



## ARTIGO ORIGINAL

# Biocultural approach of the association between maturity and physical activity in youth<sup>☆</sup>



André O. Werneck<sup>a,\*</sup>, Danilo R. Silva<sup>b</sup>, Paul J. Collings<sup>c</sup>, Rômulo A. Fernandes<sup>d</sup>,  
Enio R.V. Ronque<sup>a</sup>, Manuel J. Coelho-e-Silva<sup>e</sup>, Luís B. Sardinha<sup>f</sup> e Edilson S. Cyrino<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidade Estadual de Londrina (UEL), Grupo de Estudo e Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Exercício (Gepemene), Londrina, PR, Brasil

<sup>b</sup> Universidade Federal do Sergipe (UFS), Departamento de Educação Física, São Cristóvão, SE, Brasil

<sup>c</sup> Bradford NHS Foundation Trust, Bradford Institute for Health Research, Bradford, Inglaterra

<sup>d</sup> Universidade Estadual Paulista (Unesp), Departamento de Educação Física, Laboratório de Investigação em Exercício (Live), Grupo de Iniciação Científica Relacionado à Atividade Física (Gicraf), Presidente Prudente, SP, Brasil

<sup>e</sup> Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

<sup>f</sup> Universidade de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana, Laboratório de Exercícios e Saúde, Lisboa, Portugal

Recebido em 14 de junho de 2017; aceito em 15 de setembro de 2017

### KEYWORDS

Adolescent;  
Child;  
Maturity;  
Motor activity

### Abstract

**Objective:** To test the biocultural model through direct and indirect associations between biological maturation, adiposity, cardiorespiratory fitness, feelings of sadness, social relationships, and physical activity in adolescents.

**Methods:** This was a cross-sectional study conducted with 1,152 Brazilian adolescents aged between 10 and 17 years. Somatic maturation was estimated through Mirwald's method (peak height velocity). Physical activity was assessed through Baecke questionnaire (occupational, leisure, and sport contexts). Body mass index, body fat (sum of skinfolds), cardiorespiratory fitness (20-m shuttle run test), self-perceptions of social relationship, and frequency of sadness feelings were obtained for statistical modeling.

**Results:** Somatic maturation is directly related to sport practice and leisure time physical activity only among girls ( $\beta = 0.12$ ,  $p < 0.05$  and  $\beta = 0.09$ , respectively,  $p < 0.05$ ). Moreover, biological (adiposity and cardiorespiratory fitness), psychological (sadness), and social (satisfaction with social relationships) variables mediated the association between maturity and physical activity in boys and for occupational physical activity in girls. In general, models presented good fit coefficients.

DOI se refere ao artigo:

<https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2017.09.008>

<sup>☆</sup> Como citar este artigo: Werneck AO, Silva DR, Collings P, Fernandes RA, Ronque ER, Coelho-e-Silva MJ, et al. Biocultural approach of the association between maturity and physical activity in youth. J Pediatr (Rio J). 2018;94:658–65.

\* Autor para correspondência.

E-mail: [andrewerneck@gmail.com](mailto:andrewerneck@gmail.com) (A.O. Werneck).

**PALAVRAS-CHAVE**

Adolescente;  
Criança;  
Maturação;  
Atividade motora

*Conclusion:* Biocultural model presents good fit and emotional/biological factors mediate part of the relationship between somatic maturation and physical activity.

© 2017 Sociedade Brasileira de Pediatria. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

**Abordagem biocultural da associação entre maturação e atividade física na juventude****Resumo**

*Objetivo:* Testar o modelo biocultural por meio de associações diretas e indiretas entre maturação biológica, adiposidade, capacidade cardiorrespiratória, sentimentos de tristeza, relacionamentos sociais e atividade física em adolescentes.

*Métodos:* Este foi um estudo transversal feito com 1.152 adolescentes brasileiros entre 10 e 17 anos. A maturação somática foi estimada por meio do método de Mirwald (pico da velocidade de crescimento). A atividade física foi avaliada por meio do questionário de Baecke (contextos ocupacional, lazer e prática de esportes). Foram obtidos o índice de massa corporal, gordura corporal (soma de dobras cutâneas), capacidade cardiorrespiratória (teste *shuttle run* de 20 metros), autopercepções de relação social e frequência de sensação de tristeza para modelagem estatística.

*Resultados:* A maturação somática mostrou-se diretamente relacionada à prática de esportes e à atividade física de lazer somente entre meninas ( $\beta = 0,12$ ,  $p < 0,05$  e  $\beta = 0,09$ , respectivamente,  $p < 0,05$ ). Ademais, as variáveis biológicas (adiposidade e aptidão cardiorrespiratória), psicológica (tristeza) e social (satisfação com os relacionamentos sociais) mediaram a associação entre maturação e atividade física em meninos e para atividade física ocupacional em meninas. Em geral, os modelos apresentaram bons coeficientes de ajuste.

*Conclusão:* O modelo biocultural apresenta bom ajuste e fatores emocionais/biológicos mediam parte da relação entre maturação somática e atividade física.

© 2017 Sociedade Brasileira de Pediatria. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

**Introdução**

O sedentarismo está associado a vários resultados negativos.<sup>1</sup> Recentemente, uma comprovação prospectiva classificou o sedentarismo como uma das causas de óbito mais dispendiosas e mais representativas em todo o mundo,<sup>1</sup> se tornou um problema de saúde pública. Apesar de o sedentarismo afetar a maior parte dos grupos populacionais,<sup>2</sup> a transição entre infância e adolescência parece ser um período crítico com relação ao abandono de comportamentos ativos como atividade física ou prática de esportes em geral<sup>2</sup> e aumento de comportamentos sedentários,<sup>3</sup> que têm uma continuidade moderada até a vida adulta.<sup>4</sup> Nesse sentido, com relação às orientações (pelo menos 60 minutos de atividade física moderada a vigorosa diariamente), a prevalência de sedentarismo em todo o mundo é alta.<sup>5</sup> No Brasil, o sedentarismo entre jovens está em cerca de 60% entre meninos e 75% entre meninas, ao considerar 300 minutos de atividade física por semana como fisicamente ativo.<sup>6</sup> Assim, entender os fatores determinantes e correlacionar os diferentes domínios da atividade física nessas idades surge como uma importante área de pesquisa para propor uma intervenção de saúde com efeitos de médio e longo prazos.

O principal foco dos fatores determinantes e das correlações com a atividade física em jovens envolve sexo, fatores psicossociais, sociais e ambientais, porém menos

atenção tem sido dada a importantes alterações biológicas que ocorrem durante essa fase.<sup>3</sup> Os adolescentes da mesma idade cronológica podem estar em diferentes ritmos biológicos, o que pode influenciar as variáveis ambientais físicas, psicológicas, sociais e percebidas relacionadas a atividade física.<sup>4</sup> Contudo, há diferentes fatores biológicos que também podem influenciar a prática de atividade física.<sup>7,8</sup>

Durante os anos de crescimento, um importante fator é a maturação biológica, que é o processo com relação ao estado de maturação que influencia vários sistemas de órgãos.<sup>9</sup> Uma maturação biológica precoce está associada, por meio de vários possíveis fatores mediadores, a maior adiposidade, fatores de risco cardiovascular e fatores de risco comportamentais, principalmente entre meninas, nas quais o crescimento de adiposidade é o maior marco da puberdade.<sup>9,10</sup> Especificamente, uma maturação biológica precoce está associada a menor nível de atividade física;<sup>11</sup> contudo, a associação parece ser predominantemente indireta, passar especialmente por fatores psicológicos.

Nesse sentido, uma abordagem biocultural da relação entre maturação biológica e atividade física foi proposta com vistas a integrar os fatores sociais, intrapessoais, biológicos e comportamentais no mesmo modelo, por meio de abordagens de modelagem de equações estruturais.<sup>4</sup> Três estudos<sup>12-14</sup> testaram esse modelo em meninas britânicas e encontraram associações significativas entre maturação e atividade física por meio de construções

interpessoais/psicológicas, como imagem corporal, autopercepção e autoeficácia. Contudo, mesmo caminhos mais viáveis, que envolvem fatores sociais e outros fatores biológicos, como obesidade<sup>8</sup> e boa condição física,<sup>15,16</sup> são possíveis e ainda não foram verificados.

Portanto, são garantidas interações mais complexas entre as correlações biológicas, psicológicas e ambientais em jovens de ambos os sexos. Assim, visamos a testar o modelo biocultural por meio de associações diretas e indiretas entre maturação biológica, adiposidade, capacidade cardiorrespiratória, tristeza, relações sociais e atividade física em adolescentes. Nossa hipótese foi que a associação entre maturação biológica e atividade física passa por fatores mediadores biológicos e psicológicos e validam o modelo biocultural.

## Métodos

### Amostra

Este foi um estudo escolar epidemiológico transversal em adolescentes brasileiros entre 10 e 17 anos, matriculados em escolas públicas de Londrina/PR. A cidade em que o estudo foi feito tem 506.701 habitantes, um índice de desenvolvimento humano médio de 0,778 e produto interno bruto *per capita* de R\$ 8.530,77.<sup>17</sup>

O recrutamento da amostra foi feito em dois estágios. Primeiro, todas as escolas públicas da cidade foram separadas em regiões (norte, sul, leste, oeste e centro) e duas escolas foram aleatoriamente selecionadas de cada local. Posteriormente, as classes das escolas foram aleatoriamente selecionadas e todos os estudantes nas classes foram convidados a participar do estudo. Os adolescentes que tomavam algum medicamento prescrito, em tratamento de alguma doença ou que não entregaram o formulário de consentimento assinado pelos pais foram considerados inelegíveis. O recrutamento totalizou 1.395 adolescentes, porém 243 não forneceram todos os dados necessários para a análise deste estudo e foram excluídos. A análise de falta de nossa amostra já está publicada.<sup>8</sup> O comitê de ética local, de acordo com a Declaração de Helsinque, aprovou todos os procedimentos. O consentimento informado foi obtido de todos os participantes e pais dos adolescentes individuais incluídos no estudo.

### Procedimentos

A coleta de dados foi feita na escola. A equipe de pesquisa, composta por alunos de graduação e pós-graduação treinados, ficou em cada escola por uma semana. Nos primeiros dois dias os indivíduos foram convidados a participar; o termo de consentimento foi entregue e coletado. Nos três últimos dias da semana, as avaliações foram feitas na mesma ordem em todas as dez escolas.

### Medidas

#### Atividade física

O questionário de Baecke<sup>18</sup> foi respondido pelos próprios adolescentes (com orientação de um ajudante treinado) e

usado como um indicador de nível atual de atividade física dos adolescentes. Esse instrumento contém perguntas sobre a intensidade da prática e o tempo de prática, que fornecem pontuações específicas para cada domínio de atividade física (ocupacional, tempo de lazer e prática de esportes), que foram tratados como diferentes padrões de atividade física. O coeficiente de correlação intraclasse (CCI) do questionário foi de 0,73, que é considerado moderado a bom.<sup>19</sup>

#### Maturação biológica

A maturação biológica foi estimada por meio da maturação somática obtida da idade estimada no pico da velocidade de crescimento, com o uso do algoritmo proposto por Mirwald et al.<sup>20</sup> Esse método estima a distância em anos do pico de velocidade de crescimento por meio de variáveis antropométricas (estatura, altura sentado, comprimento da perna e massa corporal). A previsão da idade no pico de velocidade de crescimento é determinada pela subtração da maturação (*maturity offset*) a partir da idade cronológica.

#### Indicadores de adiposidade

O estado nutricional foi obtido por meio do índice de massa corporal (IMC) com a fórmula:  $\text{kg/m}^2$ , com os seguintes valores de erro técnico da medição: peso = 0,68% e medidas de estatura = 0,37%. A gordura corporal foi coletada por meio da espessura das dobras dermocutâneas subescapular e tricipital, medidas por um avaliador treinado com um compasso de calibre Lange® (precisão = 0,5 mm), de acordo com as recomendações de Harrison et al.<sup>21</sup> Os erros técnicos de medição (ETM) foram 4,8% e 3,5% para as dobras cutâneas subescapular e tricipital, respectivamente.

#### Capacidade cardiorrespiratória

Os participantes fizeram o teste *shuttle-run* de 20 metros proposto por Léger e Lambert.<sup>22</sup> O protocolo foi administrado nas quadras internas das escolas. Com base no tempo de teste que os adolescentes atingiram, estimamos o VO<sub>2</sub> pico em  $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , de acordo com as equações propostas por Léger et al.<sup>23</sup>

#### Variáveis psicológicas

A sensação de tristeza foi obtida por meio da pergunta da escala tipo Likert: “Com que frequência você se sente triste ou deprimido?” e as opções variaram de “raramente” a “muito frequentemente” em quatro possibilidades e CCI de 0,62. Além disso, a autopercepção sobre o relacionamento entre amigos, parentes e professores foi avaliada por meio do questionário. Especificamente, as perguntas foram retiradas da escala tipo Likert e são as seguintes: “Com relação a seu relacionamento com seus colegas de classe e amigos, você é”, “Com relação a seu relacionamento com sua família, você é” e “Com relação a seu relacionamento com seus professores, você é”. As opções variam de “muito satisfeito” a “muito insatisfeito” com quatro possibilidades e o ICC das perguntas foi, respectivamente, 0,50, 0,53 e 0,69. Todo CCI para as variáveis psicológicas foi considerado moderado a bom.<sup>19</sup>

#### Análise estatística

As estatísticas descritivas (média, mínimo e máximo) foram usadas para descrever as características da amostra. Após

**Tabela 1** Correlações brutas entre as principais variáveis de acordo com o sexo

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Meninos (n = 512)</b>											
1. Idade no pico de velocidade de crescimento	1,00										
2. Índice de massa corporal	-0,37 <sup>a</sup>	1,00									
3. Soma das dobras cutâneas	-0,39 <sup>a</sup>	0,84 <sup>a</sup>	1,00								
4. Capacidade cardiorrespiratória	-0,02	-0,41 <sup>a</sup>	-0,47 <sup>a</sup>	1,00							
5. Tristeza	-0,01	0,05	0,02	0,08	1,00						
6. Relacionamento com a família	-0,08	0,02	0,06	0,03	-0,21 <sup>a</sup>	1,00					
7. Relacionamento com amigos	-0,07	0,04	0,06	0,08	-0,06	0,25 <sup>a</sup>	1,00				
8. Relacionamento com professores	-0,10 <sup>a</sup>	-0,02	0,01	0,03	-0,10 <sup>a</sup>	0,19 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>	1,00			
9. Atividade física esportiva	0,01	0,03	-0,02	0,19 <sup>a</sup>	-0,03	0,09 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,02	1,00		
10. Atividade física ocupacional	0,03	0,06	0,03	0,07	0,10 <sup>a</sup>	-0,08	0,02	-0,15 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	1,00	
11. Atividade física de lazer	0,00	-0,06	-0,15 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>	-0,02	-0,00	0,07	-0,04	0,32 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>	1,00
<b>Meninas (n = 640)</b>											
1. Idade no pico de velocidade de crescimento	1,00										
2. Índice de massa corporal	-0,24 <sup>a</sup>	1,00									
3. Soma das dobras cutâneas	-0,25 <sup>a</sup>	0,88 <sup>a</sup>	1,00								
4. Capacidade cardiorrespiratória	-0,24 <sup>a</sup>	-0,37 <sup>a</sup>	-0,40 <sup>a</sup>	1,00							
5. Tristeza	0,14 <sup>a</sup>	-0,04	-0,02	-0,08	1,00						
6. Relacionamento com a família	-0,10 <sup>a</sup>	-0,12 <sup>a</sup>	-0,09 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>	-0,25 <sup>a</sup>	1,00					
7. Relacionamento com amigos	-0,11 <sup>a</sup>	-0,01	-0,02	0,02	-0,11 <sup>a</sup>	0,32 <sup>a</sup>	1,00				
8. Relacionamento com professores	-0,08	0,03	-0,01	0,02	-0,16 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>	0,07	1,00			
9. Atividade física esportiva	-0,01	-0,00	0,01	0,19 <sup>a</sup>	0,02	0,08 <sup>a</sup>	0,07	0,00	1,00		
10. Atividade física ocupacional	0,07	-0,08 <sup>a</sup>	-0,08	0,10 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>	-0,07	-0,08 <sup>a</sup>	-0,11 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>	1,00	
11. Atividade física de lazer	0,01	-0,01	-0,02	0,07	-0,01	0,06	0,07	0,02	0,29 <sup>a</sup>	0,03	1,00

Observação: Os maiores valores da idade no pico de velocidade de crescimento indicam maturação tardia. Os maiores valores de tristeza e relacionamento social são positivos (raramente triste e muito satisfeito com o relacionamento).

<sup>a</sup> p < 0,05.

isso, para analisar a associação entre as variáveis, fizemos as correlações de Pearson com o *software* SPSS (IBM SPSS Estatística para Windows, Versão 22.0. NY, EUA).

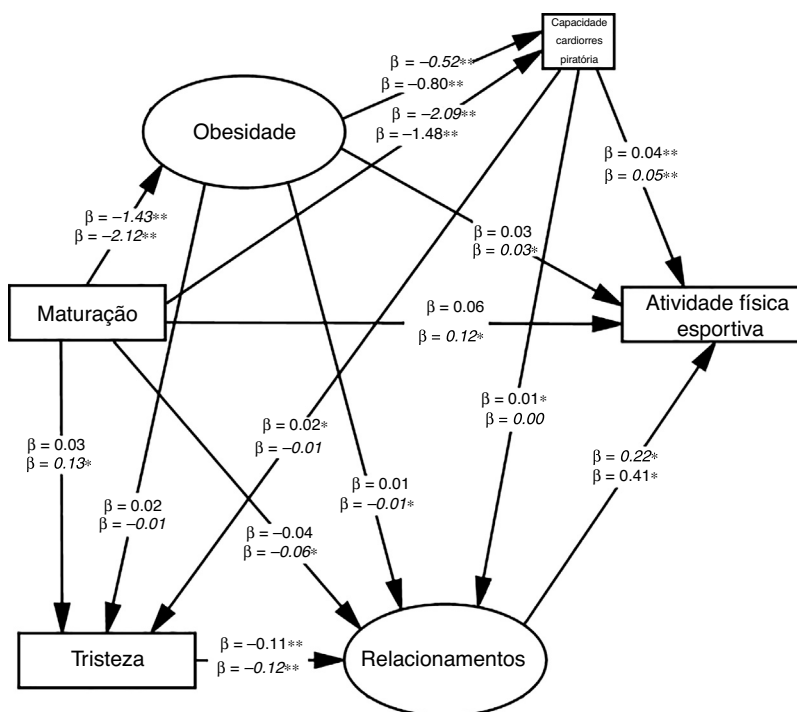
O modelo de equação estrutural foi usado para verificar as associações entre a maturação biológica, as variáveis biológicas (adiposidade e capacidade cardiorrespiratória), tristeza, relacionamentos sociais e atividade física. Os parâmetros foram estimados pelo método de máxima verossimilhança, com o *software* AMOS (Amos, versão 22, IBM SPSS, IL, EUA). Os resultados são apresentados pelos coeficientes de regressão beta ( $\beta$ ). Para estimar o modelo de ajuste global, usamos os seguintes parâmetros: teste de qui-quadrado ( $X^2$ ),  $X^2$ /graus de liberdade (gl), média de aproximação de raízes quadradas, índice de ajuste comparativo e índice de Tucker-Lewis (TLI). Os valor < 3,0 para  $X^2$ /gl, < 0,08 para média de aproximação de raízes quadradas, > 0,95 para índice de ajuste comparativo e > 0,95 para TLI indicam ajuste aceitável.

O modelo teórico é descrito na [figura 1](#). A variável exógena mais distal foi maturação biológica, que passa pelas variáveis de relações sociais (percepção das relações sociais, tristeza e estresse), variáveis biológicas para atingir atividade física como o resultado teórico. Ademais, estratificamos os modelos por sexo. Foi adotado um nível de significância de 95% para marcar as associações de forma significativa.

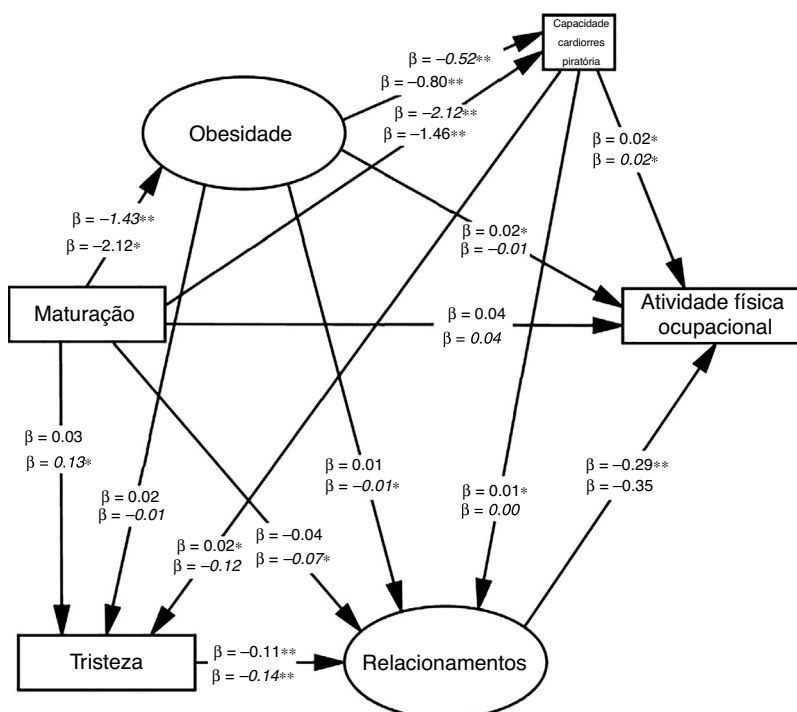
## Resultados

A amostra final de nosso estudo foi composta por 1.152 adolescentes entre 10 e 17 anos. Os participantes do estudo apresentaram idade cronológica média de  $13 \pm 1,4$  anos sem diferença estatística ( $p > 0,05$ ). A idade do pico de velocidade de crescimento foi de  $12 \pm 0,7$  e  $14 \pm 0,7$  anos, respectivamente, entre meninos e meninas (com diferenças significativas  $p < 0,001$ ). Nas análises de correção bruta ([tabela 1](#)), a maturação somática não foi correlacionada a padrões de atividade física em nenhum dos sexos ( $p > 0,05$ ). Da mesma forma, os indicadores de adiposidade foram correlacionados apenas a atividade física ocupacional em meninas ( $p < 0,05$ ). Tristeza e percepção dos relacionamentos foram correlacionados a atividade física ocupacional nos dois sexos ( $p < 0,05$ ), exceto com parentes e amigos para meninos.

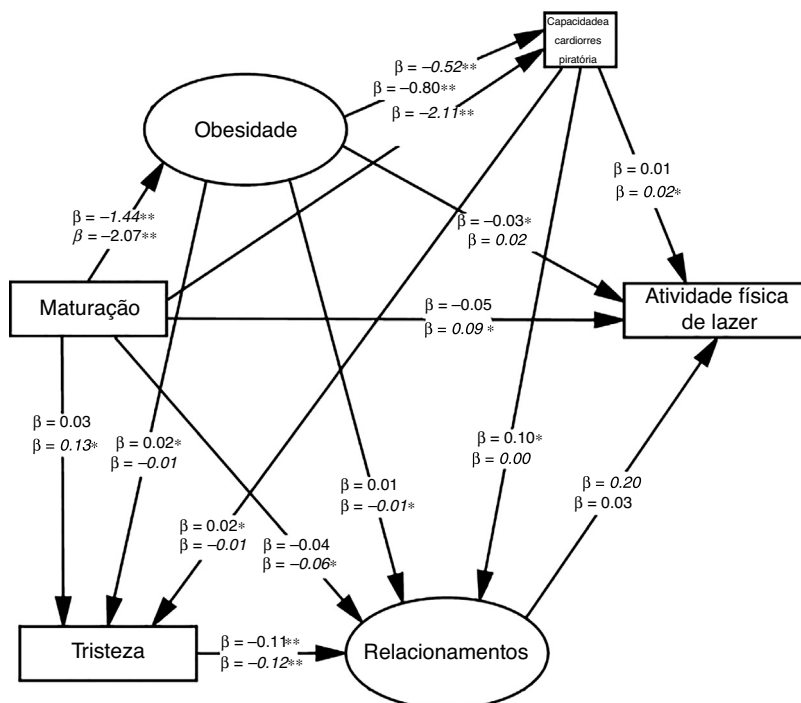
Nas principais análises, conduzimos modelos de equação estrutural para três domínios de atividade física (esportes = [figura 1](#), ocupacional = [figura 2](#) e lazer = [figura 3](#)), que foram, em geral, ajustados para os dados de acordo com  $X^2$ /GL, erro quadrático médio de aproximação, índice de ajuste comparativo e índice de Tucker Lewis. Incluímos duas variáveis latentes nos modelos (adiposidade: índice de massa corporal e soma das dobras cutâneas e percepção dos relacionamentos: com parentes, professores e amigos). A maturação



**Figura 1** Modelo final para a associação entre os fatores biológicos e comportamentais e a prática de esportes por sexo. Dados em itálico fazem referência às meninas. Parâmetros de ajuste para meninos:  $X^2 = 20,64$  ( $p = 0,242$ );  $X^2 / GL = 1,21$ ; RMSEA = 0,02; CFI = 0,99; TLI = 0,99. Parâmetros de ajuste para meninas:  $X^2 = 21,74$  ( $p = 0,195$ );  $X^2 / GL = 1,28$ ; RMSEA = 0,02; CFI = 0,99; TLI = 0,99. \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,001$ .



**Figura 2** Modelo final para a associação entre os fatores biológicos e comportamentais e a prática de ocupacional por sexo. Dados em itálico fazem referência às meninas. Parâmetros de ajuste para meninos:  $X^2 = 27,49$  ( $p = 0,051$ );  $X^2 / GL = 1,62$ ; RMSEA = 0,03; CFI = 0,99; TLI = 0,97. Parâmetros de ajuste para meninas:  $X^2 = 37,09$  ( $p = 0,003$ );  $X^2 / GL = 2,18$ ; RMSEA = 0,04; CFI = 0,99; TLI = 0,97. \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,001$ .



**Figura 3** Modelo final para a associação entre os fatores biológicos e comportamentais e a prática de atividade física de lazer por sexo. Dados em itálico fazem referência às meninas. Parâmetros de ajuste para meninas:  $\chi^2 = 29,12$  ( $p = 0,033$ );  $\chi^2 / GL = 1,71$ ; RMSEA = 0,03; CFI = 0,99; TLI = 0,99. Parâmetros de ajuste para meninos:  $\chi^2 = 21,74$  ( $p = 0,195$ );  $\chi^2 / GL = 1,28$ ; RMSEA = 0,02; CFI = 0,99; TLI = 0,99. \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,001$ .

somática foi diretamente associada exclusivamente a atividade física em padrões de lazer e prática de esporte em meninas. A percepção dos relacionamentos foi diretamente associada à prática de esportes em ambos os sexos, porém foi inversamente associada a atividade física ocupacional em meninas. A capacidade cardiorrespiratória foi diretamente associada à prática de atividade física em todos os domínios, exceto para meninos, na prática de atividade física de lazer. Adicionalmente, o indicador de adiposidade foi associado à prática de esportes em meninas e atividade física ocupacional e de lazer em meninos.

## Discussão

O estudo atual visou a testar o modelo biocultural por meio de associações diretas e indiretas entre maturação biológica e diferentes domínios de atividade física em meninos e meninas brasileiros. Nossos principais achados foram que: 1) a maturação somática foi diretamente associada à prática de atividade física somente em meninas (lazer e esportes); 2) as relações sociais mediaram a associação entre maturação e dois domínios de atividade física (esporte e ocupacional) em meninos e domínio de esporte em meninas; 3) a adiposidade mediou a relação entre maturação e esporte (meninas), atividade física ocupacional e de lazer (meninos); e 4) a associação analisada (maturação e atividade física) ainda passa pela capacidade cardiorrespiratória com relação à prática de esportes e atividade física ocupacional em ambos os sexos e atividade física de lazer entre meninas. Por fim, as interações entre possíveis medi-

adores da associação entre maturação somática e atividade física (tristeza, relação social, adiposidade e capacidade cardiorrespiratória) devem ser destacadas para entender a complexidade da previsão de alguns comportamentos.

A atividade física é um comportamento com vários fatores determinantes.<sup>24</sup> As comprovações mostram que os fatores individuais, sociais e ambientais podem explicar alguns domínios de atividade física em jovens de diferentes locais em todo o mundo.<sup>24</sup> Assim, Cumming et al.<sup>7</sup> propuseram uma abordagem biocultural, incluíram variáveis intrapessoais e sociais, bem como fatores biológicos para examinar os fatores determinantes de atividade física e, em especial, a relação entre maturação biológica e atividade física, que pode passar por caminhos sociais/culturais, psicológicos e biológicos.

O estudo atual constatou uma relação direta e positiva entre maturação somática e prática de esportes e atividade física de lazer em meninas. Em outras palavras, as meninas que apresentaram maturação tardia mostraram maiores níveis de atividade física. Considerando que a maturação biológica está relacionada a várias mudanças no sistema neuroendócrino dos adolescentes, uma possível explicação para esse achado pode estar na biologia orgânica do sexo feminino em si. Uma delas é uma regulação da secreção de dopamina, que está relacionada ao prazer e à motivação da prática da atividade física e exercícios.<sup>25</sup> Como as meninas tendem a amadurecer em média dois anos antes do que os meninos, a sensibilidade à dopamina pode sofrer um impacto e, conseqüentemente, a atividade física se tornaria menos agradável.<sup>9</sup> Além disso, as características intrapessoais que não monitoramos aqui, como imagem corporal, sexualidade,

autoeficácia e motivação a ser ativo, que estão relacionadas à maturação e atividade física, podem estar envolvidas na associação observada.<sup>26</sup>

Além da associação direta, a maior parte do efeito da maturação somática na atividade física parece passar indiretamente por possíveis mediadores. Nossos achados corroboram os caminhos biológicos e sociais entre maturação somática e atividade física. Primeiramente, constatamos que a maturação somática teve resultados biológicos influenciados, que têm relações significativas com a atividade física. Especificamente adolescentes que apresentaram maturação precoce, que mostraram maior adiposidade e forma física, ambas associadas a atividade física (o resultado).

Esperávamos diferenças entre meninos e meninas. Entre meninas, a melhoria da gordura corporal relacionada, entre outros sistemas, à função reprodutiva durante a puberdade é clara e parece influenciar negativamente a capacidade cardiorrespiratória. Em contrapartida, os meninos tendem a melhorar a massa magra durante a puberdade e apresentaram maior capacidade cardiorrespiratória. Esses achados podem estar relacionados às nossas medições de adiposidade, que não têm sensibilidade para avaliar compartimentos corporais. Assim, a melhoria no tamanho corporal total (incluindo massa muscular) em meninos que apresentaram maturação precoce provavelmente foi considerada gordura corporal. Com relação a isso, adiposidade e capacidade cardiorrespiratória foram correlacionadas a atividade física na juventude.<sup>8</sup> Contudo, não está clara a direção dessa associação e são necessários estudos longitudinais adicionais. Destacamos aqui a importância de considerar a relação entre adiposidade e capacidade cardiorrespiratória como intermediários de maturação e atividade física.

No que diz respeito ao caminho psicológico/social, foram observados principalmente efeitos em meninas e no domínio de práticas de esportes. As meninas com maturação precoce relataram mais sentimentos de tristeza, que foram inversamente relacionados à insatisfação em relações sociais, que, por sua vez, parece prever menor prática de esportes. Em contrapartida, as meninas com maturação mais tardia relataram maior satisfação com as relações sociais. Supomos que, além do primeiro caminho (tristeza > relacionamento social > prática de esportes) parecer mais forte, uma possível interação com a adiposidade (maior adiposidade, pior relacionamento social) deve explicar esse resultado. Assim, além de destacar alguns outros importantes fatores psicológicos, como imagem corporal, autocompetência, autoestima e aceitação dos pares, que foram estudados como mediador ou moderador da relação entre maturação e atividade física,<sup>7,12,14,15</sup> destacamos a interação entre os fatores biológicos, psicológicos e sociais na explicação de comportamento saudável. Em meninos, por exemplo, encontramos qualquer caminho psicológico/social direto. Contudo, a capacidade cardiorrespiratória foi positivamente relacionada à satisfação com as relações sociais e a interação entre elas pode promover maiores níveis de prática de esportes e atividade física ocupacional. Indica, assim, de acordo com estudos anteriores,<sup>11</sup> uma relação clara mais forte entre a maturação biológica entre meninas do que entre meninos, devido a contextos sociais.

O estudo atual apresentou limitações que devem ser destacadas. O modelo transversal não permite temporalidade

entre as variáveis; contudo, nosso modelo teórico teve como base uma comprovação longitudinal.<sup>27</sup> A atividade física autorrelatada pode ter causado certo viés; contudo, o questionário adotado foi validado para adolescentes brasileiros<sup>28</sup> e mostrou boa reprodutibilidade em nossa amostra (CCI = 0,73). A validação da idade no pico de velocidade de crescimento fornecida pelo protocolo de maturação usado no estudo atual foi recentemente criticado com base nos dados longitudinais de ambos os sexos.<sup>29</sup> A amostra deste estudo abrangeu adolescentes entre 10-17 anos e os dois estudos acima com crianças polonesas em idade escolar comprovaram uma correlação entre a idade cronológica e as estimativas de idade no pico de velocidade de crescimento decorrentes do protocolo de maturação. Além disso, considerando a ampla gama de idade cronológica (10-17 anos), mesmos com os ajustes estatísticos, existe a possibilidade de essa heterogeneidade poder afetar os comportamentos (por exemplo, atividade física) e variáveis biológicas (por exemplo, capacidade cardiorrespiratória e adiposidade).<sup>4,9</sup> Os erros de estimativa foram consistentemente mais estreitos em anos a respeito do pico de velocidade de crescimento real calculado a partir dos dados longitudinais. Entre os pontos fortes, adotamos um método objetivo para estimar a maturação somática,<sup>20</sup> que representa apenas um domínio da maturação biológica, porém tem associação moderada com maturação sexual, óssea e cognitiva.<sup>9</sup> Ademais, este é o primeiro estudo conduzido com uma amostra representativa de adolescentes de uma cidade brasileira, com aspectos de um país em desenvolvimento, e analisada pelo modelo de equação estrutural, que nos proporcionou a oportunidade de uma visão integrada a respeito de associações multivariadas.

O modelo biocultural pode ajudar nas intervenções de múltiplos componentes da atividade física que visam a grupos específicos. Foi mostrado que os adolescentes com maturação precoce são mais propensos a comportamentos não saudáveis<sup>30</sup> e risco cardiovascular.<sup>10</sup> Com base nos achados atuais, o foco nos intermediários biológicos, psicológicos e sociais deve aprimorar as estratégias de promoção de atividade física. Ações específicas para adolescentes com maturação avançada que previnam a obesidade e baixa capacidade cardiorrespiratória por meio de um ambiente prazeroso que estimule sensações positivas e interações sociais podem ser uma boa opção. Nesse sentido, espera-se que as melhorias biológicas forneçam benefícios psicológicos/sociais e vice-versa.

Por fim, concluímos que a maturação somática tem uma associação direta à prática de esportes e atividade física de lazer entre meninas. Com relação à associação entre maturação somática na predição de atividade física de lazer entre ambos os sexos, prática de esportes e a atividade física ocupacional entre meninos, as variáveis biológicas (adiposidade e capacidade cardiorrespiratória), psicológica (sentimentos de tristeza) e social (satisfação com relacionamentos) mediaram a associação. Assim, comprovamos a validade de um modelo biocultural para a abordagem de comportamento saudável na adolescência.

## Financiamento

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq: 483867/2009-8). ERVR, ESC e RAF foram

financiados por concessões do CNPq/Brasil. DRS (bolsa de doutorado sanduíche – processo 201022/2015-0) e AOW (iniciação científica) também são financiadas pelo CNPq.

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## Agradecimentos

Aos administradores das escolas nas quais o estudo foi feito, por permitir que os pesquisadores fizessem as observações, e ao público jovem que participou desta investigação. Também a Décio Barbosa, Alessandra Okino, Jair Oliveira, Danielle Venturini, Crisieli Tomeleri, Mariana Carnellosi e Sandra Kawaguti por suas contribuições substanciais para a pesquisa, inclusive auxílio na coleta e entrada de dados.

## Referências

- Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet*. 2012;380:219–29.
- Howie EK, McVeigh JA, Smith AJ, Straker LM. Organized sport trajectories from childhood to adolescence and health associations. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48:1331–9.
- Janssen X, Mann KD, Basterfield L, Parkinson KN, Pearce MS, Reilly JK, et al. Development of sedentary behavior across childhood and adolescence: longitudinal analysis of the Gateshead Millennium Study. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2016;13:88.
- Rauner A, Jekauc D, Mess F, Schmidt S, Woll A. Tracking physical activity in different settings from late childhood to early adulthood in Germany: the MoMo longitudinal study. *BMC Public Health*. 2015;15:391.
- Hallal PC, Andersen LB, Bull FC, Guthold R, Haskell W, Ekelund U. Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *Lancet*. 2012;380:247–57.
- Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar (PeNSE) 2015. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); 2016.
- Cumming SP, Sherar LB, Pindus DM, Coelho-e-Silva MJ, Malina RM. A biocultural model of maturity-associated variance in adolescent physical activity. *Int Rev Sport Exerc Psychol*. 2012;5:23–43.
- Silva DR, Fernandes RA, Ohara D, Collings PJ, Souza MF, Tomeleri CM, et al. Correlates of sports practice, occupational and leisure-time physical activity in Brazilian adolescents. *Am J Hum Biol*. 2016;28:112–7.
- Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Growth, maturation and physical activity. 2<sup>nd</sup> ed. Human Kinetics; 2004.
- Werneck AO, Silva DR, Collings PJ, Fernandes RA, Ronque ER, Barbosa DS, et al. Biological maturation, central adiposity, and metabolic risk in adolescents: a mediation analysis. *Child Obes*. 2016;12:377–83.
- Sherar LB, Cumming SP, Eisenmann JC, Baxter-Jones AD, Malina RM. Adolescent biological maturity and physical activity: biology meets behavior. *Pediatr Exerc Sci*. 2010;22:332–49.
- Cumming SP, Standage M, Loney T, Gammon C, Neville H, Sherar LB, et al. The mediating role of physical self-concept on relations between biological maturity status and physical activity in adolescent females. *J Adolesc*. 2011;34:465–73.
- Smart JE, Cumming SP, Sherar LB, Standage M, Neville H, Malina RM. Maturity associated variance in physical activity and health-related quality of life in adolescent females: a mediated effects model. *J Phys Act Health*. 2012;9:86–95.
- Jackson L, Cumming SP, Drenowatz C, Standage M, Sherar L, Malina RM. Biological maturation and physical activity in adolescent British females: the roles of physical self-concept and perceived parental support. *Psychol Sport Exerc*. 2013;14:447–54.
- Lee EY, An K, Jeon JY, Rodgers WM, Harber VJ, Spence JC. Biological maturation and physical activity in South Korean adolescent girls. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48:2454–61.
- Cumming SP, Sherar LB, Gammon C, Standage M, Malina RM. Physical activity and physical self-concept in adolescence: a comparison of girls at the extremes of the biological maturation continuum. *J Res Adolesc*. 2012;22:746–57.
- Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). Gross domestic product of municipalities; 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=411370&search=parana> [acesso 05.07.13].
- Baecke JA, Burema J, Frijters JE. A short questionnaire for the measurement of habitual physical-activity in epidemiological-studies. *Am J Clin Nutr*. 1982;36:936–42.
- Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropr Med*. 2016;15:155–63.
- Mirwald RL, Baxter-Jones AD, Bailey DA, Beunen GP. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34:689–94.
- Harrison G, Buskirk E, Carter L, Johnston F, Lohman T, Pollock M. Skinfold thicknesses and measurement technique. In: Lohman T, Roche A, Martorell R, editors. *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign: Human Kinetics Books; 1988.
- Leger LA, Lambert J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO<sub>2</sub> max. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1982;49:1–12.
- Leger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*. 1988;6:93–101.
- Bauman AE, Reis RS, Sallis JF, Wells JC, Loos RJ, Martin BW, et al. Correlates of physical activity: why are some people physically active and others not? *Lancet*. 2012;380:258–71.
- Good DJ, Li M, Deater-Deckard K. A genetic basis for motivated exercise. *Exerc Sport Sci Rev*. 2015;43:231–7.
- Pindus DM, Cumming SP, Sherar LB, Gammon C, Coelho e Silva M, Malina RM. Maturity-associated variation in physical activity and health-related quality of life in British adolescent girls: moderating effects of peer acceptance. *Int J Behav Med*. 2014;21:757–66.
- MacKinnon DP, Fairchild AJ, Fritz MS. Mediation analysis. *Annu Rev Psychol*. 2007;58:593–614.
- Guedes DP, Lopes CC, Guedes JE, Stanganelli LC. Reprodutibilidade e validade do questionário Baecke para avaliação da atividade física habitual em adolescentes. *Rev Port Cien Desp*. 2006;6:265–74.
- Malina RM, Choh AC, Czerwinski SA, Chumlea WC. Validation of maturity offset in the Fels Longitudinal Study. *Pediatr Exerc Sci*. 2016;28:439–55.
- Simon AE, Wardle J, Jarvis MJ, Steggle N, Cartwright M. Examining the relationship between pubertal stage, adolescent health behaviours and stress. *Psychol Med*. 2003;33:1369–79.