm como objeto tanto a relação da composição corporal com a saúde (Garcia-Marco et al 2012, Silva et al 2011, Olmedillas et al 2011, El Hage et al 2013, Going et al 2010) assim como sua relação com o desempenho físico-motor (Chaari et al 2013, Portella et al 2014, Carvalho et al 2013). Apesar de utilizar-se de Raios X as incidências dos mesmos são consideradas baixas (0,01mSv) o que possibilita aplicações sem prejuízo à saúde (Portella et al 2014, Lohman et al 2013).

O componente de massa livre de gordura tem sido investigado para verificar suas relações com o desempenho físico em diversos esportes como manifestação da força (Portella et al 2014) e volume muscular e rendimento desportivo (Carvalho et al 2013a). Por outro lado, o componente adiposo permeia tanto o desempenho físico quanto aspecto de saúde relacionando tal componente com queda de performance ou fatores associados à sobrepeso e obesidade (Wong et al 2000, El Hage et al 2013). Já o componente ósseo tem sido utilizado para relações quanto á desempenho físico (Portella et al 2014), como também a adaptações geradas no tecido por conta da atividade desportiva (Silva et al 2011, Chaari et al 2013, Olmedillas et al 2011), assim como suas relações com variáveis de saúde (El Hage et al 2013).

A atenção ao componente ósseo vem aumentando especialmente quando a população avaliada é de jovens atletas. A necessidade de saber quais fatores interferem positivamente ou negativamente nesse componente, em especial nessa

população, é de suma importância e para isso o DEXA tem sido o equipamento mais indicado (Bilsborough et al 2014, Olemdillas et al 2011, Chaari et al 2013, Portella et al 2014, Carvalho et al 2013a, Silva et al 2011, El Hage et al 2013, Going et al 2010).

**3.3.3 Bioimpedância:** A Bioimpedância consiste na passagem de correntes elétricas alternadas através do corpo mensurando o fluxo de passagem dessas correntes nos tecidos corpóreos. O tecido muscular por conter eletrólitos e mais água que os tecidos ósseos e adiposo são bons condutores de eletricidade gerando menos resistência, valores de refração e fluxo diferentes dos demais tecidos. Dessa forma por respostas diferentes dos tecidos é possível quantificá-los (Jackson et al 2013, Horan et al 2014).

A Bioimpedância apresenta discordâncias quanto a acurácia na mensuração dos componentes de composição corporal. Alguns estudos relatam tendência a subestimar o componente adiposo, tanto subcutâneo quanto visceral, quando comparado com DEXA e Ressonância Magnética, tanto no modelo tetra polar como o modelo bipolar de bioimpedância (Wang et al 2013, Pietilainen et al 2013, Lyra et al 2014, Gaba et al 2014, Velásquez-Alva et al 2014). A tendência da bioimpedância de superestimar o componente livre de gordura também é relatada, seja multi frequência ou mono frequência, comparada com o DEXA e ressonância magnética com diferenças significantes ( $p < 0,001$ ) entre os valores médios de comparação (Gaba et al 2014, Lyra et al 2014, Velásquez-Alva et al 2014)

Por outro lado, alguns relatos na literatura sugerem que a bioimpedância pode ser utilizada com relativa acurácia tanto para mensuração do componente adiposo quanto do componente livre de gordura (Meredith-Jones et al 2014, Jackson et al 2013).

**3.3.4 Ressonância Magnética (RM):** A RM funciona com a criação de um campo magnético alinhando os prótons que orbitam o núcleo celular gerando um vetor magnético. O alinhamento combinado com a emissão de ondas de rádio leva à criação de outro vetor resultando múltiplos pulsos, os quais são utilizados para criar imagens através deles (Horan et al 2015). Por conta da metodologia do RMI não fazer uso de raio X é muito bem indicado principalmente para crianças e adolescentes (Berger et al 2002).

A RM tem uma precisão nas medidas consideradas padrão ouro especificamente para o componente muscular na composição corporal (Lee et al 2013). A eficácia do RM também é comprovada no tocante a diferenciação de tecidos adiposos, visceral e subcutâneo, obtendo classificação padrão ouro também (Horan et al 2015).

Contudo, quando a RM é utilizada para verificação de modificações longitudinais de composição corporal após intervenções, seja com objetivo de perda de tecido adiposo, ou seja, para melhoria de desempenho físico, parece apresentar uma baixa confiabilidade com diferenças significantes ( $p < 0,001$ ) entre seus valores e de outros equipamentos também padrão ouro o que pode torna-la menos indicada para acompanhamentos dessa natureza (Lee et al 2013, Horan et al 2015, Berger et al 2002, Samara et al 2012).

**3.3.5 Pletsmógrafo:** O pletsmógrafo é baseado na diferença de pressão exercida nos tecidos corporais em uma câmara hermeticamente fechada, de acordo com a lei da física de Boyle-Mariotte (Crie et al 2011). Para tanto o indivíduo deve ficar em apneia inspiratória para que não haja diferença na pressão interna do mesmo durante a avaliação (Horan et al 2014).

O pletsmógrafo tem sido utilizado como ferramenta em estudos com objetivos de verificação de massa gorda e massa magra (bi compartimental) em diversas população pediátricas e hebiátricas (Crook et al 2012, Cairney et al 2011, Wells et al 2011). Entretanto, alguns estudos, como o de Ewane et al, aponta que a aplicação do pletsmógrafo para a população pediátrica, em especial, apresenta sérias limitações quando comparado a outras ferramentas (Ewane et al 2010).

A literatura tem relatado que o pletsmógrafo tende a subestimar o componente adiposo em indivíduos classificados como baixo peso ou superestimar em indivíduos classificados como sobrepeso/obeso pelo Índice de Massa Corporal (Lowry et al 2015). Para mensuração da massa gorda há indicação de outros equipamentos quando comparado ao pletsmógrafo por conta de acurácia nesse componente (Crook et al 2012).

**3.3.6 Outras ferramentas:** Existem outras diversas ferramentas para verificação da composição corporal algumas muito difundidas como o Índice de Massa Corporal, a qual na verdade é definida pela Organização Mundial de Saúde como uma

ferramenta de classificação de estado nutricional (WHO 2012) e também adquire função de composição corporal a partir do momento que com a relação da massa corporal total pela estatura ao quadrado determina-se o excesso de peso ou obesidade (tecido adiposo) por conta de uma relação das variáveis supracitadas (Horan et al 2014) .

Outra ferramenta, em processo de desenvolvimento e aperfeiçoamento, é o BODY SCANNING 3D que através de um scanner em três dimensões calcula-se o volume do indivíduo e a densidade corporal aplicando assim equações para o cálculo da composição corporal bi compartimental (componente adiposo e componente livre de gordura) (Ryder et al 2012).

A tomografia computadorizada também tem sido difundida dada sua acurácia para os tecidos corporais por conta da aplicação de raios X em três eixos ao invés de apenas dois eixos como DEXA (Horan et al 2014). Contudo, em crianças e adolescentes a alta incidência de raios X o torna inviável para acompanhamento clínico, principalmente longitudinal (Zemel et al 2011).

### **3.4 A maturação biológica como fator interveniente na composição corporal e no desempenho físico em jovens atletas**

#### **3.4.1 *Composição Corporal***

A composição corporal do jovem atleta sofre transformações com o advento da maturação biológica como o incremento do tecido muscular (Armstrong et al 2011b) apresentando relação direta e positiva com a massa livre de gordura e da mesma forma com a somatotipia para mesomorfia x maturação biológica (Nikolaidis et al 2011). Os maturadores precoces tendem a apresentar maior quantidade de massa muscular em relação aos maturadores normais ou tardios de mesma idade cronológica (Armstrong et al 2011b). Uma das causas do aumento da massa muscular durante a maturação é o aumento na taxa de secreção de testosterona total (Malina et al 2004) bem como o aumento de IGF-1 e a diminuição de SHBG acoplada na testosterona aumentando a quantidade de testosterona livre circulante (Campbell et al 2005).

O tecido ósseo também é influenciado pela maturação demonstrando um aumento constante na densidade mineral óssea ao longo do processo (Jurimae et al

2010). O ganho de massa óssea apresenta seu maior aumento nas meninas no momento da menarca independente da prática ou não de atividade física (Maimoun et al 2013). Um indivíduo após o *timing* acumula duas vezes mais conteúdo mineral quando comparado a indivíduos que estão no estágio pré púbere (Markou et al 2010). Em estudo realizado com meninas pré menarca e pós menarcas a diferença na quantidade de cálcio e a consequente remodelação óssea mostrou-se significativa ( $p < 0,001$ ) e o principal fator preditor foi a maturação biológica (Klentrout et al 2011). A remodelação óssea durante a maturação biológica ocorre por conta de processos anabólicos, os quais são regulados pelo IGF-1 e GH (Simmons et al 2011) e os hormônios sexuais, em especial o estradiol, os quais determinam o incremento de conteúdo mineral ósseo (Veldhuis et al 2005).

O tecido adiposo apresenta alteração com a maturação sendo que nos meninos sofre diminuição e nas meninas o processo inverso quanto ao seu percentual corporal (Cintra et al 2013). Quando classificados pela somatotipia a endomorfia em jovens atletas do gênero masculino, com o avanço do processo maturacional, há uma diminuição nos valores (Nikolaidis et al 2011). Valores de IMC aumentam naturalmente com o advento do crescimento físico e maturação, contudo, com o processo de maturação biológica pode haver a transição da eutrofia para o sobrepeso e até mesmo obesidade dependendo da demanda ou não de atividade física (Coelho-e-Silva et al 2013, Biro et al 2012).

Essas alterações ocorrem por conta do aumento da secreção dos hormônios sexuais no período da maturação biológica (Tingaard et al 2012). Tais alterações se dão de forma distinta entre os gêneros principalmente pela diferença dos hormônios sexuais de cada gênero o qual no caso dos meninos é a testosterona cuja consequência é aumento de massa livre de gordura (Tingaard et al 2012). Além das alterações quantitativas de tecido adiposo a topografia do mesmo varia entre meninos e meninas, pois, com o aumento na quantidade do tecido adiposo durante a maturação os quimiorreceptores ativos em maior quantidade nas meninas localizam-se na região das glândulas mamárias e glútea, enquanto que nos meninos na região abdominal e visceral (Veldhuis et al 2005).

Em jovens portugueses a maturação biológica foi o principal fator preditor também das variáveis antropométricas quando comparada com outros fatores, como atividade física, gênero (Silva et al 2014). Variáveis como massa corporal total,

estatura total, estatura tronco-cefálica, comprimento de membros inferiores, IMC e percentual de gordura sofrem interferência da maturação biológica (Mendez-Villanueva et al 2010, Van Den Berg et al 2012, Vieira et al 2013). Em jovens futebolistas com idade cronológica igual, porém, estágio maturacional discrepante apresentam diferenças nas variáveis antropométricas, demonstrando assim a influência da maturação biológica (Matta et al 2014). Tais alterações nas variáveis antropométricas principalmente relacionadas ao crescimento tem influência do aumento no comprimento dos ossos longos regulado principalmente por GH e IGF-1 (Veldhuis et al 2005).

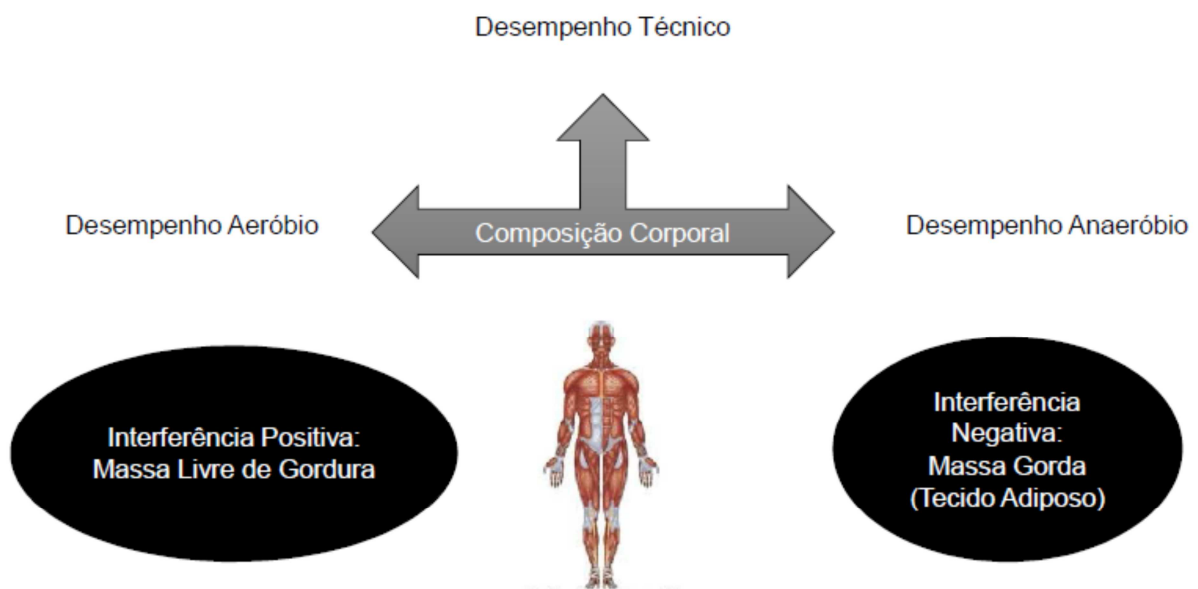


Figura 3: Possíveis interferências da composição corporal no desempenho desportivo.

#### **3.4.2 Aptidão Física Desportiva Geral (AFDG)**

Quando a questão do desempenho físico-motor é abordada de forma geral em um determinado desporto o processo de maturação biológica apresenta influência (Malina et al 2011b, Till et al 2013, Vandendriessch et al 2012). Essa influência não só ocorre em atletas como também em indivíduos não atletas (Rodrigues et al 2010). A consolidação dos contributos da performance física ocorre no período da adolescência até seu final, período esse marcado pela maturação biológica (Faingenbaum et al 2013, Portella et al 2011).



Em diversos desportos a precocidade na maturação é tida como vantagem momentânea principalmente para os atletas masculinos enquanto que para outros desportos; como ginástica artística, patinação no gelo e até mesmo balé; a maturação tardia torna-se momentaneamente vantajosa principalmente para as meninas (Malina et al 2011c; Torres-Unda et al 2013). Maturadores precoces apresentam melhores rendimentos na AFDG no futebol, por exemplo, contudo esse padrão nem sempre é relatado ao final do processo maturacional (Meylan et al 2014a) da mesma forma no tênis atletas maturadores precoces que apresentam resultados superiores não mantêm esse comportamento até o final do processo maturacional (Van Den Berg et al 2012). Em geral os maturadores precoces que apresentam vantagens desportivas em estágios iniciais não obtém sucesso ao final do processo de formação não atingindo o alto rendimento (Weineck 2003). Dessa forma é importante acompanhar a maturação biológica tanto no *timing* quanto no *tempo* durante todo o processo a AFDG dos indivíduos (Meylan et al 2014a).

No caso do futebol as diversas variáveis de rendimento que compõem a AFDG são influenciadas pela maturação biológica (Fragoso et al 2014, Philippaerts et al 2006). Não só nos componentes físicos como também nos componentes técnicos há melhores resultados em indivíduos com o decorrer dos anos e estágio maturacional avançado em relação aos indivíduos em estágios anteriores (Malina et al 2011b; Vanttinen et al 2010, Valente-Dos-Santos et al 2012). Em tenistas jovens a AFDG também demonstrou melhora ao longo do processo maturacional (Sannicandro et al 2014).

A questão da AFDG é bastante influenciada pelas relações hormonais principalmente testosterona nos meninos. Em estudo com atletas brasileiros de futebol a testosterona apresentou-se como a variável de maior contribuição para variáveis físico-motoras (Moreira et al 2013).

No tocante a seleção de futuros atletas a identificação do estágio de maturação biológica é de grande importância para que se minimizem erros quando forem observados os aspectos de desempenho físico-motor geral (Gonçalves et al 2012).

Além da questão de melhora da AFDG os pós púberes, ou os indivíduos que se encontram em um momento pós PVC, apresentam um destreinamento

menos acentuado em comparação com os demais indivíduos principalmente nos quesitos de força e velocidade (Peylan et al 2014). Entretanto o desenvolvimento da AFDG requer cuidados quanto às magnitudes de cargas de treino e *overuse* principalmente em indivíduos que estejam no momento de ocorrência do PVC, pois, tendem a ficarem mais suscetíveis a lesões por repetições associadas a altas magnitudes (Van Der Sluis et al 2014).

Cada modalidade desportiva tem sua especificidade física o que reflete na composição corporal de seus praticantes (Silva et al 2013). Quando comparado o futebol com o judô jovens atletas de ambas as modalidades apresentam características morfológicas distintas como quantidade de massa livre de gordura e índice de massa corporal, maior em judocas, e quantidade de gordura corporal, menor em jovens futebolistas (Tirik et al 2013). Entre jovens ciclistas e futebolistas os ciclistas apresentam uma massa corporal total menor assim como a estatura total a massa livre de gordura (Galanti et al 2015). Quando a comparação é feita entre desportos coletivos de quadra (basquete, futsal, handebol e voleibol) ainda assim as diferenças ocorrem como maior índice de massa corporal em jovens basquetebolistas (Silva et al 2013)

### **3.4.3 Demanda energética**

Crianças e adolescentes utilizam mais ácidos graxos como fonte de energia em detrimento ao glicogênio muscular muito por conta da baixa capacidade de estocagem de glicogênio muscular e/ou limitação da capacidade glicolíticas (Jeukendrup et al 2011). Entretanto, a taxa de oxidação de ácidos graxos, que anteriormente ao *timing* é alta, apresenta um decréscimo com o decorrer do processo maturacional, ou seja, conforme o indivíduo avança no processo sua capacidade de oxidação de ácidos graxos diminui por conta da especialização e desenvolvimento das demais vias metabólicas (Zakrzewski et al 2011). Essa taxa de oxidação reduzida pode acometer indiretamente o processo de homeostase por conta de possíveis alterações endócrinas pelas quais o tecido adiposo é responsável (Maimoun et al 2014). Tanto a grelina quanto a adiponectina têm mostrado importante papel como regulador metabólico e sua dinâmica dependente da maturação biológica (Jurimae et al 2014). Exercícios de resistência com duração de 3 min monitorados por ressonância magnética e fósforo marcado ( $P^{31}$ ) demonstraram um comportamento predominante do metabolismo aeróbio como via

primária de obtenção de energia em pré púberes e menor ativação da creatina-quinase concomitante, contudo, nos indivíduos pós púberes o comportamento ocorre inversamente (Tonson et al 2010).

O avanço da maturação biológica implica em melhoras no sistema glicolítico por conta da especialização dos tecidos, porém, não há um ponto de corte específico para prever o momento em que o desempenho glicolítico será desenvolvido e potencializado nos jovens atletas (McNarry et al 2011). É sabido a influência da maturação no consumo de glicogênio durante o exercício físicos de diferentes intensidades, contudo, o efeito exato em termos de quantificação, ainda não é bem sabido devido à adaptação individual (Philips et al 2012), por conta disso faz-se necessário o monitoramento da maturação biológica para controle de desempenho físico.

#### **3.4.4 Potência Aeróbia**

A maturação biológica interfere positivamente nos parâmetros aeróbios tanto no pico de compensação respiratório quanto no VO<sub>2</sub>max (Armstrong et al 2011a). Jovens brasileiras do sexo feminino apresentaram como principal fator de interveniência para a predição do VO<sub>2</sub>max absoluto a maturação biológica (Ribeiro et al 2013). Da mesma forma atletas de basquetebol demonstraram grande influência do processo maturacional no incremento dos valores da potência aeróbia (Carvalho et al 2013b). Remadores de mesma idade cronológica e classificados como maturadores precoces e tardios apresentaram diferenças significantes ( $p < 0,001$ ) nos valores absolutos de potência aeróbia resultando em valores maiores para o grupo de maturadores precoces (Mikulic et al 2011). Independente do protocolo de avaliação dos parâmetros aeróbios (teste de campo ou laboratório) a correlação entre potência aeróbia e maturação biológica apresenta-se forte para jovens atletas (Hamlin et al 2014).

Essas melhoras explicam-se, basicamente, pelo fato de que há o aumento no número de hemoglobinas (desenvolvimento biológico) e simultaneamente aumento do volume sistólico e capacidade respiratória (aumento no tamanho dos órgãos) durante o processo de maturação (Armstrong et al 2011b, Erceg et al 2011). Quanto à resposta hemodinâmica e controle autonômico na

recuperação após atividade aeróbia máxima a maturação demonstrou discreta influência em indivíduos treinados (Bucheit et al 2011).

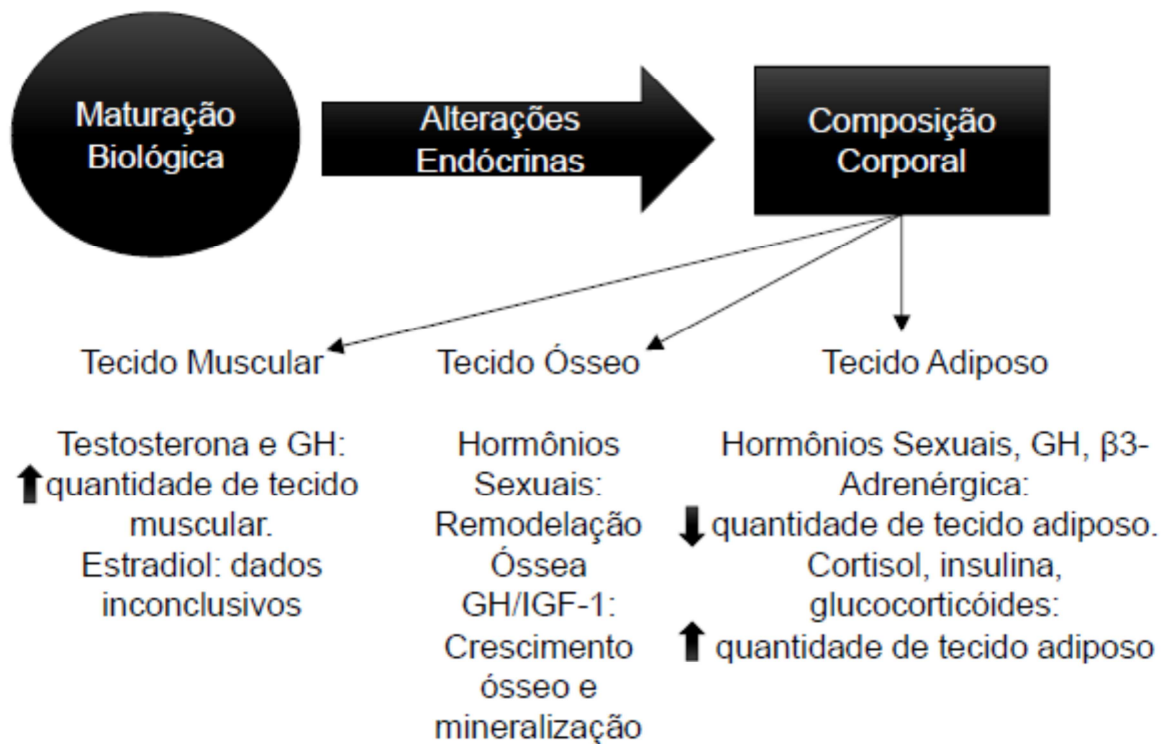


Figura 4: Alterações endócrinas e suas interferências na composição corporal oriundas da maturação biológica.

Esses incrementos significantes nos parâmetros aeróbios são encontrados em valores absolutos, todavia, quando há o ajuste dos valores pela massa corporal total essas diferenças tendem, em alguns casos, a não serem significantes mesmo sob o efeito da maturação biológica (Cunha et al 2011).

As variáveis antropométricas e de composição corporal; tais como estatura total, massa corporal total e percentual de gordura; apresentam relações com o rendimento aeróbio em jovens (Ribeiro et al 2013). Tal variável de desempenho apresenta dependência dos componentes de composição corporal em jovens atletas (Burdukweicz et al 2013).

A massa corporal total é descrita como fator de explicação na performance da potência aeróbia em jovens atletas (Cunha et al 2012), contudo

seus componentes separadamente demonstram contribuições distintas (Tirik et al 2013).

A massa livre de gordura, juntamente com variáveis antropométricas, apresenta influência no desempenho aeróbio em jovens atletas de basquetebol (Carvalho et al 2013b). Tanto em jovens futebolistas quanto judocas a massa livre de gordura também apresenta relação positiva com a potência aeróbia (Tirik et al 2013). Tal componente de composição corporal apresenta relação proporcional com a melhora da potência aeróbia e pico de compensação respiratória em atletas jovens (Bucheitt et al 2011). Mesmo comportamento é observado em jovens futebolistas nos quais a massa livre de gordura contribuiu para a melhora da resistência aeróbia (Valente Dos Santos et al 2012). Em estudos com jovens atletas de futebol portugueses a combinação da massa total de membros inferiores com os componentes de massa corporal muscular foi o melhor descritor para as variações do VO<sub>2</sub>max durante a adolescência (Valente Dos Santos et al 2015).

A massa corporal adiposa aumentada apresenta relação negativa com o desempenho aeróbio em jovens atletas (Tirik et al 2013). Por outro lado, o percentual de gordura, em valores médios, pode aparecer como um contributo para o desempenho da potência e resistência aeróbia em jovens atletas, haja vista, a maior taxa de oxidação de lipídeos principalmente nos pré púberes (Hamlin et al 2014; Zakrzewski et al 2011).

A melhora nos processos glicolíticos é um dos fatores explicativos da relação entre massa livre de gordura e resistência aeróbia, haja vista, que quanto maior a massa livre de gordura melhor os estoques de energia via glicolítica, sendo esse um importante substrato energético para o desempenho aeróbio (Mcnarry et al 2012, Philips et al 2012)

### **3.4.5 Força**

Na literatura a maturação biológica frequentemente é associada com o aumento nos valores absolutos da força em jovens atletas (Behringer et al 2010).

A manifestação de força, no regime de trabalho isocinético, sofre interveniência do processo maturacional, além de outros fatores (Carvalho et al 2011b). Tanto nas diversas ações musculares (concêntricas e/ou excêntricas)

quanto nos diferentes grupos musculares a maturação biológica exerce influência na manifestação da força (Mark et al 2012).

Da mesma forma a força, exercida no regime de trabalho muscular isométrico, apresenta melhoras durante o processo maturacional (Nikolaids et al 2012a). Atletas de wrestler pré púberes e púberes foram comparados quanto à força máxima isométrica e os púberes apresentaram valores de pico de força melhores ( $p < 0,05$ ) (Gerodimo et al 2013). Ao analisar a taxa de desenvolvimento de força em jovens atletas evidencia-se o efeito positivo da maturação biológica muito por conta de fatores neurais e melhora do *stiffness* tendíneo (Dotan et al 2013). Além disso as enzimas glicolíticas tem relação direta com a maturação biológica e consequentemente o aumento da força durante a adolescência, (Armstrong et al 2011b). As interações entre massa livre de gordura e força isométrica também são significantes ( $p < 0,01$ ) em jovens atletas de futebol (Nikolaids et al 2012a). Garotos com valores de massa livre de gordura menores demonstram menor taxa de desenvolvimento de força que garotos com maior massa livre de gordura (Dotan et al 2013).

Em aplicações de força no regime de trabalho isocinético a massa livre de gordura e a área de secção muscular transversa não apresentam fortes correlações em jovens pré púberes, todavia, essa relação altera-se na pós-puberdade (De SteCroix et al 2013).

A potência muscular sofre aumento linear, baseado em escalas alométricas, durante a adolescência e consequente maturação biológica (Carvalho et al 2011a). Em estudo de Carvalho et al (Carvalho et al 2011c) o fator primário de explicação para testes de potência muscular de campo em atletas de basquetebol foi a maturação seguida de variáveis antropométricas e idade cronológica. Em atletas que executaram testes de força de membros inferiores no regime de trabalho muscular balístico a maturação também teve forte influência positiva no desempenho (Meylan et al 2014).

Indivíduos que se encontram em estágios maturacionais avançados, como no período de ocorrência do PVC e período pós PVC, apresentam uma treinabilidade maior em comparação aos indivíduos pré PVC para força máxima e força explosiva (Peylan et al 2014) e da mesma forma demonstram melhor aptidão

para treinamentos resistidos que tenham como objetivo incremento de força (Ratel et al 2011).

Com o avanço do processo maturacional os indivíduos tornam mais eficaz a regulação do *stffness* e melhoram o controle e ativação do sistema neuromuscular, como a relação dos músculos agonistas e antagonistas em ações motoras específicas (Lazzaridis et al 2013). Além do stiffness o comprimento de músculos, tendões e fascículos aumentam proporcionalmente durante a maturação promovendo uma melhora funcional, contudo, a área de secção transversal muscular atinge seu ápice apenas na idade adulta (O'Brien et al 2010).

### **3.4.6 Velocidade**

Os efeitos da maturação biológica na velocidade em jovens atletas são menos estudados que em outras variáveis físicas na literatura (Rumpf et al 2011).

Indivíduos em estágios maturacionais anteriores apresentam um tempo de execução de *sprints* cíclicos de 30m menor quando comparados aos indivíduos em estágios mais avançados (Rumpf et al 2014a). Comparações entre grupos pré PVC, PVC e pós PVC demonstraram diferenças causadas pelo efeito do processo maturacional. Os tempos deslocamento em 30m do grupo pós PVC são significativamente melhores ( $p < 0,05$ ) que nos demais grupos e o grupo no PVC foi significativamente melhor que no pré PVC ( $p < 0,05$ ) (Rumpf et al 2013).

Atletas agrupados por estágio de maturação demonstraram diferenças significantes ( $p < 0,05$  à  $p < 0,01$ ) nas velocidades médias em trechos de 10m, 20m, e 30m sendo que o grupo mais avançado na questão maturacional obteve resultados melhores (Mendes-Villanueva et al 2010). Tanto em sprints simples quanto em múltiplos sprints jovens atletas de futebol, classificados como maturadores avançados, apresentam resultados melhores em testes de campo (Valente-Dos-Santos et al 2012). Ao verificar tanto a capacidade de aceleração quanto a velocidade máxima, ambos os componentes demonstram melhoras durante o processo de maturação biológica ( $p < 0,05$ ) e forte correlação sendo a maturação utilizada como fator de ajuste para comparação de performance desportiva entre indivíduos nessas variáveis (Mendez-Villanueva et al 2011).

Indivíduos que se encontram no período pós PVC apresentam melhores adaptações ao treinamento de velocidade em comparação aos demais indivíduos de outros estágios maturacionais (Peylan et al 2014). O método de treinamento de velocidade com lastro tracionado, por exemplo, pode ser de grande valia para o desenvolvimento dessa variável física-motora, contudo, atletas no período do PVC ou pós PVC apresentam melhores respostas ao método principalmente por fatores morfológicos e neuromusculares (Rumpf et al 2014c).

Tanto a potência na ação concêntrica como na ação excêntrica são as variáveis que mais explicam a melhora de performance da velocidade de indivíduos em estágios maturacionais avançados, ou seja, o ciclo alongamento-encurtamento desses indivíduos está melhor desenvolvido para executar tais tarefas assim como o aumento da massa livre de gordura (Valente dos Santos et al 2012; Rumpf et al 2013). Jovens velocistas Afro-Caribenhos apresentaram melhores resultados em sprints de 30m com o avançar do processo maturacional e os fatores determinantes para essa melhora foram o comprimento e número de passadas nesse trecho ao mesmo tempo em que a técnica de corrida apresentou deterioração em relação aos estágios maturacionais anteriores (Copaver et al 2012). A assimetria bilateral na aplicação de força de membros inferiores em *sprints* oscila de acordo com o advento da maturação e sua variação durante o processo de maturação é por volta de 15 - 20% (Rumpf et al 2014b).

Com o aumento da massa corporal livre de gordura há o aumento proporcional da potência anaeróbia demonstrando relação entre elas (Mikulic et al 2011; Valente dos Santos et al 2012). O incremento de tecido muscular na adolescência gera aumentos proporcionais na performance em testes de sprints cíclicos em 10 metros assim como em testes de potência muscular (Vanttinen et al 2010). Em alguns modelos de regressão a variável determinante para sprints de 20 metros em jovens atletas é a massa corporal total, com relações positivas (Malina et al 2011). Dos componentes de composição corporal o componente de massa muscular foi o que obteve correlação mais forte e significativa ( $p < 0,01$ ) entre jovens atletas de futebol com valores de  $R^2$  de 0,37 e 0,57 para a variável de velocidade cíclica, sprint de 9,1m e 36,6m respectivamente (Amonette et al 2014). Para sprints de 20 metros em jovens atletas a massa corporal adiposa aparece com relações negativas em modelos de regressão (Malina et al 2011). Da mesma forma a massa



corporal adiposa apresenta relação inversa com o desempenho da velocidade cíclica em 10m para jovens atletas (Vanttinen et al 2010).

### **3.4.7 Fatores Biomecânicos**

A maturação biológica interfere de forma não linear nas alterações biomecânicas, ocorrendo em maior magnitude no momento do PVC (Ford et al 2010b). Aspectos articulares (ex.: *stiffness* de tornozelos, joelhos e quadris) são de grande importância para desempenho desportivo e prevenção de lesões (Ford et al 2010a). Com o decorrer do processo maturacional as características biomecânicas dos indivíduos alteram-se em especial o *stiffness* de tendão patelar e readaptação de tornozelo e quadril em diversas ações motoras (Ford et al 2010a).

Estudos realizados com protocolos de saltos profundos relataram que no momento de contato com o solo indivíduos próximos e/ou no estirão de crescimento apresentaram um ângulo maior de abdução do joelho, principalmente nas meninas (Ford et al 2010b). Tais abduções e rotações tibiais podem aumentar o risco de lesão do ligamento cruzado anterior na população púbere e pós-púbere feminina (Kim et al 2014), por outro lado os indivíduos pós púberes demonstram melhor absorção da força no contato com o solo (Sigward et al 2012).

A extensão epifisária da cabeça do fêmur aumenta significativamente ( $p<0,05$ ) de acordo com o processo maturacional assim como alguns ângulos específicos da articulação do quadril também sofrem alteração no processo biológico (Kienle et al 2012). Dessa forma a ocorrência da puberdade gera alterações no padrão de movimento funcionais obrigando assim ao indivíduo criar adaptações biomecânicas (Paszkevicz et al 2013).

No futebol, indivíduos pós-púberes demonstraram uma velocidade final do pé maior no momento do chute por conta de um melhor momento-força de flexão de quadril e extensão de joelhos em relação aos indivíduos pré-púberes (Lyle et al 2011).

Com o decorrer do tempo os indivíduos tornam mais eficaz a regulação do *stiffness* e melhoram o controle e ativação do sistema neuromuscular com o aumento da massa livre de gordura, assim como, a relação dos músculos agonistas e antagonistas em ações motoras específicas (Lazzaridis et al 2013). Além do

stiffness o aumento no comprimento de músculos, tendões e fascículos promovem uma melhora funcional (O'Brien et al 2010).

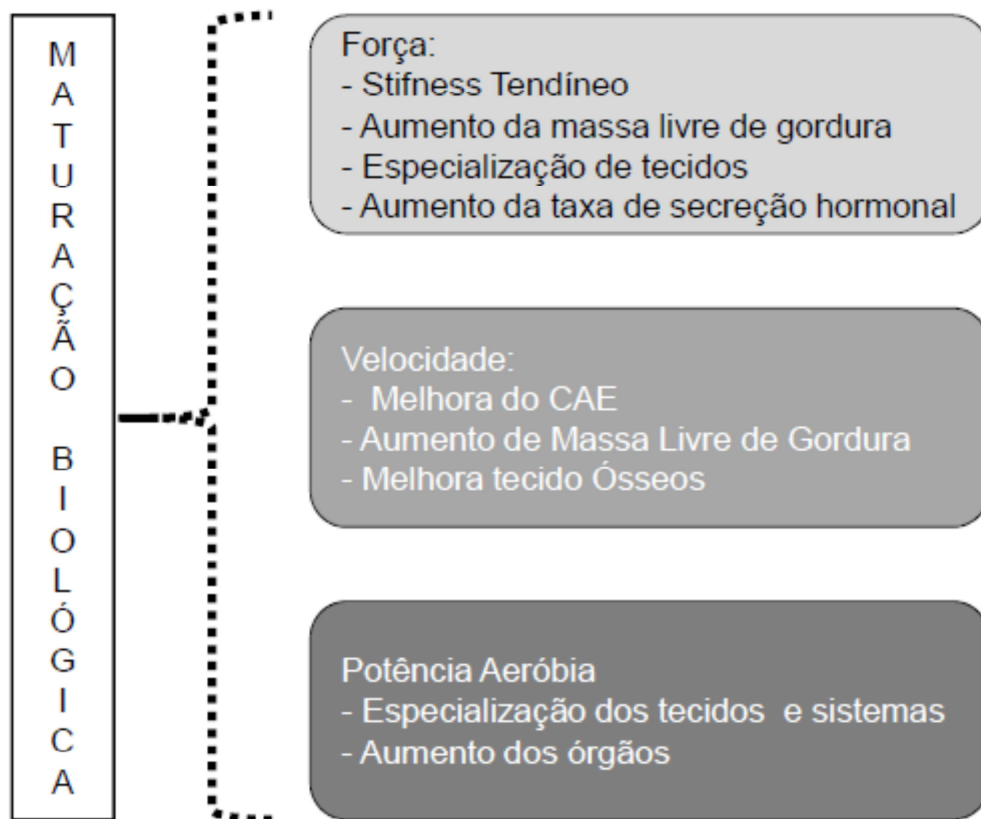


Figura 5: Interveniências da maturação biológica nas capacidades de desempenho físico.

É necessário atentar para a heterogenia do desenvolvimento e crescimento do tecido ósseo e muscular durante a maturação biológica. O tecido ósseo atinge o crescimento e desenvolvimento final antes do tecido muscular, fato esse frequentemente relatado como possível causa de perturbação biomecânica e perda de funcionalidade (Lloyd et al 2014). Dessa forma o padrão específico de gestos desportivos também pode sofrer alteração com a maturação biológica (Sigward et al 2012).

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

---

### **4.1 Amostra**

A amostra foi composta por indivíduos do sexo masculino ( $N = 206$ ; Idade Cronológica =  $14,69 \text{ anos} \pm 2,31 \text{ anos}$ ) atletas de futebol de um clube de primeira divisão do estado de São Paulo, Brasil. O estudo caracterizou-se por um estudo experimental transversal.

### **4.2 Inclusão e exclusão**

Inclusão: 1) estar devidamente inscritos na respectiva federação; 2) terem um contrato vigente com o clube colaborador com a pesquisa; 3) terem retornado com resposta positiva o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) assinado e autorizado pelo responsável; 4) não apresentarem nenhuma queixa de doença ou lesão instalada no momento das coletas que possam inviabilizar tal procedimento.

Automaticamente foi considerado excluído o indivíduo interromper o contrato ou vínculo com a federação e/ou clube; ou apresentar lesão / queixa incapacitante de realizar os testes físicos.

Desde o início das coletas até a finalização não houve desistências de sujeitos. O estudo teve aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Municipal de São Caetano do Sul sob protocolo nº 41232214.2.0000.5510 (Anexo 1).

### **4.3 Técnicas e procedimentos**

Para a coleta dos dados seguiu-se uma ordem pré-estabelecida e dias diferentes para os testes (Figura 6), porém, mesmo horário de coleta (período da manhã). Para as variáveis de desempenho físico, V10, V40 e PAER; foi utilizado o próprio local de competição (campo de futebol) com grama natural em dias que não ocorreram chuvas e com calçados específicos da modalidade. Para os testes de FM e TDF foi utilizado as dependências do laboratório do clube e os calçados foram tênis comuns. Para todos os testes foi realizado previamente aquecimento relativo à especificidade do teste por 10 minutos. Nas coletas das variáveis V10, V40, FM e TDF foram executadas três tentativas e selecionou-se a melhor delas. A variável

PAER foi executada apenas uma vez por conta da dinâmica e desgaste que causa o próprio teste impossibilitando a repetição do mesmo sem interferências nos indivíduos. As coletas foram realizadas pelos mesmos avaliadores sendo todos treinados e capacitados para tais procedimentos.

Em todas as coletas das variáveis de desempenho físico os avaliadores aplicaram os comandos verbais e gestuais para início e término dos testes, bem como o incentivo verbal para que os indivíduos executassem os testes com máxima motivação.

Para as variáveis de composição corporal foi utilizado o laboratório do clube e o equipamento foi operado pelo mesmo técnico para todos os indivíduos. O protocolo se repetiu para todas as coletas.

|                                                                                                         |                                                                        |                                                                              |                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Dia 1<br>Avaliação Antropométrica<br>+<br>Avaliação de Composição Corporal<br>(1ª Segunda feira do mês) | Dia 2<br>Avaliação de Força<br>(FM e TDF)<br>(2ª Segunda feira do mês) | Dia 3<br>Avaliação de Velocidade<br>(V10 e V40)<br>(3ª Segunda feira do mês) | Dia 4<br>Avaliação de Potência Aeróbia<br>(PAER)<br>(4ª Segunda feira do mês) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|

Figura 6: Ordenação da aplicação dos testes para obtenção das variáveis de desempenho físico e de composição corporal.

Os sujeitos do estudo eram submetidos a treinamentos sistemáticos e jogos semanais que apresentavam o seguinte volume semanal: Grupo PRÉPVC = 410 minutos; Grupo PVC: 660 minutos; Grupo PÓSPVC = 970 minutos.

#### **4.3.1 Variáveis Antropométricas**

As variáveis antropométricas avaliadas foram: estatura total (EST), estatura tronco-cefálica, massa corporal total (MCT). Para as variáveis antropométricas supracitadas foi utilizada as normas e técnicas indicadas pelo “*International Society for Advanced of Kineanthropometry*” (2001).

A mensuração da estatura tronco-cefálica segue as mesmas normas e indicações da EST, contudo, o posicionamento do indivíduo é sentado em um banco

com altura de 40cm, de costas para o estadiômetro com o tronco na posição ereta. Para o cálculo do comprimento de membros inferiores efetua-se a subtração do valor da estatura tronco-cefálica da EST ( $\text{Comprimento de Membros inferiores} = \text{Estatura total} - \text{Estatura Tronco-Cefálica}$ ).

#### **4.3.2 Variáveis de Força**

Para avaliar as variáveis de força foi utilizada uma célula de carga acoplada a coluna de peso de um equipamento de musculação (Leg Press Horizontal). A base de apoio dos pés foi fixada, não permitindo nenhum movimento que provocasse ruídos durante a ação motora no decorrer das coletas. O indivíduo, posicionado com os joelhos aos 90 graus e quadril a 80 graus, realizou a tentativa de extensão de joelhos e quadril aplicando força de forma isométrica sobre a plataforma do equipamento com o máximo de velocidade. Essa força aplicada foi mensurada pela célula de carga acoplada retornando os valores em N.m. Três tentativas com intervalo de 3 minutos entre elas foram realizadas e a melhor tentativa foi adotada. A partir desse procedimento foi calculado a Força Máxima, em valores absolutos (FM), a Taxa de Desenvolvimento de Força em 200ms (TDF) segundo Amaral e colaboradores (Amaral et al 2012).

#### **4.3.3 Velocidade de Deslocamento Cíclico**

Para a mensuração da velocidade de deslocamento cíclico foi utilizado um conjunto de fotocélulas com acionamento automático do cronômetro (Cefise, Brasil), retornando os dados em m/s. posicionando o indivíduo atrás de uma linha demarcada e ao sinal sonoro o indivíduo acelera por 40 metros. Ao início da execução do *sprint* a fotocélula aciona automaticamente o cronômetro e ao finalizar o percurso de 40 metros a fotocélula encerra o cronômetro automaticamente. No decorrer do percurso de 40 metros outra fotocélula foi posicionada na marca de 10 metros para a mensuração e visualização da dinâmica da velocidade dos atletas nesse trecho. Foram coletados três resultados assumindo como resultado final o melhor para cada trecho. Os dados retornaram a velocidade em m/s dos trechos de 10 e 40 metros.

#### 4.3.4 Potência Aeróbia

A potência aeróbia foi coletada utilizando o protocolo de Bangsbo (1996) (3) denominado *Yo-yoEndurance Test Level 1* o qual retornará os dados em metros relativos à distância total percorrida no ponto em que atingir a velocidade máxima aeróbia. Entre duas linhas com espaço de 20 metros entre elas o indivíduo tem como objetivo tocar as linhas realizando o percurso de ida e volta no ritmo determinado pelo sinal sonoro sem interrupções nesse percurso. O protocolo inicia-se com velocidade média de 8,5 Km/h no percurso entre as linhas e a cada minuto haverá um incremento no ritmo equivalente à 0,5 Km/h. O teste será interrompido quando o indivíduo não alcançar as linhas demarcadas por mais de duas vezes consecutivas ou se o mesmo interromper o percurso por conta da fadiga. Será anotado a distância total percorrida no teste como resultado final.

#### 4.3.5 Composição Corporal

As variáveis de composição corporal avaliadas foram: massa gorda total (MGT) em gramas, massa livre de gordura total (MLGT) em gramas, percentual de gordura total (%GT) em percentual, área mineral óssea de MMII (AMOMMII) em cm<sup>2</sup>, conteúdo mineral ósseo de MMII (CMOMMII) em grama, densidade mineral óssea de MMII (DMOMMII) em g/cm<sup>2</sup>, massa livre de gordura de MMII (MLGMMII) em gramas.

Para a coleta de dados foi utilizado o método de Absorimetria por Duplo Raio X (DEXA) através do equipamento da marca *Hologic* modelo *Discovery I* (*Bedford, MA, USA*). O indivíduo foi colocado em decúbito dorsal sobre a maca do equipamento e posicionado na posição ortostática e sem nenhum acessório de metal ou joias. O indivíduo foi orientado para não realizar nenhum tipo de movimento durante a execução da avaliação. Antes de iniciar as coletas de dados o equipamento foi calibrado de acordo com os parâmetros fornecidos pelo fabricante através do *Phantom*, modelo anatômico que simula os parâmetros da coluna lombar. O protocolo utilizado na avaliação foi o *WholeBody*. Para análise da imagem foi utilizado o software *QDR 12:4:3* versões para Windows e com especificação pediátrica. Para essa amostra o equipamento apresentou coeficiente de variação entre 0,91 e 1,24 %. Excluiu-se a cabeça para quantificação da composição corporal. A incidência de radiação para cada indivíduo foi de 0,01mSv e todas as

avaliações foram realizadas pelo mesmo operador. As variáveis foram apresentadas em  $\text{cm}^2$  (área mineral óssea), gramas (conteúdo mineral ósseo, massa livre de gordura), percentual (percentual de gordura total do corpo) e  $\text{g/cm}^2$  (densidade mineral óssea).

A reprodutibilidade dos testes apresentou valores de correlação forte demonstrando a fidedignidade dos testes. Além disso, o baixo percentual de erro casual demonstrou boa confiabilidade dos testes (Tabela 2). A familiarização dos testes foi realizada com 15% dos indivíduos em um intervalo de dois dias entre o primeiro e o segundo teste e não apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre eles.

Tabela 2: Reprodutibilidade (Correlação de Pearson) e Erro Casual (%) das variáveis coletadas.

|                                  | Reprodutibilidade (r) | Erro Casual (%) |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------|
| Variáveis de composição corporal | 0,94 - 0,96           | 0,91 - 1,24     |
| Variáveis de desempenho físico   | 0,91 - 0,93           | 0,89 - 1,85     |
| Variáveis antropométricas        | 0,94 - 0,96           | 1,05 - 1,38     |

#### **4.4 Indicador de Maturação Biológica**

O Indicador de Maturação Biológica (IMB) utilizado foi o indicador somático de acordo com o protocolo de Mirwald e colaboradores (Mirwald et al 2002). O indicador somático baseia-se na equação proposta pelos autores supracitados e retorna valores, em anos, relativo à ocorrência do Pico de Velocidade de Crescimento (PVC). Dessa forma o momento de ocorrência do PVC é determinado pelo valor = 0 anos. Sendo assim os valores negativos resultantes da fórmula são interpretados como a quantidade de anos que o indivíduo se apresenta, naquele momento, antes da ocorrência do PVC. Da forma inversa os valores positivos são interpretados como a quantidade de anos que o indivíduo se apresenta, naquele momento, depois da ocorrência do PVC. A equação proposta

para o cálculo dos Anos em relação ao Pico de Velocidade de Crescimento encontra-se na figura 7.

De acordo com Mirwald et al (2002) e Malina et al (2004) o PVC tem relação direta com as alterações maturacionais provenientes das mudanças hormonais que ocorrem durante o processo de puberdade. Além disso o Indicador Somático tem sido descrito como ferramenta e utilizado em larga escala tanto na área do esporte (Mortatti et al 2013, Camargo CT 2004, Malina R 2012, Peylan CMP 2014, Torres-Unda J 2013) bem como na áreas da saúde e desenvolvimento somático (Gomez-Campos R 2013, Jackowski AS 2011, Miranda VPN 2014, Sherar LB 2004).

Equação meninos:

$$\text{Maturity Offset} = -9,236 + 0,0002708 * (\text{CMMII} * \text{ETC}) - 0,001663 * (\text{IC} * \text{CMMII}) + 0,007216 * (\text{IC} * \text{ETC}) + 0,02292 * (\text{MCT} / \text{EST})$$

IC = Idade Cronológica

CMMII = Comprimento de Membros Inferiores

ETC = Estatura Tronco-Cefálica

MCT = Massa Corporal Total

EST = Estatura Total

Figura 7: Equação proposta por Mirwald e colegas para cálculo do Indicador Somático de Maturação Biológica.

No presente estudo a amostra foi dividida em três grupos: grupo que apresentou valores negativos no indicador somático < -1,00 anos foi nomeado como grupo Pré Ocorrência do PVC (PRÉPVC); grupo que apresentou valores entre -1,00 e 1,00 anos no indicador somático foi nomeado como grupo do Ano de Ocorrência do PVC (PVC); e o grupo que apresentou valores > 1,00 anos no indicador somático foi nomeado grupo Pós Ocorrência do PVC (PÓSPVC).



#### **4.5 Tratamento Estatístico**

Foi utilizada a análise descritiva para caracterização da amostra, ANOVA com teste de normalidade de Tukey para verificação das diferenças significantes ( $p < 0,05$ ), Correlação Linear de Pearson ( $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ ) para estabelecer as forças das relações entre as variáveis de composição corporal e de potência aeróbia nos respectivos grupos estabelecidos pelo IMB. As correlações que apresentaram significância e força moderada ou superior, entre as variáveis de composição corporal e de desempenho físico, aplicou-se a Análise de Regressão com uma variável dependente para estabelecer a magnitude de explicação do modelo ( $R^2$ ) e o Coeficiente ( $\beta$ ) de cada variável independente para cada modelo proposto ( $p < 0,05$ ) (Dancey e Reidy 2011, Thomas e Nelson 2004). O programa utilizado para o tratamento estatístico foi o SPSS 18.0.

## 5. RESULTADOS

Na tabela 3 a análise descritiva demonstrou que todas as variáveis de composição corporal e as variáveis antropométricas apresentaram aumento nos valores com o decorrer da maturação biológica, com diferenças significantes ( $p < 0,05$ ) quando comparadas pelos grupos de estágio maturacional. Nessa comparação houve exceção para as variáveis MGT e %GT entre os grupos PVC e PÓSPVC as quais não apresentaram tal diferença.

Tabela 3: Tabela descritiva das variáveis antropométricas e de composição corporal.

| Variáveis                    | PRÉPVC (N=80)    |                  | PVC (N=80)       |                  | PÓSPVC (N=46)    |                  |
|------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                              | Média (DP)       | Min Máx          | Média (DP)       | Min Máx          | Média (DP)       | Min Máx          |
| IC (anos)                    | 12,60<br>±0,89   | 11,47<br>15,25   | 14,60<br>±0,63   | 13,06<br>15,40   | 16,23<br>±0,39   | 14,98<br>16,65   |
| EM (anos)                    | -2,29<br>±0,68   | -3,38<br>-1,10   | -0,01<br>±0,48   | -,93<br>,83      | 2,07<br>±0,31    | 1,26<br>2,49     |
| EST (cm)                     | 151,29<br>±7,43  | 135,99<br>168,20 | 167,84<br>±5,94  | 154,99<br>179,60 | 176,77<br>±4,15  | 168,49<br>185,00 |
| MCT (Kg)                     | 42,66<br>±6,61   | 33,59<br>57,50   | 59,99<br>±9,08   | 40,69<br>92,20   | 69,96<br>±7,68   | 60,39<br>92,20   |
| MGT (Kg)                     | 7,09<br>±3,37    | 2,84<br>16,62    | 6,31<br>±2,12    | 3,36<br>12,71    | 6,18*<br>±1,61   | 4,00<br>9,60     |
| MLGT (Kg)                    | 33,96<br>±7,29   | 24,80<br>51,20   | 49,93<br>±6,82   | 29,86<br>59,27   | 56,43<br>±4,51   | 49,28<br>66,23   |
| %GT (%)                      | 17,16<br>±6,86   | 6,40<br>23,56    | 11,23<br>±3,64   | 7,76<br>26,59    | 9,76*<br>±1,76   | 7,25<br>13,79    |
| MLGMMII (Kg)                 | 6,92<br>±1,54    | 4,85<br>9,91     | 10,05<br>±1,35   | 6,01<br>12,27    | 11,37<br>±1,04   | 9,84<br>13,47    |
| CMOMMII (g)                  | 350,67<br>±80,58 | 232,86<br>515,45 | 529,57<br>±83,47 | 300,34<br>700,93 | 641,51<br>±71,78 | 538,28<br>757,17 |
| DMOMMII (g/cm <sup>2</sup> ) | 1,13<br>±0,12    | ,93<br>1,44      | 1,38<br>±0,13    | 1,12<br>1,64     | 1,55<br>±0,10    | 1,36<br>1,69     |
| AMOMMII (cm <sup>2</sup> )   | 305,56<br>±42,48 | 240,88<br>388,31 | 381,89<br>±38,8  | 266,67<br>469,00 | 411,82<br>±35,73 | 357,39<br>464,07 |

\* não apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre o grupo PÓSPVC e PVC. IC = Idade Cronológica; EM = Estágio Maturacional; EST = Estatura Total; MCT = Massa Corporal Total; MGT = Massa Gorda Total; MLGT = Massa Livre de Gordura Total; %GT = Percentual de Gordura Total; MLGMMII = Massa Livre de Gordura de MMII; CMOMMII = Conteúdo Mineral Ósseo de MMII; DMOMMII = Densidade Mineral Óssea de MMII; AMOMMII = Área Mineral Óssea de MMII.

As variáveis de desempenho físico apresentaram comportamento semelhante entre as variáveis com aumento tanto nos valores absolutos quanto nos valores de  $\Delta\%$  com diferenças significantes ( $p < 0,05$ ) entre os grupos de maturação. Há exceção feita à variável PAER entre os grupos PVC e PÓSPVC (Tabela 4). Os valores de  $\Delta\%$  de todas as variáveis de desempenho físico apresentaram aumentos de menor magnitude entre os grupos maturacionais PÓSPVC-PVC em comparação ao PVC-PRÉPVC, exceto a variável TDF que demonstrou aumentos cada vez maiores ao longo dos grupos maturacionais.

Tabela 4: Tabela descritiva das variáveis de desempenho físico e valores de  $\Delta\%$  entre os grupos de maturação biológica.

| Variáveis     | PRÉPVC                  |                    | PVC                     |                    | PÓSPVC                  |                    | $\Delta\%$ |            |
|---------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|------------|------------|
|               | Média (DP)              | Min Máx            | Média (DP)              | Min Máx            | Média (DP)              | Min Máx            | PRÉPVC PVC | PVC PÓSPVC |
| FM (N)        | 1080,71<br>$\pm 275,93$ | 66,43<br>188,45    | 1750,42<br>$\pm 279,03$ | 123,99<br>254,35   | 2150,89<br>$\pm 373,95$ | 163,36<br>281,76   | 61,97      | 22,88      |
| TDF (N/200ms) | 4,45<br>$\pm 0,21$      | 4,02<br>5,62       | 6,02<br>$\pm 0,56$      | 5,01<br>6,39       | 10,05<br>$\pm 0,62$     | 6,29<br>10,99      | 35,28      | 66,94      |
| V10 (m/s)     | 4,90<br>$\pm 0,36$      | 4,48<br>5,61       | 5,20<br>$\pm 0,18$      | 4,80<br>5,61       | 5,46<br>$\pm 0,18$      | 5,18<br>5,78       | 6,12       | 5,00       |
| V40 (m/s)     | 6,29<br>$\pm 1,14$      | 5,63<br>7,20       | 6,81<br>$\pm 0,91$      | 5,84<br>7,60       | 7,11<br>$\pm 0,6$       | 6,71<br>7,64       | 8,27       | 4,41       |
| PAER (m)      | 1649,52<br>$\pm 348,27$ | 1079,99<br>2560,00 | 1929,82<br>$\pm 278,58$ | 1419,99<br>2620,00 | 2041,42<br>$\pm 261,56$ | 1739,99<br>2580,00 | 16,99      | 5,78       |

\* não apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre o grupo PÓSPVC e PVC. IC = Idade Cronológica; EM = Estágio Maturacional; EST = Estatura Total; MCT = Massa Corporal Total; MGT = Massa Gorda Total; MLGT = Massa Livre de Gordura Total; %GT = Percentual de Gordura Total; MLGMMII = Massa Livre de Gordura de MMII; CMOMMII = Conteúdo Mineral Ósseo de MMII; DMOMMII = Densidade Mineral Óssea de MMII; AMOMMII = Área Mineral Óssea de MMII.

As correlações entre as variáveis de composição corporal e desempenho físico encontram-se na tabela 5 e a partir dessas estabeleceu-se os modelos de regressão apresentados na tabela 6. Os modelos de regressão demonstraram

predominância das variáveis de componente muscular e de componente ósseo nas associações com o desempenho físico nos indivíduos. Apenas a variável PAER não apresentou tal comportamento principalmente para os grupos PVC e PÓSPVC.

Além disso, os valores mais robustos de Coeficiente  $\beta$  para as variáveis de composição corporal encontrados nos modelos de regressão encontram-se no grupo PRÉPVC tendendo a diminuição dos mesmos nos grupos PVC e PÓSPVC.

Tabela 5: Correlações entre as variáveis de desempenho físico e variáveis de composição corporal significantes ( $p < 0,05$ ) e com força acima de moderada ( $r > 0,39$ ).

| PRÉPVC                        |                                                    |
|-------------------------------|----------------------------------------------------|
| Varáveis de Desempenho Físico | Variáveis de Composição Corporal                   |
| FM                            | MLGMMII, CMOMMII, DMOMMII, AMOMMII                 |
| TDF                           | Não houve                                          |
| V10                           | MGT, MLGT, %GT, MLGMMII, CMOMMII, DMOMMII, AMOMMII |
| V40                           | MGT, MLGT, %GT, MLGMMII, CMOMMII, DMOMMII, AMOMMII |
| PAER                          | MLG, MLGMMII, CMOMMII, DMOMMII, AMOMMII            |
| PVC                           |                                                    |
| Varáveis de Desempenho Físico | Variáveis de Composição Corporal                   |
| FM                            | MLGMMII, CMOMMII, DMOMMII                          |
| TDF                           | MLGMMII, CMOMMII, DMOMMII, AMOMMII                 |
| V10                           | CMOMMII, DMOMMII                                   |
| V40                           | CMOMMII, DMOMMII                                   |
| PAER                          | %GT                                                |
| PÓSPVC                        |                                                    |
| Varáveis de Desempenho Físico | Variáveis de Composição Corporal                   |
| FM                            | Não houve                                          |
| TDF                           | MLGMMII, CMOMMII, DMOMMII, AMOMMII                 |
| V10                           | CMOMMII                                            |
| V40                           | CMOMMII, DMOMMII                                   |
| PAER                          | Não houve                                          |

FM = Força Máxima; TDF = Taxa de Desenvolvimento de Força; V10 = Velocidade em 10 metros; V40 = Velocidade em 40 metros; PAER = Potência Aeróbia; MGT = Massa Gorda Total; MLGT = Massa Livre de Gordura Total; %GT = Percentual de Gordura Total; MLGMMII = Massa Livre de Gordura de MMII; CMOMMII = Conteúdo Mineral Ósseo de MMII; DMOMMII = Densidade Mineral Óssea de MMII; AMOMMII = Área Mineral Óssea de MMII.

Tabela 6: Modelos de regressão linear para as variáveis de força (dependente) com as variáveis de composição corporal (independente).

| P<br>modelo      | R<br>modelo | R <sup>2</sup><br>ajustado<br>modelo | Variáveis  |              | Coefficiente<br>β | p     |
|------------------|-------------|--------------------------------------|------------|--------------|-------------------|-------|
|                  |             |                                      | Dependente | Independente |                   |       |
| PRÉPVC           |             |                                      |            |              |                   |       |
| 0,00             | 0,696       | 0,452                                | FM         | MLGMMII      | 0,75              | <0,05 |
|                  |             |                                      |            | CMOMMII      | -1,31             | <0,05 |
|                  |             |                                      |            | DMOMMII      | 0,55              | <0,05 |
|                  |             |                                      |            | AMOMMII      | 0,72              | <0,05 |
| Não houve modelo |             |                                      | TDF        |              |                   |       |
| 0,00             | 0,72        | 0,47                                 | V10        | MLGMMII      | -2,47             | <0,05 |
| 0,00             | 0,77        | 0,56                                 | V40        | MGT          | 1,02              | <0,05 |
|                  |             |                                      |            | MLGMMII      | -2,15             | <0,05 |
| 0,00             | 0,58        | 0,30                                 | PAER       | MLGT         | 1,38              | <0,05 |
|                  |             |                                      |            | MLGMMII      | -1,37             | <0,05 |
|                  |             |                                      |            | DMOMMII      | 2,18              | <0,05 |
|                  |             |                                      |            | PVC          |                   |       |
| 0,000            | 0,497       | 0,218                                | FM         | MLGMMII      | 0,484             | <0,05 |
|                  |             |                                      |            | CMOMMII      | 0,677             | <0,05 |
|                  |             |                                      |            | DMOMMII      | 0,699             | <0,05 |
|                  |             |                                      |            | MLGMMII      | 1,75              | <0,05 |
| 0,00             | 0,69        | 0,47                                 | TDF        | CMOMMII      | 0,57              | <0,05 |
|                  |             |                                      |            | DMOMMII      | 0,47              | <0,05 |
|                  |             |                                      |            | AMOMMII      | 0,89              | <0,05 |
| 0,00             | 0,48        | 0,18                                 | V10        | CMOMMII      | 0,58              | <0,05 |
|                  |             |                                      |            | DMOMMII      | -0,65             | <0,05 |
| 0,00             | 0,52        | 0,23                                 | V40        | CMOMMII      | 0,79              | <0,05 |
|                  |             |                                      |            | DMOMMII      | -0,61             | <0,05 |
| 0,00             | 0,41        | 0,15                                 | PAER       | %GT          | -0,56             | <0,05 |
| PÓSPVC           |             |                                      |            |              |                   |       |
| Não houve modelo |             |                                      | FM         |              |                   |       |
| 0,00             | 0,81        | 0,66                                 | TDF        | MLGMMII      | 0,88              | <0,05 |
|                  |             |                                      |            | CMOMMII      | 0,25              | <0,05 |
|                  |             |                                      |            | DMOMMII      | 0,90              | <0,05 |
|                  |             |                                      |            | AMOMMII      | 0,25              | <0,05 |
| 0,00             | 0,60        | 0,32                                 | V10        | CMOMMII      | 0,66              | <0,05 |
| 0,00             | 0,74        | 0,53                                 | V40        | CMOMMII      | -0,86             | <0,05 |
|                  |             |                                      |            | DMOMMII      | -0,21             | <0,05 |
| Não houve modelo |             |                                      | PAER       |              |                   |       |

Legenda da tabela 6:

FM = Força Máxima; TDF = Taxa de Desenvolvimento de Força; V10 = Velocidade em 10 metros; V40 = Velocidade em 40 metros; PAER = Potência Aeróbia; MGT = Massa Gorda Total; MLGT = Massa Livre de Gordura Total; %GT = Percentual de Gordura Total; MLGMMII = Massa Livre de Gordura de MMII; CMOMMII = Conteúdo Mineral Ósseo de MMII; DMOMMII = Densidade Mineral Óssea de MMII; AMOMMII = Área Mineral Óssea de MMII.

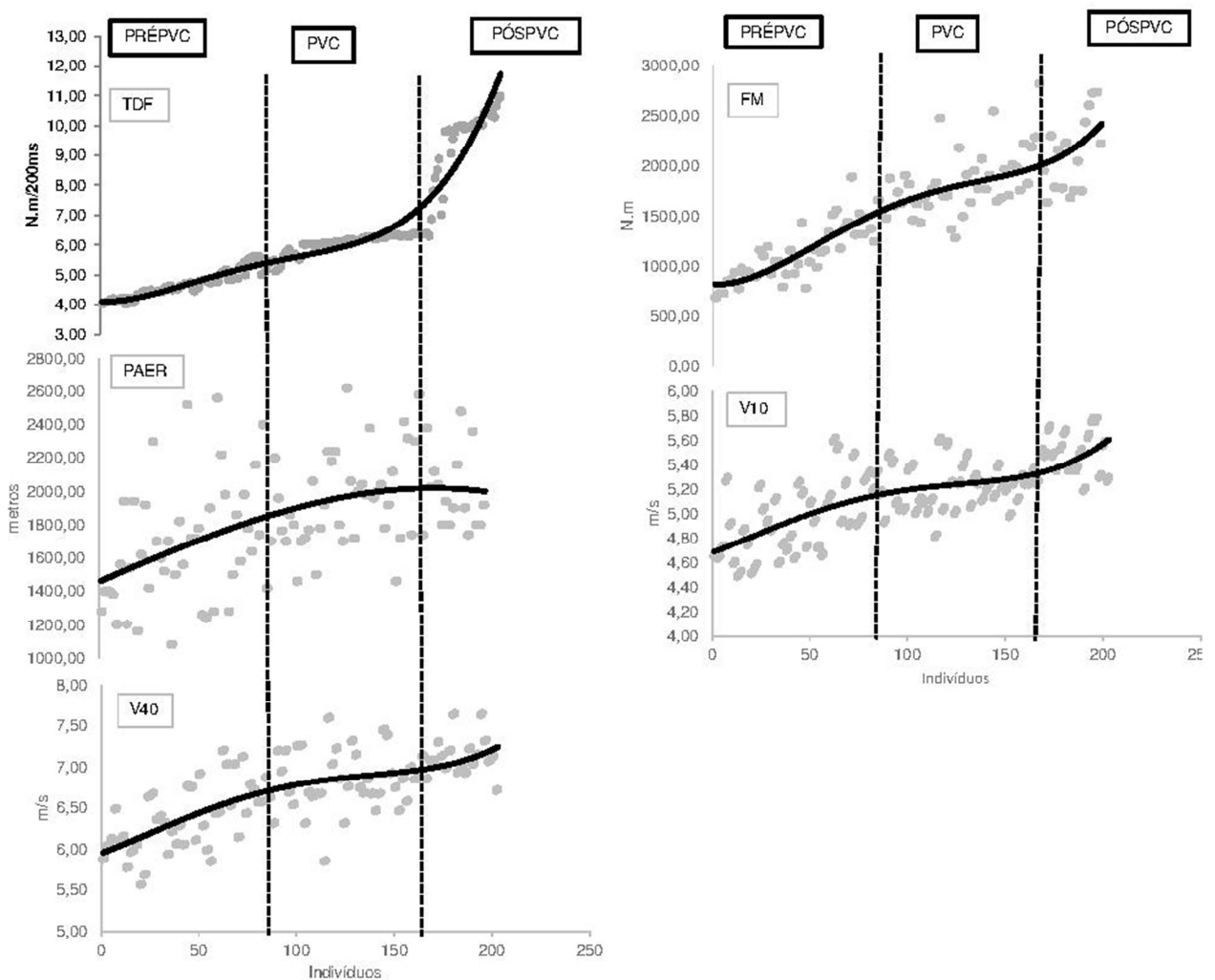


Figura 8: Dinâmica das variáveis de desempenho físico ao longo do processo maturacional através da dispersão dos dados.

Os gráficos apresentados na figura 8 demonstram o comportamento das variáveis de desempenho físico durante o processo maturacional. Essa dinâmica

denota que nas variáveis FM, TDF e PAER houve incremento constante ao longo da maturação biológica sendo que a TDF apresenta uma inflexão na curva maior no grupo PÓSPVC em comparação às outras variáveis. No entanto, as variáveis V10 e V40 demonstram estabilização da curva no grupo PVC e posterior inflexão denotando um momento de estagnação quando comparadas às demais variáveis de desempenho físico.

## 6. DISCUSSÃO

---

### 6.1 PAPEL DA MATURAÇÃO BIOLÓGICA E DA COMPOSIÇÃO CORPORAL SOBRE O DESEMPENHO FÍSICO

Os incrementos na FM e na TDF apresentam uma associação com a maturação biológica e com os componentes de composição corporal, principalmente com o componente muscular e o componente ósseo corroborando com a literatura que demonstra correlações entre tais componentes e as variáveis de força em diversas modalidades desportivas (Bouchant et al 2011, Dowthwaite et al 2014).

Tais componentes contribuem para o aumento da produção de força por conta do aumento do volume muscular e massa muscular do indivíduo (Bouchant et al 2011) e o incremento no conteúdo mineral ósseo (Dowthwaite et al 2014). Esse fato é observado em ginastas pré-púberes que apresentam relação direta entre produção de força dos músculos do quadril e massa óssea na região do colo do fêmur (Dowthwaite et al 2014). Na população adulta o pico de produção de força e o pico da máxima contração apresenta tal relação com o componente muscular (massa livre de gordura e volume muscular) (Milic et al 2012) assim como com o componente ósseo (Portella et al 2014), esse último infere-se que seja por conta da remodelação óssea que ocorre ao longo do processo maturacional (Nasri et al 2013).

As melhoras na TDF em jovens atletas estão associadas com as alterações durante o processo maturacional dos componentes muscular e ósseo (Carvalho et al 2014, Garcia-Marco et al 2010). Indivíduos pré-púberes e púberes podem apresentar adaptações, como remodelação óssea e principalmente tendínea (de ordem anatômica), por conta de treinamento sistemático, contudo, mesmo assim tais adaptações não são suficientes para gerar interferência significativa na TDF em pré púberes (Waugh et al 2014). Ou seja, além da remodelação óssea e tendínea, há outros fatores intervenientes para o desenvolvimento da TDF como, por exemplo, o *stiffness* que pode contribuir com 29% na TDF como no caso de jovens treinados (Waugh et al 2012). Além dessas adaptações outras mais geram interferência na TDF tais como área de secção transversa, propriedade visco elástica do complexo músculo-tendão entre outros (Martin et al 2014). Esses fatores referem-se a fatores



mecânicos e neurais que se desenvolvem e especializam ao longo da maturação biológica (Waugh et al 2012).

No desempenho da velocidade de deslocamento cíclico a otimização do ciclo alongamento-encurtamento tem papel importante durante a maturação biológica (Rumpf et al 2013). A maturação biológica apresenta forte relação com a aceleração o que influencia na velocidade de deslocamento (Mendez-Villanueva et al 2011).

A influência da maturação biológica no desenvolvimento da velocidade apresenta algumas explicações de cunho hormonal. Incremento nos valores de testosterona no decorrer do tempo em adolescentes são acompanhados da melhora do desempenho da velocidade cíclica (Vanttinen et al 2010). O aumento da taxa de secreção dos hormônios sexuais e GH no momento do *timing* maturacional implica no aumento da força e potência por conta do desenvolvimento do tecido músculo-esquelético (Tingaard et al 2012) além da melhor utilização da unidade motoras de fibras tipo II consequência da especialização dos tecidos (Dotan et al 2013). Essa influência da taxa de secreção hormonal e melhora nas unidades motoras das fibras tipo II refletem na aplicação dessa força e potência na velocidade de deslocamento cíclico durante o período maturacional (Meylan et al 2014b) como também no desempenho da na velocidade de deslocamento acíclico (Valente-dos-Santos et al 2014).

Outro fator influenciado pela maturação biológica é a melhora na ação muscular concêntrica e excêntrica a qual tem sido apontado como um dos importantes contributos para o desempenho da velocidade (Rumpf et al 2013, Rumpf et al 2014b). Por conta dessas alterações oriundas do processo maturacional a treinabilidade de indivíduos classificados como PÓSPVC, pelo indicador somático, é maior em comparação aos demais grupos de maturação biológica (Rumpf et al 2014c).

A MLGMMII como associação pode ser explicada pela necessidade de gerar mais potência para aumentar a velocidade de deslocamento (Amonette et al 2014, Kubo et al 2011). Sendo assim com o advento da maturação biológica há o aumento significativo ( $p < 0,05$ ) da MLGMMII consequentemente pode-se obter melhora na geração de potência muscular. Essa relação pode ocorrer

independentemente do estado atual de desempenho dos indivíduos (Travill et al 2011).

Com o aumento das velocidades desenvolvidas na execução de uma corrida há uma grande ativação dos grupos musculares de quadril para a extensão do mesmo e mineralização dos sítios ósseos da região observando-se assim importância não só do tecido muscular como do tecido ósseo que quanto mais mineralizado mais apto está para responder às trações exercidas pelos músculos (Giarmatzis et al 2015). Essa relação positiva entre conteúdo mineral ósseo e desenvolvimento de força foi observado também com exercícios de extensão e flexão de joelhos no regime de trabalho isocinético em atletas de futebol (Portella et al 2014).

Contudo, vale observar que tais adaptações ósseas se dão em grande parte por conta do conteúdo de treinamento específico da modalidade na qual aumenta por si só conteúdo mineral ósseo e densidade mineral óssea nos devidos atleta (Stanforth et al 2014) e não necessariamente esse aumento do componente ósseo implica em relação direta da velocidade cíclica ou força.

Além da composição corporal, os aspectos cinéticos da corrida assim como os cinemáticos e biomecânicos também podem ser causas prováveis (Rumpf et al 2011). Existem diversas alterações biomecânicas oriundas do processo maturacional que podem exercer uma influência maior no quesito velocidade do que as variáveis de composição corporal, como aumento de comprimento de membros inferiores e da estatura tronco cefálica alterando amplitude e frequência de passada nos sprints cíclicos (Meyers et al 2015). Outro fator biomecânico interveniente no desempenho da velocidade é o stiffness tendíneo tanto calcâneo quanto patelar (O'Brien 2015) que tende a ocorrer nos períodos mais avançados da maturação. Quanto melhor esse aspecto melhor produção de ações concêntricas de forma rápida essencial para desenvolvimento da velocidade (Ford et al 2010).

A potência aeróbia também apresenta aumento nos valores de acordo com a maturação biológica sendo a própria maturação apontada como um dos principais contributos para tal evolução (Ribeiro et al 2013). Ao final do processo maturacional o componente de treinamento também aparece como fator interveniente nos jovens atletas para a potência aeróbia (Armstrong et al 2011a).

A literatura tem demonstrado tal relação entre o aspecto muscular com os parâmetros de desempenho aeróbio (Deprez et al 2014). Carvalho e colaboradores (Carvalho et al 2013a) relataram interveniência da variável de massa livre de gordura na performance da potência aeróbia ( $R^2$  ajustado = 0,75). Tanto jovens futebolistas quanto judocas apresentaram uma correlação positiva da massa livre de gordura com a potência aeróbia (25). Além disso, em jovens atletas de futebol portugueses a combinação da massa corporal total de membros inferiores e o componente de massa corporal muscular foi o melhor descritor para as variações do VO<sub>2</sub>max durante a adolescência (Valente-dos-Santos et al 2015). A melhora nos processos glicolíticos é um dos fatores explicativos da relação entre massa livre de gordura e resistência aeróbia, haja vista, que quanto maior a massa livre de gordura melhor os estoques de energia via glicolítica, sendo esse um importante substrato energético para o desempenho aeróbio (McNarry et al 2011, Phillips et al 2012).

Diversas outras causas são apontadas para a melhora da potência aeróbias, como por exemplo, o lastro de treinamento sistemático que por conta das adaptações inerentes aos estímulos provocam a melhora nessa variável (Carvalho et al 2013b). Tais adaptações são descritas como aumento na quantidade e ativação das mitocôndrias, melhora na captação de oxigênio e transição de fibras do tecido muscular esquelético (Rowland 2005). Essas melhoras também podem ser explicadas por conta do aumento na quantidade de hemoglobinas devido ao desenvolvimento biológico e, simultaneamente, o aumento do volume sistólico e capacidade respiratória, devido ao aumento no tamanho dos órgãos, oriundos do processo de maturação (Armsotrong et al 2012b, Erceg et al 2012, Malina et al 2004).

A grande contribuição do componente muscular nas variáveis de desempenho físico em geral está relacionada com o aumento no comprimento de músculos, tendões e fascículos promovendo uma melhora funcional e um aumento no número de pontes cruzadas para realizar a contração muscular com maior magnitude (Rowland 2008, O'Brien et al 2010). Há também uma maior eficácia na regulação do *stffness* e melhora no controle e ativação do sistema neuromuscular especializando a relação dos músculos agonistas e antagonistas em ações motoras específicas (Lazzaridis SN 2013).

O componente ósseo aparece diversas vezes com forte associação e presença nos modelos de regressão com as variáveis de desempenho físico, fato que é acompanhado na literatura. Mattila e colaboradores (Mattila et al 2007) relataram fortes correlações entre densidade mineral óssea e força em adultos jovens de 19 anos. Em atletas de futebol essa correlação também se apresentou forte entre o conteúdo mineral ósseo e pico de torque isocinético (Portella et al 2014). Ginastas apresentaram fortes correlações entre componente ósseo e manifestações de força específicas da modalidade (Dowthwaite et al 2014). Uma das explicações para tal fato é a questão da remodelação óssea, principalmente durante a maturação biológica, que pode favorecer a execução de movimentos explosivos (força e velocidade) (Waugh et al 2014).

Entretanto, atualmente esse fato é tido apenas como uma consequência de adaptação ao desporto, por conta de impacto e outras forças (tração, compressão) que as modalidades desportivas acometem o jovem atleta dentro da especificidade da modalidade gerando interveniência no componente ósseo (Seabra et al 2012, Stanforth et al 2014).

## **6.2 DESEMPENHO FÍSICO NO DECORRER DA MATURAÇÃO BIOLÓGICA**

As variáveis de desempenho físico demonstraram grandes aumentos percentuais entre os grupos maturacionais fato que corrobora com a literatura.

Com o decorrer do processo de maturação biológica há incremento no desempenho de força em jovens atletas seja no regime de trabalho isocinético, seja no regime de trabalho isométrico ou ainda no isotônico; aumentando seus valores absolutos (Armstrong et al 2011b, Nikolaidis et al 2012b, Gerodimo et al 2013, Dotan et al 2013). O mesmo ocorre com a velocidade de deslocamento cíclico observando-se um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) para os tempos nos deslocamentos entre 5 e 40 metros em jovens atletas além de diversas adaptações funcionais decorrentes do processo de maturação biológica (Rumpf et al 2011, Rumpf et al 2013). A literatura também demonstra na PAER grande aumento com o avançar do processo maturacional em jovens atletas (Ribeiro et al 2013, Ratel et al 2011), inclusive em jovens atletas futebolistas (Mortatti et al 2013, fato que também ocorreu com a amostra do presente estudo

Entretanto, no presente estudo, a única variável que manteve grande magnitude no aumento, tanto entre os grupos PRÉPVC-PVC e PVC-PÓSPVC, foi a variável TDF. A TDF apresenta um ponto ótimo de treinabilidade após o ponto das demais variáveis, o que pode causar adequações de treino para a potencialização dessa variável em jovens atletas.

A TDF está intimamente ligada aos processos de recrutamento de fibras e ativação neural, processo esse que atinge maturidade nos períodos mais tardios do processo maturacional (Dotan et al 2013, Lazaridis et al 2013). Além disso a estabilização das alterações biomecânicas que ocorre após o PVC favorece a utilização funcional do corpo tornando mais eficiente as ações e favorecendo a produção de força com alta velocidade, como na TDF (O'Brien et al 2010, Lazaridis et al 2013) melhorando a treinabilidade do indivíduo (Peylan et al 2014).

As variáveis de velocidade e potência aeróbia atingiram seus pontos ótimos de treinabilidade entre o período PRÉPVC e PVC. Nesse caso essas variáveis tendem a responder por uma adequação de conteúdos de treino em momentos semelhantes.

Tanto V10 quanto V40 e PAER se favorecem das alterações e adaptações dos sistemas fisiológicos e bioquímicos de grande magnitude que ocorre no período caracterizado pelo PVC (Tonsons et al 2010, McNarry et al 2011, Jeukendrup et al 2011).

Todavia, cabe uma observação quanto à velocidade. O comportamento das variáveis V10 e V40 se apresenta de forma particular com aumento claro no período PRÉPVC e PÓSPVC, contudo, no período PVC há uma tendência de acomodação nesse comportamento de aumento tendendo à estabilização.

Algumas explicações para explicar esse comportamento da velocidade é a necessidade de um maior número de adaptações momentâneas por conta a rápida alteração biomecânica que ocorre justamente no período de PVC (Copaver et al 2012, Rumpf et al 2014b), consequência da alta taxa de crescimento que ocorre nesse período. Tais alterações podem influenciar nesse comportamento principalmente nos atletas maturadores precoces (Malina et al 2003, Rumpf et al 2014c).

### 6.3 INDICADOR SOMÁTICO COMO FERRAMENTA

O indicador somático como ferramenta de maturação biológica é extremamente simples e resolutivo principalmente quando se trata de atletas jovens (Mirwald et al 2002, Phillipaerts et al 2006). Através dele é possível monitorar as capacidades de desempenho físico tendo como norteador o processo maturacional (Torres-Unda et al 2013, Meylan et al 2014a, Van Den Berg et al 2012). No presente estudo a divisão em três grupos de maturação biológica tendo como parâmetro o PVC propiciou analisar e entender quais capacidades físicas e componentes de composição corporal se associam entre si e a dinâmica dos mesmos no decorrer da maturação biológica. Dessa mesma forma a utilização dessa ferramenta de indicador de maturação biológica vem se difundindo desde 2002 quando Mirwald e colaboradores (Mirwald et al 2002) propuseram a equação para o cálculo do indicador somático. A literatura nacional e internacional utiliza de forma vasta tal ferramenta nas mais diversas áreas desde desporto (Rumpf et al 2011, Carvalho et al 2011, Coelho-e-Silva et al 2013) até escolares e saúde em geral (Gomes-Campos et al 2013, Jackowski et al 2012, Miranda et al 2014).

Na área do desporto o indicador somático tem sido utilizado para estabelecer dinâmica de desempenho físico ao longo da maturação biológica (Fragoso et al 2014, Malina et al 2011b), estabelecer parâmetros de treinamento em jovens atletas pela maturação biológica (Carvalho et al 2013, Van Der Sluis et al 2014) e ainda determinar cargas e metodologias mais adequadas aos atletas em processo de maturacional (Peylan et al 2014, Rumpf et al 2014c).

Estudos que utilizaram outros indicadores de maturação biológica apresentaram comportamento semelhante com diferenças significantes entre os diferentes períodos de maturação biológica (Malina et al 2011a, Sigward et al 2012, Copaver et al 2012, Malina et al 2004). Ao observar essa mesma dinâmica é possível inferir que da mesma forma que os demais indicadores são utilizados e aceitos para estratificação de jovens atletas de acordo com a maturação biológica, o indicador somático também é de grande valia para tal objetivo.

## **7. CONCLUSÃO**

---

O componente muscular que mais apresenta associação com as variáveis de desempenho físico é o componente muscular juntamente com o componente ósseo. A princípio as associações do componente ósseo podem ser uma consequência tanto da modalidade desportiva em questão quanto das ações musculares e forças aplicadas no tecido ósseo, contudo, cabem maiores investigações sobre essa temática na população de jovens atletas.

Essas associações por sua vez podem contribuir com o desempenho físico, contudo, as capacidades físicas dos indivíduos em processo avançado de maturação biológica associa-se com outros fatores que não a composição corporal, sendo assim, limita seu papel em jovens atletas pubertários em estágios finais.

As variáveis de desempenho físico FM, V10, V40 e PAER atingem seus maiores ganhos percentuais, comparativos aos estágios maturacionais anteriores (PRÉPVC), no estágio PVC continuando com o aumento nos valores, contudo, com menor magnitude, inclusive com tendência de estagnação no caso de V10 e V40. A variável TDF demonstra aumentos maiores no grupo PÓSPVC quando comparado aos demais grupos.

Essa dinâmica das variáveis de desempenho físico aponta para um cenário de períodos distintos de respostas ao treinamento para cada variável. Apesar de todas as variáveis demonstrarem aumentos constantes, em valores médios através de seu  $\Delta\%$ , cada variável apresenta momentos específicos de melhor resposta ao treinamento. Isso denota momentos diferentes no processo maturacional de desempenho desportivo para os indivíduos.

O indicador somático como ferramenta para aquisição da maturação biológica é confiável e aplicável na população de jovens atletas, podendo através do mesmo monitorar a evolução do processo maturacional dessa população.

### **7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Cabe uma reflexão sobre o papel da maturação biológica na seleção precoce de jovens atletas. Os mesmos são selecionados precocemente por conta de um melhor desempenho físico em idades mais jovens. Tal desempenho está

fortemente associado à composição corporal, contudo, em estágios maturacionais posteriores tal associação não se repete demonstrando outros fatores como associação com o desempenho físico. Ao longo do tempo o conteúdo de treino e o tempo do mesmo em que o indivíduo é exposto tornam-se importantes para o desempenho físico. Dessa forma independente da precocidade na maturação biológica do indivíduo o tempo de treinamento sistemático ao qual os jovens atletas são expostos se tornam equivalentes neutralizando os efeitos da maturação precoce.

Dois itens podem ser considerados como limitações do presente estudo. Primeiramente o modelo do estudo que tem como característica a transversalidade da coleta o que limita a concluir possíveis ações de causa e efeito entre as variáveis de desempenho físico e composição corporal. Em segundo lugar a ausência de grupo controle para comparações principalmente do efeito do treino e a ausência do mesmo nos resultados.

A partir dos dados e conclusões apresentadas no estudo faz-se necessário acompanhar as mudanças maturacionais, seja a ocorrência do *timing* ou em qual momento do *tempo* o indivíduo se encontra, para determinar conteúdos e orientações de treino, assim como, monitorar a evolução atlética do indivíduo tendo a maturação biológica como moduladora para entender quando é o melhor momento de aplicações de conteúdos específicos e principalmente quais respostas esperar dos jovens atletas em cada momento do processo maturacional.

Para tanto se deve atentar e desenvolver novos estudos com diferentes objetivos e formatos de estudo como, por exemplo, estudos longitudinais para verificação de possíveis causas e efeitos. Além disso, inserir nas amostras tanto o gênero masculino quanto o feminino. A diferença entre jovens atletas e não atletas nas dinâmicas de desempenho físico e composição corporal ao longo da maturação biológica é de suma importância tanto para desempenho desportivo quanto para fins de promoção de saúde. Ampliar a quantidade de variáveis mensuradas e controladas (desempenho físico, composição corporal, fatores biomecânicos, morfofuncionais, bioquímicos) para estabelecer possíveis relações entre elas e assim possíveis modelos de prescrição de treinamento para a população jovem.



## 8. BIBLIOGRAFIA

---

Ackland TR, Lohman TG, Sundgot-Borgen J, Maughan RJ, Meyer NL, Stewart AD, Muller W. Current status of body composition assessment in sport: Review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. **Sports Med.** 2012;42(3):227-249.

Amaral JF, Castro EA, Mancini M, Doimo LA, Novo Júnior JM. Taxa de desenvolvimento da força muscular de membros superiores e inferiores em mulheres idosas. *Motricidade.* 2012;8(s2):454-461.

Amonette WE, Brown D, Dupler TL, Xu j, Tufano JJ, De Witt JK. Physical determinants of interval sprint times in youth soccer players. **J. Hum. Kinetics.** 2014;40(3):113-120.

Arabatzi F, Patikas D, Zafeiridis A, et al. The post activation potentiation effect on squat jump performance: sex and age effect. **Pediatr Exerc Sci.** 2014;26(2):187-194.

Armstrong N, McManus AM. Physiology of elite young male athlete. **Med Sport Sci.** 2011b;56(1):1-22.

Armstrong N, Tomkinson GR, Ekelun U. Aerobic fitness and its relationship to sport, exercise, training and habitual physical during youth. **Br J Sports Med.** 2011a;45:849-858.

Arruda M, Cossio-Bolaños MA. **Treinamento para jovens futebolistas.** Phorte: São Paulo, 2010.

Bangsbo, J. **Yo-yo tests.** Copenhagen: Denmark and Tocano A/S. Smorum,

Denmark, 1996.

Behringer M, Vom Heede A, Yue Z. Effects of resistance training in children and adolescents: a meta analysis. **Pediatrics**. 2010;126:1199-1210.

Berger A. How does it work? Magnetic resonance imaging. **BMJ: Br Med J**. 2002;324(7328):35-49.

Bilsborough Jc, Greenway K, Opar D, Livingstone S, Cordy J, Coutts AJ. The accuracy and precision if DXA for assessing body composition in team sport athletes. **J Sports Sci**. 2014;32(19):1821-1828.

Biro FM, Greenspan LC, Galvez MP. Puberty in girls of the 21st century. **J Pediatr Adolesc Gynecol**. 2012;25(5):289-294.

Boileau RA. **Body composition and assessment in children and youth**. In: Bar-Or, editor. The child and adolescent athlete: Encyclopedia of sports medicine. Cambridge: Blackwell Science, 1996, pp. 523-537.

Bouchant A, Martin V, Maffuleti NA, Ratel S. Can muscle size full account for strength differences between children and adults? **J Appl Physiol**. 2011; 110(6):1748-1749.

Bucheitt M, Al Haddad H, Mendez-Villanueva A, Quod MJ, Bourdon PC. Effect of maturation on hemodynamica and autonomic control recovery following maximal running exercise in highly trained Young soccer players. **Frontiers Physiol**. 2011;2:article 69.

Cairney J, Hay J, Veldhuizen S, Faught B. Assesment of body composition using whole body air displacement plethysmography in children with and without developmental coordination disorder. **Res Dev Disabil**. 2011;32(2):830-835.

Burdukiewicz A, Chamura J, Pietraszewska J, Andrzejewska J, Stachon A, Nosal J. Characteristics of body tissue composition and functional traits in junior football players. **Hum Movement**. 2013;14(2):96-101.

Camargo CT, Gomez-Campos RA, Cosiso-Bolaños MA, Barbeta VJ, Arruda M, Guerra-Junior G. Growth and body composition in Brazilian female rhythmic gymnastics athletes. **J Sports Sci**. 2014;32(19):1790-1796.

Campbell BC, Leslie PW, Little MA, Campbell KL. Pubertal timing, hormones and body composition among adolescent Turkana males. **Am J Physical Anthropology**. 2005;128:896-905.

Carvalho HM, Coelho e Silva MJ, Gonçalves CE, Philippaerts RM, Castagna C, Malina RM. Age related variation of anaerobic power after controlling for size and maturation in adolescent basketball players. **An Hum Biology**. 2011a;38(6):721-727.

Carvalho HM, Coelho-e-Silva MJ, Figueiredo AJ, Gonçalves CE, Philippaerts RM, Castagna C, Malina RM. Predictors of maximal short term power outputs in basketball players 14-16 years. **Eur J Appl Physiol**. 2011b;111(5):789-796.

Carvalho HM, Coelho-e-Silva MJ, Ronque ER, Gonçalves RS, Philippaerts RM, Malina RM. Assessment of reliability in isokinetic testing among adolescent basketball players. **Meidicina (Kaunas)**; 2011c;47(8):446-452.

Carvalho HM, Coelho-e-Silva MJ, Franco S, Figueiredo AJ, Tavares OM, Ferry B, Hidalgo-Hermann I, Courteix D, Malina RM. Agreement between anthropometric and dual energy X ray absorptiometry assessments of lower limbs volumes and composition estimates in youth club rugby athletes. **Appl Physiol Nutr Metab**. 2012;37:463-471.

Carvalho HM, Milano GE, Lopes WA, Figueiredo AJ, Radominski RB, Leite N. Peak oxygen uptake responses to training in obese adolescents: A multilevel allometric framework to partition the influence of body size and maturity status. **Biomed Res Int**. 2013a; 2013: 618595.doi:10.1155/2013/618595.

Carvalho HM, Coelho-e-Silva MJ, Eisenmann JC, Malina RM. Aerobic fitness, maturation and training experience in youth basketball. **Int J Sports Physiol Performance**. 2013b;8:428-434.

Chaari H, Zouch M, Zribi A, Bouajina E, Zaouali M, Tabka Z. Specific sites of bone expansion depend on the level of volleyball practice in prepubescent boys. **Biol Sport**. 2013;30:227-234.

Cintra IA, Ferrari GLM, Soares ACSV, Passos MAS, Fisberg M, Vitale MSS. Body fat percentiles of Brazilian adolescents according to age and sexual maturation: a cross sectional study. **BMC Pediatrics**. 2013;13:96-105.

Copaver KB, Hertogh C, Hue O. Sprint performance changes and determinants in Afro-Caribbean adolescents between 13 and 15 years old. **J Hum Kinetics**. 2012;34:89-98.

Couming SP, Sherar LB, Esllger DW, Riddoch CJ, Malina RM. Concurrent and prospective associations among biological maturation and physical activity at 11 and 13 years of age. **Scand J Med Sci Sports**. 2014;24:20-28.

Crie CP, Sorichter S, Smith HJ, Kardos P, Merget R, Heise D, et al. Body plethysmography – Its principle and clinical use. **Respiratory Med**. 2011;105:959-971.

Crook TA, Armbya N, Badger TM, Andres A. Air displacement plethysmography, dual energy X ray absorptiometry and total body water to evaluate body composition in preschool age children. **J Acad Nutr Diet**. 2012;112(12):1993-1998.

Cunha G, Lorenzi T, Sapata K, Lopes AL, Gaya AC, Oliveira A. Effect of biological maturation on maximal oxygen uptake and ventilatory thresholds in soccer players: Na allometric approach. **J Sports Sci.** 2011;29(10):1029-1039.

Dancey CP, Reidy J. **Statistics without math's for Psychology.** Pearson Education Limited, 2011.

Deprez D, Valente-dos-Santos J, Coelho-e-Silva M, Lenoir M, Phillippaerts RM, Vaeyens R. Modeling developmental changes in the Yo yo intermittent recovery test level 1 in elite pubertal soccer players. **Int J Sports Physiol Performance.** 2014;9:1006-1012.

Dotan R, Mitchell C, Cohen R, Gabriel D, Klentrou P, Falk B. Child-Adult differences in kinetics of torque development. **J Sports Sci.** 2013;31(9):945-953.

Dowthwaite JN, Rosenbaum PF, Sames CA, Scerpella TA. Muscle function, dynamic loading, and femoral neck structure in pediatrics females. **Med Sci Sports Exerc.** 2014; 46(5):911-9199.

El Hage Z, Theunynck D, Jacob C, Moussa E, Baddoura R, Zunquin G, El Hage R. Bone mineral content and density in obese, overweight and normal weight adolescent boys. **J Med Liban.** 2013;61(3):148-154.

Erceg M, Jelaska I, Males B. Ventilation characteristics of young soccer players. **Homo Sporticus.** 2011;2:7-11.

Ewane C, McConckey AS, Kreiter CD, Fuller M, Tabor A, Bosch J, Mews J, Baldwin K, Van Dyke DC, Is air displacement plethysmography a reliable method of detecting ongoing changes in percent body fat within obese involved in a weight management program ? **Obes Res Clin Pract.** 2010;4(4):247-252.

Faigenbaum AD, Lloyd RS, Myer GD. Youth resistance training: Past practices, new perspectives and future directions. **Pediatr Exercise Sci.** 2013;25:591-604.

Ferrari GLM, Bracco MM, Matsudo VKR, Fisberg M. Changes in adiposity levels in schoolchildren according to nutritional status: Analysis over a 30 year period. **Brazilian J Kinesiology Hum Performance**. 2013;15(4):405-416.

Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Longitudinal effects of maturation on lower extremity joint stiffness in adolescent athletes. **Am J Sports Med**. 2010a;38(9):1829-1837.

Ford KR, Shapiro R, Myer GD, Van Den Bogert AJ, Hewett TE. Longitudinal sex differences during landing in knee abduction in young athletes. **Med Sci Sports Exerc**. 2010b;42(10):1923-1931.

Forjaz CLM, Prista A, Cardoso Junior CG. **Aspectos fisiológicos do crescimento e do desenvolvimento: Influência do exercício**; in: De Rose Junior D, e cols. *Esporte e atividade física na infância e adolescência*. Porto Alegre: Artmed; 2009.

Fragoso I, Massuca LM, Ferreira J. Effect of birth on physical fitness of soccer players (under-15) according to biological maturity. **Int J Sports Med**. 2015;36(1):16-21.

Gaba A, Kapus O, Cuberek R, Botek M. Comparison of multi and single frequency bioelectrical impedance analysis with dual energy X ray absorptiometry for assessment of body composition in postmenopausal women: Effects of body mass index and accelerometer determined physical activity. **J Hum Nutr Diet**. 2014; Epub ahead of print.

Galanti G, Stefani L, Scacciati I, Mascherini G, Butti G, Maffulli N. Eating and nutrition habits in Young competitive athletes: A comparison between soccer players and cyclists. **Translational Med**. 2015;11(8):44-47.

Garcia-Marco L, Vicente-Rodriguez G, Valtueña J, et al. Bone mass and bone metabolism markers during adolescence: The HELENA study. **Horm Res Pediatr**. 2010; 74(3):339-350.

Garcia-Marco L, Rey-López JR, Santaliueta-Pasias AM, Jiménez-Pavón D, Díaz LE, Moreno LA, Vicente-Rodríguez G. Sedentary behaviours and its association with bone mass in adolescents: The HELENA cross-sectional study. **BMC Public Health**. 2012;12:971-980.

Giarmatzis G, Jonkers I, Wesselling M, Van Rossom S, Verschueren S. Loading of hip measured by hip contact forces at different speeds of walking and running. **J Bone Miner Res**. 2015; epub ahead print.

Going SB, Farr JN. Exercise and bone macro architecture: Is childhood a window of opportunity for osteoporosis prevention? **Int J Body Compos Res**. 2010;8(12):1-9.

Gomez-Campos R, Arruda M, Hobold E, Abella CP, Camargo C, Martínez-Salazar C, Cossio-Bolaños MA. **Valoración de la maduración biológica: Usos y aplicaciones en el ámbito escolar**. Rev Andal Med Deporte. 2013;6(4):159-168.

Gonçalves CEB, Rama LML, Figueiredo AB. Talent identification and specialization in sport: An overview of some unanswered questions. **Int J Sports Physiol Performance**. 2012;7:390-393.

Greulich W, Pyle S. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Stanford: Stanford University Press, 1959.

Hamlin MJ, Fraser M, Lizamore CA, Draper N, Shearman JP, Limber NE. Measurement of cardiorespiratory fitness in children from two commonly used field tests after accounting for body fatness and maturity. **J Hum Kinet**. 2014;40:83-92.

Horan M, Gibney E, Molloy E, McAuliffe F. Methodologies to assess pediatric adiposity. **Ir J Med Sci**. 2015;184(1):53-68.

Jackowski SA, Erlandson MC, Mirwald RL, Faulkner RA, Bailey DA, Kontulainen SA, Cooper DM, Baxter-Jones AD. Effect of maturational timing on bone mineral content accrual from childhood to adulthood: Evidence from 15 years of longitudinal data.

**Bone.** 2012;48(5):1178-1185.

Jackson AA, Johnson M, Durkin K, Wootton S. Body composition assessment in nutrition research. Value of BIA technology. **Eur J Clin Nutr.** 2013;67:s71-s78.

Jeukendrup A, Cronin L. Nutrition and elite young athletes. **Med Sports Sci.** 2011;56:47-58.

Jurimae J, Latt E, Haliaste K, Purge P, Cicchella A, Jurimae T. A longitudinal assessment of ghrelin and bone mineral density with advancing pubertal maturation in adolescent female athletes. **J Sports Med Phys Fitness.** 2010; 50(3):343-349.

Jurimae J. Adipocytokine and ghrelin responder to acute exercise and sport training in children during growth and maturation. **Pediatr Exerc Sci.** 2014;26(4):392-403.

Kienle KP, Keck J, Werlen S, Kim YJ, Siebenrock KA, Mamisch TC. Femoral morphology and physeal growth plate changes of the hip during maturation: MR assessment in a 1 year follow up on a cross sectional asymptomatic cohort in the age range of 9-17 years. **Skeletal Radiol.** 2012;41(11):1381-1390.

Kim KW, Lim BO. Effects of menarcheal age on the anterior cruciate ligament injury risk factors during single legged drop landing in female artistic elite gymnasts. **Arch Orthop Trauma Surg.** 2014;134(11):1565-1571.

Klentrrou P, Ludwa IA, Falk B. Factors associated with bone turnover and speed of sound in early and late pubertal females. **Appl Physiol Nutr Metab.** 2011;36:707-714.

Kubo T, Hoshikawa Y, Muramatsu M, Lida T, Komon S, Shibukawa K, Kanehisa H. Contribution of trunk muscularity on sprint run. **Int J Sports Med.** 2011;32(2):223-228.

Lazaridis SN, Bassa EI, Patikas D, Hatzikotoulas K, Lazaridis FK, Kotzamanidis M.



Biomechanical comparison in different jumping tasks between untrained boys and men. **Pediatr Ex Sci**. 2013;25:101-113.

Lee SJ, Kuk JL. Changes in fat and skeletal muscle with exercise training in obese adolescents: Comparison of whole body MRI and dual energy X ray absorptiometry. **Obesity**. 2013;21(10):2063-2071.

Lloyd RS, Oliver JL, Faigenbaum AD, Myer GD, De Ste Croix MB. Chronological age vs biological maturation: implications for exercise programming in youth. **J Strength Cond Res**. 2014;28(5):1454-1464.

Lohman TG, Hingle M, Going SB. Body composition in children. **Pediatr Exerc Sci**. 2013;25(4):573-590.

Lowry DW, Tomiyama AJ. Air displacement plethysmography vs dual energy X ray absorptiometry in underweight, normal weight and overweight / obese individuals. **PLoS ONE**. 2015;10(1):e0115086.

Lyle MA, Sigward SM, Tsai LC, Pollard CD, Powers CM. Influence of maturation on instep kick biomechanics in female soccer athletes. **Med Sci Sports Exerc**. 2011;43(10):1948-1954.

Lyra A, Bonfitto AJ, Barbosa VL, Bezerra AC, Longui CA, Monte O, Kochi C. Comparison of methods for the measurements of body composition in overweight and obese Brazilian children and adolescents before and after a lifestyle modification program. **Ann Nutr Metab**. 2014;66(1):26-30.

Machado D, Oikawa S, Barbanti V. The multicomponent anthropometric model for assessing body composition in male pediatric population: A simultaneous prediction of fat mass, bone mineral content and lean soft tissue. **J obesity**. 2013; article ID

428135, 8 pages, doi:10.1155/2013/428135.

Maimoun L, Coste O, Mura T, Philibert P, Galtier F, Mariano-Goulart D, Paris F, Sultan C. Specific bone mass acquisition in elite female athletes. **J Clin Endocrinol Metab.** 2013;98(7):2844-2853.

Maimoun L, Gerogopoulos NA, Sultan C. Endocrine disorders in adolescence and Young female athletes: impact on growth, menstrual cycles and bone mass acquisition. **J Clin Endocrinol Metab.** 2014;99(11):4037-4050.

Malina R, Bouchard C, Bar-Or O. Growth, maturation and physical activity. 2004; Illinois: Human Kinetics.

Malina RM. Skeletal age and age verification in youth sport. **Sports Med.** 2011;41(11):925-947.

Malina RM Rogol AD. Sport training and the growth and pubertal maturation of young athletes. **Pediatr Endocrinol Rev.** 2011a;9(1):441-455.

Malina RM, Ignasiak Z, Rozek K, Slawinska T, Domaradzki J, Fugiel J, Kochan K. Growth, maturity and functional characteristics of female athletes 11 – 15 years of age. **Hum Movement.** 2011b;12(1):31-40.

Malina RM, Coelho-e-Silva MJ, Figueiredo AJ, Carling C, Beunen GP. Interrelationships among invasive and non-invasive indicators of biological maturation in adolescent male soccer players. **J Sports Sci.** 2012;30(15):1705-1717.

Malina RM, Koziel SM. Validation of maturity offset in a longitudinal sample of Polish

girls. **J Sports Sci.** 2014;32(14):1374-1382.

Markou KB, Theodoropoulou A, Tsekouras A, Vagenakis AG, Georgopoulos NA. Bone acquisition during adolescence in athletes. **Ann N Y Acad Sci.** 2010;1205:12-16.

Martin D, Carl K, Lehnertz K. **Manual de Teoria do Treinamento Esportivo.** São Paulo, SP: Phorte, 2008.

Martin V, Ratel S. Determining the muscle voluntary activation characteristic in children: A methodological challenge. Commentary on "Child-adult differences in muscle activation: A review. **Pediatr Exerc Sci.** 2014; 26(3):365-368.

Matta MO, Figueiredo AJB, Garcia ES, Seabra AFT. Perfil morfológico, maturacional, funcional e técnico de jovens futebolistas Brasileiro. **Rev Bras Cineantropometria Desempenho Hum.** 2014;16(3):277-288.

Mattila VM, Tallroth K, Marttinen M, Pihlajamäki H. Physical fitness and performance. Body composition by DEXA and its association with physical fitness in 140 conscripts. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(12):2242-2247.

McNarry MA, Welsman JR, Jones AM. The influence of training and maturity status on girls response to short term, high intensity upper and lower body exercise. **Appl Physiol Nutr Metab.** 2011;36:344-352.

Mendez-Villanueva A, Buchheit M, Kuitunen S, Poon TK, Simpson B, Peltola E. Is the relationship between sprinting and maximal aerobic speeds in Young soccer players affected by maturation? **Pediatr Exercise Sci.** 2010;22:497-510.

Mendez-Villanueva A, Buchheit M, Kuitunen S, Douglas A, Peltola E, Bourdon P. Age related differences in acceleration, maximum running speed and repeated Sprint performance in Young soccer players. **J Sports Sci.** 2011;29(5):477-484.

Meredith-Jones KA, Williams SM, Taylor RW. Bioelectrical impedance as a measure of change in body composition in Young children. **Pediatr Obes.** 2014; Epub ahead of print.

Meyers RW, Oliver JL, Hughes MG. Maximal Sprint speed in boys of increasing maturity. **Pediatr Exerc Sci.** 2015;27(1):85-94.

Meylan CMP, Cronin J, Hopkins WG, Oliver J. Adjustment of measures of strength and power in youth male athletes differing in body mass and maturation. **Pediatr Exerc Sci.** 2014a; 26(1):41-48.

Meylan CMP, Cronin J, Oliver JL, Hopkins WG, Pinder S Contribution of vertical strength and power to sprint performance in young male athletes. **Int J Sports Med.** 2014b;35(5):749-754.

Mikulic P. Development of aerobic and anaerobic power in adolescent rowers: A 5 years follow up study. **Scand J Med Sci Sports.** 2011;21:143-149.

Milic M, Ivanovic J, Dopsaj M. Characteristics of the bilateral isometric force-time and RFD-time curve of leg extensors in high trained Serbian male fencers. **Facta Universitatis.** 2012;10(4):277-287.

Miranda VPN, De Faria FR, De Faria ER, Priore SE. Maturação somática e composição corporal em adolescentes eutróficos do sexo feminino com ou sem adequação de gordura. **Rev Paul Pediatr.** 2014;32(1):78-84.

Mirwald RL, Baxter-Jones ADG, Bailey Da, Beunen GP. Na assesment of maturity from anthropometric measurements. **Med Sci Sports Exerc.** 2002;34(4):689-694.

Moreira A, Mortatti A, Aoki M, Arruda A, Freitas C, Carling C. Role of free testosterone in interpreting physical performance in elite young Brazilian soccer players. **Pediatr Ex Sci.** 2013;2-197.

Mortatti AL, Honorato RC, Moreira A, De Arruda M. El uso de la maduración somática em la identificación morfofuncional en jóvenes jugadores de futbol. **Rev Andal Med Deporte**. 2013; 6(3):108-114.

Nasri R, Zrour SH, Rebai H, et al. Grip strength is a predictor of bone mineral density among adolescents combat sports athletes. **J Clin Densitom**. 2013;96(1):92-97.

Nebigh A, Rebai H, Elloumi M, Bahlous A, Zouch M, Zaouali M, Alexandre C, Sellami S, Tabka Z. Bone mineral density of Young boy soccer players at different pubertal stages: relationships with hormonal concentrations. *Joint Bone Spine*;76(8):63-69,

Nikolaids P. Development of isometric muscular strength in adolescent soccer players. **Facta Universitatis**. 2012a;10(3):231-242.

Nikolaids PT. Age related differences in force velocity characteristics in youth soccer. **Kinesiology**. 2012b;44(2):130-138.

O'Brien TD, Reeves ND, Baltzopoulos V, Jones DA, Maganaris CN. Muscle tendon structure and dimension in adults and children. **J Anat**. 2010;216:631-642.

O'Brien TD. Biomechanics and exercise. **Pediatr Exerc Sci**. 2015;27(1):34-38.

Olmedillas H, Gonzalo-Agüero A, Moreno LA, Casajús AJ, Vicente-Rodríguez G. Bone related health status in adolescent cyclists. **PLoS ONE**. 2011;6(9):2481-2489.

Paszkewicz JR, McCarty CW, Van Lunen BL. Comparison of functional and static evaluation tools among adolescent athletes. **J Strength Cond Res**. 2013;27(10):2842-2850.

Peylan CMP, Croin JB, Oliver JL, Hopkins WG, Contreras B. The effect of maturation on adaptations to strength training and detraining in 11-15 years old.

**Scand J Med Sci Sports.** 2014;24:156-164.

Philippaerts RM, Vaeyens R, Janssens M, Van Renterghem B, Matthys D, Craen R, Bourgois J, Vrijens J, Beunen G, Malina RM. The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *J Sports Sci.* 2006;24(3):221-230.

Phillips SM. Carbohydrate supplementation and prolonged intermitente High intensity exercise in adolescents: research findings, ethical issues and suggestions for the future. **Sports Med.** 2012;42(10):817-828.

Pietilainen KH, Kaye S, Karmi A, Suojanen L, Rissanen A, Virtanen KA. Agreement of bioeletrical impedance with dual energy X ray absorptiometry and MRI to estimate changes in body fat, skeletal muscle and visceral fat during a 12 month weight loss intervention. **Br J Nutr.** 2013;109(10):1910-1926.

Portella DI, Arruda M, Cossio-Bolaños MA. Valoriación del rendimiento físico de jóvenes futbolistas em función de la edad cronológica. **Apunts Educación Física Deportes.** 2011;106(4):42-49.

Portella DL, Cossio-Bolaños MA, Hespanhol JE, De Arruda M. Fat free mass and bone mineral content positively affect peak torque production in Brazilian soccer players. **Isokinetics Exerc. Sci.** 2014; 22(4): 273-278.

Queiroz LB, Da Silva LEV. Puberdade. In: Lourenço B, Queiroz LB, Da Silva LEV, Leal MM. *Medicina de Adolescentes.* 2014. São Paulo: Manole.

Ratel S. High intensity and resistance training and elite young athletes. **Med Sports Sci.** 2011;56:84-96.

Ribeiro LPV. **Maturação biológica em praticantes desportivos nos anos peri-pubertários: Estudo multimétodos e concorrente entre indicadores de**

**protocolos.** Tese de Doutorado vinculada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra. Portugal: Coimbra, 2012.

Ribeiro RR, Santos KD, Carvalho WRG, Gonçalves EM, Roman EP, Minato G. Aerobic fitness, biological and sociodemographic indicators in female school children. *Brazilian J Kinanthropometry Hum Performance*. 2013;15(4):448-457.

Roche A, Chumlea W, Thissen D. **Assessing the skeletal maturity of the hand wrist – FELS method.** Springfield: CC Thomas, 1988.

Rodrigues AMM, Coelho-e-Silva MJ, MotaJ, Cumming SP, Sherar LB, Neville H, Malina RM. Confounding effect of biologic maturation on sex differences in physical activity and sedentary behavior in adolescents. **Pediatr Ex Sci**. 2012;22:442-453.

Rowland TW. **Children's Exercise Physiology.** Champaign, IL: Human Kinetics, 2005.

Rumpf MC, Cronin JB, Oliver JL, Hughes M. Assessing youth sprint ability- methodological issues, reliability and performance data. **Pediatr Exerc Sci**. 2011;23(4):442-467.

Rumpf MC, Cronin JB, Oliver JL, Hughes MG. Vertical and leg stiffness and stretch-shortening cycle change across maturation during maximal sprint running. **Hum Mov Sci**. 2013;32(4):668-676.

Rumpf MC, Cronin JB, Mohamad IN, Mohamad S, Oliver J, Hughes M. Acute effects of sled towing on sprint time in male youth of different maturity status. **Pediatr Exerc Sci**. 2014a;26(1):71-75.

Rumpf MC, Cronin JB, Mohamad IN, Mohamad S, Oliver JL, Hughes MG. Kinetic asymmetries during running in male youth. **Phys Ther Sport**. 2014b;15(1):53-57.

Rumpf MC, Cronin JB, Mohamad IN, Mohamad S, Oliver JL, Hughes MG. The effect

of resisted sprint training on maximum sprint kinetics and kinematics in youth. **Eur J Sport Sci.** 2014c;5(1):1-8.

Ryder JR, Ball SD. Three Dimensional body scanning as a novel Technique for body composition assessment: A preliminar investigation. **J Exercise Physiol.** 2012;15(1):1-14.

Samara A, Ventura E, Alfadda A, Goran M. Use of MRI and CT for fat imaging in children and youth: what have we learned about obesity, fat distribution and metabolic disease risk? **Obes Rew.** 2012;13(8):723–732

Sannicandro I, Cofano G, Tosa RA, Piccino A. Balance training exercise decrease lower limb strength asymmetry in young tennis players. **J Sports Sci Med.** 2014;13:397-402.

Seabra A, Marques E, Brito J, Krstrup P, Abreu S, Oliveira J, Rêgo C, Mota J, Rebelo A. Muscle strength and soccer pratice as major determinants of bone mineral density in adolescentes. *Joint Bone Spine.* 2012;79(1):403-408.

Sherar LB, Baxter-Jones AD, Mirwald RL. Limitations to the use of secondary sex characteristics for gender comparisons. **Ann Hum Biol.** 2004; 31(5):585-593.

Sherar LB, Mirwald RL, Baxter-Jones ADG, Thoms M. Predcition of adult height using maturity based cumulative height velocity curves. **J Pediatr.** 2005;147:508-514.

Sigward SM, Pollard CD, Havens KL, Powers CM. The influence of sex and maturation on knee mechanics during side step cutting. **Med Sci Sports Exerc.** 2012;44(8):1497-1503.

Silva CC, Goldberg TBL, Teixeira AS, Dalmas JC. The impacto f diferente types of physical activity on total and regional bone mineral density in Young Brazilian athletes. *J Sports Sci.* 2011;29(3):227-234.



Silva DAS, Petroski EL, Gaya ACA. Anthropometric and physical fitness differences among Brazilian adolescents who practices diferente team court sports. **J Hum Kinetics**. 2013;36:77-86.

Silva S, Vieira F, Carnide F, Assunção A, Araújo J, Vasco A. Composição corporal em adolescentes portugueses: A atividade física e a maturidade são fatores determinantes específicos do sexo? **Rev Bras Cineantropometria Desempenho Hum**. 2014;16(3):247-259.

Simmons JH, Raines M, Ness KD, Hall R, Gebretsadik T, Mohan S, Spagnoli A. Metabolic control and bone health in adolescents with type 1 diabetes. **Int J Pediatr Endocrinol**. 2011;2011:13-21.

Stanforth D, Lu T, Stults-Kolehmainen MA, Crim BN, Stanforth PR. Bone mineral content and density among female NCAA Division I athletes across the competitive season and over a multi-year time frame. **J Strength Cond Res**. 2014; (Epub ahead of print).

Tanner JM. **Growth at adolescence**. 1962a, Oxford: Blackwell.

Tanner JM, Whitehouse RH, Healy MJR. **A new system for estimating skeletal maturity from the hand and wrist, with standards derived from a study of 2600 healthy British children**. Paris: International Children's Centre, 1962b.

Tanner JM, Whitehouse RH, Healy MJR, Goldstein H. **Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 method)**. New York: Academic Press, 1975.

Tanner JM, Healy MJR, Goldstein H, Cameron N. **Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 method)**. London: Saunders, 2001.

Thomas RJ, Nelson JK, Silverman SJ. **Research methods in physical activity.** Champaign, IL: Human Kinetic, 2011.

Till K, Coblev S, O'Hara J, Chapman C, Cooke C. An individualized longitudinal approach to monitoring the dynamics of growth and fitness development in adolescent athletes. **J Strength Cond Res.** 2013;27(5):1313-1321.

Tingaard J, Mieritz MG, Sorensen K, Mouritsen A, Hagen CP, Aksglaede L, Wohlfahrt-Veje C, Juul A. The physiology and timing of male puberty. **Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes.** 2012;19(3):197-203.

Tirik M, Rebai H, Shamssain M, Masmoudi K, Fellman N, Zouari N, Tabka Z. **Asian J Sports Med.** 2013;4(3):165-174.

Tonson A, Ratel S, Le Fur Y, Vilmen C, Cozzone PJ, Bendahan D. Muscle energetics changes throughout maturation: A quantitative <sup>31</sup>P-MRS analysis. **J Appl Physiol.** 2010;109(9):1769-1778.

Torres-Unda, Zarrazquinl, Gil J, Ruiz F, Irazusta A, Kortajarena M, Seco J, Irazusta J. Anthropometric, physiological and maturational characteristics in selected elite and non elite male adolescent basketball players. **J Sports Sci.** 2013;31(2):196-203.

Travill AL. The relationship between anthropometric characteristics and physical fitness of socially disadvantaged South African boys. **African J Physical Health Education Recreation Dance.** 2011;6(Supplement):113-122.

Valente-dos-Santos J, Coelho-e-Silva MJ, Tavares OM, Brito J, Seabra A, Sherar LB, Elferink-Gemser MT, Malina RM. Allometric modelling of peak oxygen uptake in male soccer players of 8-18 years of age. **Ann Hum Biol.** 2015;42(2):125-133.

Valente-dos-Santos J, Coelho-da-Silva MJ, Severino V, Duarte J, Martins RS, Figueiredo AJ, Seabra AT, Philippaerts RM, Cumming SP, Elferink-Gemser M, Malina RM. Longitudinal study of repeated Sprint performance in youth soccer players of contrasting skeletal maturity status. **J Sports Sci Med.** 2012;11(9):371-379.

Van den Berg L, Coetzee B, Pienaar AE. The influence of biological maturation on anthropometric determinants of talent identification among U-14 provincial girl tennis players – A pilot study. **AJPHERD.** 2012;18(3):510-524.

Vandendriessche JB, Vaeyens R, Vondorp B, Lenoir M, Lefevre J, Philippaerts RM. Biological maturation, morphology, fitness and motor coordination as part a selection strategy in the search for international youth soccer players (age 15-16 years). **J Sports Sci.** 2012;30(15):1695-1703.

Van der Sluis A, Elferink-Gemser MT, Coelho-da-Silva MJ, Nijboer JA, Brink MS, Visscher C. Sport injuries aligned to peak height velocity in talented pubertal soccer. **Int J Sports Med.** 2014;35(4):351-355.

Vanttinen T, Blomqvist M, Hakkinen K. Development of body composition, hormone profile, physical fitness, general perceptual motor skills, soccer skills and on-the-ball performance in soccer specific laboratory test among adolescent soccer player. **J Sports Sci Med.** 2010;9(12):547-556.

Velasquez-Alva MC, Irigoyen-Camacho ME, Huerta-Huerta R, Delgadillo-Velasquez J. A comparison of dual energy X ray absorptiometry and two bioelectrical impedance analyzers to measure body fat percentage and fat free mass index in a group of Mexican Young women. **Nutr Hosp.** 2014;29(5):1038-1046.

Veldhuis JD, Roemmich JN, Richmond EJ, Rogol AD, Lovejoy JC, Sheffield-Moore M, Mauras N, Bowers CT. Endocrine control of body composition in infancy,

childhood and puberty. **Endocrine Rev.** 2005;26(1):114-146.

Verkhoshanski YV. Treinamento Desportivo: Teoria e Metodologia. Porto Alegre: Artmed, 2001.

Vieira F, Veiga V, Carita AL, Petroski EL. Morphological and physical fitness characteristics of under-16 Portuguese male handball players with diferente levels of practice. **J Sports Med Phys Fitness.** 2013;53(2):169-176.

Wang JG, Zhang Y, Chen HE, Li Y, Cheng XG, Xu L, et al. Comparison of two bioelectrical impedance analysis devices with dual energy X ray absorptiometry and magnetic resonance imaging in the estimation of body composition. **J Strength Cond Res.** 2013;27(1):236-243.

Waugh CM, Blazeovich AJ, Korff T, Fath F. Age related changes in mechanical properties of the Achilles tendon. **J Anat.** 2012;220(2):144-155.

Waugh CM, Korff T, Fath F. Blazeovich AJ. Effects of resistance training on tendon mechanical properties and rapid force production in prepubertal children. **J Appl Physiol.** 2014;117(3):257-266.

Wells JC, Haroun D Williams JE, Darch T, Eaton S, Viner R, Fewtrell MS. Evaluation of lean tissue density for use in air displacement plethysmography in obese children and adolescents. **Eur J Clin Nutr.** 2011;;65(10):1094-1101.

Wong WW, Stuff JE, Butte NF, Smith EO, Ellis KJ. Estimating body fat in African American and white adolescents girls: A comparison of skinfold thickness equations with a 4 compartment criterion model. **Am J Clin Nutr.** 2000;72(2):348-354.

World Health Organization (WHO): **Population-based approaches to childhood obesity prevention.** Geneva: WHO Press, 2012

Zakrzewski J, Tolfrey K. Fatmax in children and adolescent: A review. **Eur J Sport Sci.** 2011;11(1):1-18.

Zatsiorsky VM , Kraemer WJ. Science and Praticice of Strength Training. Champaign: Human Kinetics, 2006.

Zemel BS. Quantitative computed tomography and computed tomography in children. **Curr Osteoporos Reports.** 2011;9(4):284–290.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1

UNIVERSIDADE MUNICIPAL  
DE SÃO CAETANO DO SUL -



#### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

##### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Influência da composição corporal sobre os indicadores de desempenho físico-motor ao longo do processo maturacional em jovens atletas.

**Pesquisador:** Daniel Leite Portella

**Área Temática:**

**Versão:** 4

**CAAE:** 41232214.2.0000.5510

**Instituição Proponente:** Universidade Municipal de São Caetano do Sul

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

##### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 1.091.413

**Data da Relatoria:** 01/06/2015

##### Apresentação do Projeto:

Este projeto visa realizar avaliações, pontuais de caráter transversal, de composição corporal, desempenho físico e maturação biológica para investigar a associação e peso desses indicadores entre atletas jovens, de 11 a 17 anos.

##### Objetivo da Pesquisa:

Determinar as causas e efeitos que a composição corporal e maturação biológica geram no desempenho físico-motor em jovens atletas.

##### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

**Riscos:** poderá ocorrer o aumento na frequência cardíaca e respostas atípicas na condição cardiorrespiratória; Outros fatos que raramente poderão acontecer são: tonturas, náuseas e moleza devido ao cansaço, lesões musculares ou articulares (distensão, entorse, luxação), são acometimentos raros nas atividades que serão executadas, entretanto, caso venha a ocorrer o indivíduo será conduzido a um atendimento apropriado.

**Benefícios:** possibilidade do planejamento e aplicação de conteúdos de treinamento de forma adequada para explorar o potencial do jovem atleta; assim como nortear os conteúdos pertinentes aos estágios maturacionais.

Endereço: Rua Santo Antonio, 50

Bairro: Centro

CEP: 09.521-160

UF: SP

Município: SÃO CAETANO DO SUL

Telefone: (11)4239-3200

Fax: (11)4221-9888

E-mail: cep.uscs@uscs.edu.br

UNIVERSIDADE MUNICIPAL  
DE SÃO CAETANO DO SUL -



Continuação do Parecer: 1.091.413

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Esta submissão refere-se a uma emenda informando que, o projeto intitulado "Adaptações Morfofuncionais em Jovens Atletas" é um recorte do projeto inicial do projeto "Adaptações Morfofuncionais em Jovens Atletas" - parte integrante do programa de Iniciação Científica da Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS) sob responsabilidade de desenvolvimento do discente Marco Bossetto e orientação do docente Daniel Portella (pesquisador responsável). Por ambos os projetos compartilharem a mesma metodologia, TCLE e demais documentos.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Não há.

**Recomendações:**

Não há.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Aprovado.

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Incluir o nome do estudante de iniciação científica na equipe de pesquisa - Plataforma Brasil.

SAO CAETANO DO SUL, 02 de Junho de 2015

---

Assinado por:  
celi de paula silva  
(Coordenador)