

ANÁLISE VETORIAL POR BIOIMPEDÂNCIA EM ADOLESCENTES OBESOS

Bioelectrical vector analysis in obese adolescents

João Martins de Oliveira Filho^a , Péricles Soares Bernardes^b ,
Guilherme Henrique Costa Serpa^c , Gabriel Dutra de Jesus Siqueira^d ,
Matias Noll^e , Patrícia Espíndola Mota Venâncio^a , Viviane Soares^{a,*}

RESUMO

Objetivo: Avaliar a hidratação de adolescentes obesos e não obesos por meio dos gráficos da análise vetorial por bioimpedância (BIVA), além de verificar as associações entre a obesidade e os parâmetros da BIVA.

Métodos: Estudo transversal realizado com adolescentes entre 14 e 18 anos (n=489, 300 meninos e 189 meninas). A bioimpedância elétrica (BIA; Quantum_II, RJL system, Roma, Itália) ofereceu os parâmetros de resistência e reactância para calcular o ângulo de fase (AF), a massa livre de gordura (MLG) e a gordura corporal (GC). As elipses de confiança foram comparadas e a construção das elipses de tolerância permitiu a avaliação individual e a qualitativa dos vetores e, ainda, a classificação em desidratados, normohidratados e hiper-hidratados.

Resultados: Participaram do estudo 78 adolescentes obesos e 411 eutróficos. A resistência ($p<0,001$), a reactância ($p<0,001$) e a normalização desses pela estatura ($p<0,001$) estavam reduzidas nos obesos, enquanto o AF foi superior ($p=0,003$). O percentual de gordura corporal (%GC) foi 11,3% maior nos adolescentes obesos. O vetor principal dos obesos, tanto masculino (Distância de Mahalanobis ($D=1,38$; $p<0,001$) quanto feminino ($D=1,49$; $p<0,001$), indicou maior hidratação. A elipse de tolerância da amostra total mostrou que 25 adolescentes (32,1%) estavam hiper-hidratados e dois (2,6%) vetores posicionados no sentido de desidratação. Dezesete (53,2%) meninas e 16 (34,8%) meninos estavam hiper-hidratados. A regressão logística mostrou relação inversa do índice de massa corpórea (IMC) com a resistência ($p<0,001$) e a reactância ($p<0,001$), ambas normalizadas pela estatura. Os adolescentes com aumento do AF ($p<0,001$) apresentaram duas vezes mais chances de serem classificados como obesos.

Conclusões: Os adolescentes obesos estavam hiper-hidratados e houve relação inversa do IMC com a resistência e direta com o AF.

Palavras-chave: Impedância elétrica; Hidratação; Obesidade; Adolescentes.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the hydration of obese and non-obese adolescents by vectorial bioimpedance analysis, in addition to verifying the associations between obesity and bioelectrical impedance vectorial analysis (BIVA) parameters.

Methods: A cross-sectional study with adolescents between 14 and 18 years old (n=489, 300 boys and 189 girls). Electric bioimpedance (BIA; Quantum_II, RJL system, Rome, Italy) provided resistance and reactance parameters to calculate phase angle (PA), fat-free mass (FFM) and body fat (%BF). The confidence ellipses were compared, and the construction of the tolerance ellipses allowed individual and qualitative evaluation of the vectors and classification in dehydrated, normohydrated and hyperhydrated.

Results: 78 obese and 411 eutrophic adolescents participated. Resistance ($p<0.001$) and reactance ($p<0.001$) and their normalization by stature ($p<0.001$) were reduced in the obese, whereas the PA was higher ($p=0.003$). %BF was 11.3% higher in obese adolescents. The main vector of the obese, both male ($D=1.38$; $p<0.001$) and female ($D=1.49$; $p<0.001$), indicated greater hydration. The ellipse of tolerance of the total sample showed that 25 (32.1%) were hyperhydrated and 02 (2.6%) vectors positioned in the sense of dehydration. A total of 17 (53.2%) girls and 16 (34.8%) boys were hyperhydrated. Logistic regression showed an inverse relation of BMI with resistance ($p<0.001$), reactance ($p<0.001$) and both normalized by stature. Adolescents with increased PA ($p<0.001$) were twice as likely to present obesity.

Conclusions: Obese adolescents were hyperhydrated and there was an inverse relationship of BMI with resistance and direct with PA.

Keywords: Electric impedance; Hydration; Obesity; Adolescents.

*Autora correspondente. E-mail: ftviviane@gmail.com (V. Soares).

^aCentro Universitário de Anápolis, Anápolis, GO, Brasil.

^bColégio SESI-Jundiaí, Anápolis, GO, Brasil.

^cUniversidade Estadual do Norte do Paraná, Jacarezinho, PR, Brasil.

^dUniversidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.

^eInstituto Federal Goiano, Ceres, GO, Brasil.

Recebido em 24 de janeiro de 2019; aprovado em 23 de abril de 2019; disponível on-line em 08 de julho de 2020.

INTRODUÇÃO

A obesidade é considerada um problema de saúde pública mundial, sendo um dos principais fatores para aquisição de doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs).¹ Em estudo realizado em 195 países, foi encontrada a prevalência de 5% (107,7 milhões) de sobrepeso/obesidade em crianças/adolescentes.²

A obesidade não atinge somente a população adulta. O estudo multicêntrico Estudo de Riscos Cardiovasculares em Adolescentes (ERICA) mostrou que 17,1% dos adolescentes brasileiros estão acima do peso e 8,4% são considerados obesos, sendo este um fator preocupante para a qualidade de vida e a sobrevida na população brasileira.³

As medidas antropométricas são amplamente utilizadas para identificar adolescentes com sobrepeso/obesidade pelo baixo custo e pela possibilidade de avaliação em ampla escala. O índice de massa corpórea (IMC) é considerado um marcador geral de saúde e é usado com maior frequência para classificar adolescentes em eutróficos, sobrepeso/obeso.⁴ Além das medidas antropométricas, a bioimpedância elétrica (BIA) é bastante utilizada no desfecho clínico por ser um método prático, não invasivo, rápido e relativamente de baixo custo.⁵⁻⁷ A BIA é capaz de estimar tanto a gordura corporal (GC) e a massa muscular como a quantidade de fluidos no corpo, diferenciando a água intracelular da extracelular utilizando equações de regressão e os parâmetros resistência (R), reactância (Xc) e ângulo de fase (AF).^{4,5} Existem na literatura inúmeras equações validadas, mas as diferenças nas condições clínicas, na etnicidade de grupos e idade podem sub e superestimar a composição corporal e a interpretação dos resultados, o que pode comprometer a avaliação da hidratação.⁸ Por outro lado, a análise vetorial por bioimpedância (BIVA) é uma ferramenta criada para complementar e minimizar os problemas da BIA, não necessitando de equações de regressão para mensurar a composição corporal. A avaliação é realizada de forma qualitativa da hidratação e da massa celular e consiste na construção de um gráfico cujos valores de R e Xc são normalizados pela estatura (H) (R/H e Xc/H, respectivamente) e plotados, originando um gráfico R/Xc.⁹ A interpretação é baseada no comprimento dos vetores de impedância, suas elipses e o AF. O vetor mais longo e com maior resistência caracteriza desidratação, já o vetor curto indica hiper-hidratação (menor resistência), e se ocorrer maior AF, está relacionado a um melhor estado nutricional.^{10,11}

A BIVA tem sido vista como uma ferramenta importante para verificar o estado de hidratação e a massa celular, por isso tem sido utilizada como prognóstico em condições clínicas diversas, tais como insuficiência renal crônica, pacientes em tratamento de hemodiálise, insuficiência cardíaca, alguns tipos de câncer, anorexia nervosa, entre outras.¹²⁻¹⁵ Apenas um estudo foi realizado com mulheres em processo de perda de peso

utilizando a BIVA,¹⁶ mas a aplicação deste método de avaliação em adolescentes com obesidade é a primeira descrita na literatura. Com base nessas informações, o objetivo do estudo foi avaliar a hidratação de adolescentes obesos e não obesos utilizando gráficos da BIVA, além de verificar as associações entre a obesidade e os parâmetros da BIVA.

MÉTODO

O estudo é de caráter observacional transversal. A pesquisa foi realizada em uma escola de ensino médio com, aproximadamente, 563 alunos matriculados no turno matutino, entre agosto e novembro de 2017, e com idade entre 14 e 18 anos. Participaram do estudo os alunos que não se alimentaram nas três horas anteriores ao exame e que não realizaram atividade física no dia anterior. Alunos com patologia ou condição clínica (asma agudizada, doença cardíaca e hipertensão arterial) que impedia a realização das avaliações e alunos com déficit cognitivo foram excluídos da pesquisa. O cálculo amostral foi realizado no *software* GPower⁺ (versão 3.1), considerando poder amostral de 80%, tamanho de efeito médio de 0,15 e nível de significância de 5%. Para tanto, seriam necessários 78 adolescentes obesos. O recrutamento foi realizado por conveniência e todos os alunos elegíveis foram avaliados até atingir a amostra de obesos necessária. Assim, a amostra total foi de 489 alunos (300 meninos [61,3%] e 189 meninas [38,7%]), sendo 78 adolescentes obesos e 411 eutróficos.

Os adolescentes e os pais/responsáveis assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, e o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro Universitário-UniEvangélica, sob nº 2.064.213/2017.

Uma ficha de identificação foi preenchida pelos adolescentes em sala de aula com informações sobre idade, sexo e sobre a maturidade sexual, de acordo os critérios de Tanner.¹⁷ Com relação à maturidade sexual, foi solicitado aos adolescentes que marcassem em local específico na ficha de identificação sobre a presença de pelos pubianos, o desenvolvimento dos órgãos genitais, a menarca nas meninas e a ejaculação nos meninos.

Para mensurar a massa corporal, foi utilizada uma balança digital da marca Filizola (modelo 2096 PP, São Paulo, Brasil), com escala de resolução de 0,1 kg e capacidade para até 150 kg. A H foi mensurada em metros (m) com a utilização do estadiômetro (Sanny, São Paulo, Brasil). O IMC foi calculado dividindo a massa corporal pela H ao quadrado. Os pontos de cortes para classificação dos adolescentes em eutróficos (score Z entre -2 e +1) e obesos (score Z > +1) seguiram as diretrizes da Organização Mundial de Saúde (OMS).⁴ Na amostra, foram analisados os adolescentes com sobrepeso/obesidade.

A BIA foi realizada com um aparelho tetrapolar (Quantum_II, RJL system, Roma, Itália) que utiliza uma corrente de excitação (500 a 800 μ A) a 50 Hz. Os eletrodos foram posicionados na região dorsal da mão (um entre a cabeça da ulna e o rádio, e o outro na falange proximal do terceiro dedo) e no pé (um eletrodo entre os maléolos medial e lateral e outro na região do terceiro metatarso) após limpeza da região com álcool 70%. As medidas da R e da Xc foram realizadas em duplicata e o maior valor foi utilizado para análise. O AF foi calculado pela arctangente da $Xc/R * 180^\circ/\pi$.¹⁸ Essas variáveis representam o estado de hidratação e a massa celular dos tecidos moles e estão relacionadas com a integridade, a permeabilidade e os espaços intra e extracelulares.^{18,19}

O percentual de gordura corporal (%GC) e a MLG foram calculados a partir dos parâmetros da BIA com as equações descritas abaixo:²⁰

- MLG
 - Meninos: $MLG = -10,678 + 0,262$ (massa corporal em kg) + $0,45 * (\text{estatura}^2/R)$
 - Meninas: $MLG = -9,529 + 0,168$ (massa corporal em kg) + $0,696 * (\text{estatura}^2/R)$
- %GC
 - $GC = \text{massa corporal} - MLG$
 - $\%GC = GC/\text{massa corporal}$

A análise vetorial pela BIA (BIVA) foi realizada no *software* BIVA, desenvolvido por Piccoli et al.,⁹ e usa a plotagem da R pela Xc, normalizadas pela H, a fim de construir as elipses de confiança. Essa análise permite uma avaliação qualitativa, e a normalização pela H indica o comprimento do vetor, não dependendo, assim, do tamanho corporal.⁹ As elipses de confiança são comparadas e a interpretação ocorre da seguinte maneira: o comprimento do vetor no eixo maior indica estado de hidratação — se há aumento da resistência, considera-se a condição de desidratação, portanto o vetor será longo, enquanto a redução da resistência estabelece a hiper-hidratação, sendo o vetor curto.¹⁹ A distância (D) de Mahalanobis é que confere a similaridade entre as elipses de confiança.

As elipses de tolerância estabelecem os intervalos de 50, 75 e 95%, que são utilizados para analisar os vetores individuais a partir de uma população de referência. No presente estudo, os adolescentes eutróficos foram a referência para as análises dos vetores individuais. Na BIVA, o vetor longo oferece informação sobre o estado de hidratação, enquanto o vetor menor indica diferença na massa celular em tecidos moles. O lado esquerdo da elipse de tolerância sugere mais massa celular, e os quadrantes superior e inferior foram validados para populações atléticas e obesas, respectivamente.⁹ O lado direito da elipse caracteriza os indivíduos com menor quantidade de massa celular,

e os quadrantes são validados para os indivíduos como magros e caquéticos (superior e inferior, respectivamente).⁹ A elipse de tolerância de 75% é considerada a de referência para indicar a normohidratação na análise vetorial, enquanto acima é considerado desidratado e, abaixo, hiper-hidratado.²¹

Os dados foram descritos com média, desvio-padrão e gráficos. Para verificar a normalidade dos dados, foi utilizado o teste Kolmogorov-Smirnov ou Shapiro-Wilk, quando necessário. A fim de comparar as variáveis entre os adolescentes obesos e eutróficos, foi utilizado o teste *t* de Student para amostras independentes. Já para a análise vetorial, foi realizado o teste T^2 de Hotelling, a análise univariada (teste F) e a D entre as elipses de confiança foi determinada pelo teste de Mahalanobis. A regressão logística, método *Stepwise*, avaliou a relação entre IMC (variável dependente) e parâmetros da BIA e da BIVA (variáveis independentes), ajustados por sexo, idade e maturidade sexual (presente ou ausente). O nível de significância considerado foi $<0,05$. Os dados foram analisados nos *softwares* *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), versão 21.0 (Chicago, Estados Unidos), e BIVA 2002 (Universidade de Padova, Padova, Itália).

RESULTADOS

A prevalência de obesidade na população foi de 16%, com predomínio no sexo feminino (17%) comparado ao sexo masculino (15%). As características dos participantes estão descritas na Tabela 1. A maturidade sexual estava presente em 219 (73%) meninos e 163 (86,2%) meninas.

A R ($p < 0,001$), a R/H ($p < 0,001$), a Xc ($p < 0,001$) e a Xc/H ($p < 0,001$) estavam reduzidas nos adolescentes obesos, enquanto o AF foi superior ($p = 0,003$) (Tabela 2). Os adolescentes obesos apresentaram %GC 11,3% maior em relação aos não obesos. Em relação ao percentual de MLG, os adolescentes obesos tiveram 11,3% a menos quando comparados aos adolescentes eutróficos ($p < 0,001$).

A elipse de confiança da amostra total indicou que os adolescentes obesos estavam mais hidratados ($D = 0,9$; $p < 0,001$) (Figura 1A). Da mesma forma, quando a comparação foi realizada de acordo com o sexo, o vetor principal dos adolescentes obesos, tanto masculino ($D = 1,38$; $p < 0,001$) quanto feminino ($D = 1,49$; $p < 0,001$), estava direcionado no sentido de hidratação (Figuras 1B e 1C). O parâmetro D de Mahalanobis indica como os vetores principais estão distantes entre si, demonstrando que, quanto mais distante, maior a diferença.

As elipses de tolerância (Figura 2A) revelaram que dos 78 adolescentes classificados como obesos, 17 (21,8%) estavam hiper-hidratados e situados no quadrante de obesidade (quadrante inferior esquerdo); oito (10,3%), hiper-hidratados

no quadrante inferior direito; e dois (2,56%) no vetor posicionado no sentido de desidratação (quadrante superior direito). Vale ressaltar que foram considerados como padrão para normohidratação os vetores posicionados dentro da elipse de 75%.

A elipse de referência para a avaliação dos adolescentes obesos de acordo com o sexo foi construída com a amostra do sexo feminino e a do sexo masculino separadamente. No sexo feminino, dez (31,3%) estavam hiper-hidratados e situados no quadrante de obesidade (inferior esquerdo), fora da elipse de 75%, e sete (21,9%) no quadrante de caquexia (inferior esquerdo) (Figura 2B). Os adolescentes obesos do sexo masculino tiveram seus vetores posicionados dentro do quadrante validado para obesidade, mas 13 (28,3%) adolescentes estavam hiper-hidratados e três (6,5%), no quadrante inferior direito (Figura 2C).

Os modelos de regressão logística mostraram relação do IMC (variável dependente) com os parâmetros da BIA (Tabela 3). A R ($p < 0,001$), a Xc ($p < 0,001$) e ambas normalizadas pela H mostraram uma relação inversa com o IMC, enquanto os adolescentes com aumento do AF ($p < 0,001$) demonstraram ter duas vezes mais chances de apresentar obesidade. Todos os modelos foram ajustados para sexo, maturidade sexual e idade.

DISCUSSÃO

O presente estudo demonstrou que os marcadores da BIA — R, Xc, R/E e Xc/E — foram inferiores nos adolescentes obesos, enquanto o AF foi superior. De acordo com a BIVA, as elipses de confiança demonstraram que, tanto na amostra total quanto na estratificada por sexo, o vetor principal dos adolescentes obesos indicou maior hidratação, quando comparados aos eutróficos. Nas elipses de tolerância, que avaliam de forma individual e qualitativa, a maioria estava posicionada no quadrante de obesidade, dentro do limite de 75%. Entretanto, no sexo feminino, havia adolescentes que estavam posicionados entre os limites de 75 e 95%, no sentido de hiper-hidratação. Os modelos logísticos ajustados para idade, sexo e maturação sexual mostraram relação inversa entre o IMC e a R, a Xc, a R/H e a Xc/H, e relação direta com o AF.

Os adolescentes obesos tiveram maior percentual de gordura, como esperado,²² e os parâmetros da BIA e da BIVA — R, R/H, Xc e Xc/H — inferiores, quando comparados aos adolescentes eutróficos. Esses resultados foram semelhantes aos estudos realizados com adolescentes atletas e saudáveis brasileiros.^{23,24} Nos adolescentes atletas, os parâmetros da BIA e da BIVA foram comparados de acordo com a maturidade óssea

Tabela 1 Características dos adolescentes (n=489).

	Obesos (n=78)	Eutróficos (n=411)	Δ	<i>d</i>	p-valor*
Sexo (masculino/feminino)	46/32	254/157			
Idade (anos)	16,2±0,9	16,0±1,0	0,2	0,21	0,16
Massa corporal (kg)	81,6±12,4	56,0±8,6	25,6	2,40	<0,001
Altura (cm)	168,8±8,6	167,1±8,7	1,7	0,20	0,11
IMC (kg/m ²)	28,6±3,4	20,1±2,2	8,5	2,97	<0,001

Δ : variação entre os grupos; *d*: tamanho de efeito de Cohen; IMC: índice de massa corpórea; * $p < 0,05$.

Tabela 2 Parâmetros da bioimpedância elétrica dos adolescentes (n=489).

Bioimpedância elétrica	Obesos (n=78)	Eutróficos (n=411)	Δ	<i>d</i>	p-valor*
Resistência (ohms)	512,8±78,6	602,1±91,3	-89,3	1,05	<0,001
Resistência/estatura (ohms)	305,7±56,5	362,7±66,4	-57,0	0,92	<0,001
Reactância (ohms)	61,1±7,3	68,3±8,3	-7,2	0,92	<0,001
Reactância/estatura (ohms)	36,3±5,1	41,1±6,2	-4,7	0,85	<0,001
Ângulo de fase (°)	6,9±0,9	6,5±0,8	0,3	0,47	0,003
Gordura corporal (kg)	27,2±7,9	12,4±4,6	14,8	2,29	<0,001
Gordura corporal (%)	33,4±7,9	22,1±7,4	11,3	1,48	<0,001
Massa livre de gordura (kg)	54,3±10,2	43,6±7,9	10,7	1,17	<0,001
Massa livre de gordura (%)	66,6±7,9	77,9±7,4	-11,3	1,48	<0,001

Δ : variação entre os grupos; *d*: tamanho de efeito de Cohen; *dados para $p < 0,05$.

(“no tempo”, “adiantado e “atrasado”) e foram semelhantes aos do presente estudo.²⁴ Os resultados sugerem menor resistência à passagem de corrente elétrica no tecido, possibilitando, assim, maior trânsito intra e extracelular de íons por meio da membrana.^{7,21} A X_c menor nos adolescentes obesos indica que o atraso na condutividade da corrente foi menor entre a membrana celular e o tecido, quando comparados com os adolescentes eutróficos,²¹ o que revela maior quantidade de condutores. Na amostra estudada, o AF dos adolescentes obesos foi superior, e este parâmetro indica melhor saúde e integridade de membrana celular, além de maior massa celular corporal,¹⁹ quando levado em consideração o aspecto hidratação.

A análise das elipses de confiança da BIVA entre adolescentes obesos e eutróficos, de acordo com o sexo, demonstrou que os obesos estavam mais hidratados. Na literatura, esse aumento na hidratação de indivíduos obesos, se comparados com saudáveis, foi demonstrado em um estudo que acompanhou a perda de massa corporal de mulheres adultas.¹⁶ O vetor mais curto dos adolescentes obesos representa redução da R e maior sobrecarga líquida,¹⁹ e a D entre os vetores médios (D Mahalanobis) confirmou a diferença significativa entre as elipses de confiança. Provavelmente, a maior hidratação dos adolescentes obesos deve-se à expansão da água extracelular (AE).²⁵ Um estudo realizado com a medição de água corporal total (ACT) (solução de óxido de deutério) e AE (diluição de brometo de sódio) mostrou que crianças e adolescentes obesos possuem ACT maior. Todavia, quando comparada a hidratação dos obesos, em percentual, com a massa corporal, as crianças eutróficas estavam mais hidratadas. A AE foi maior nas crianças

obesas, enquanto a água intracelular não mudou, sugerindo que a obesidade está associada à expansão da AE e, assim, que os distúrbios de homeostase têm início precoce.²⁵

As elipses de tolerância demonstraram que grande parte dos adolescentes obesos, de ambos os sexos, estava com os vetores posicionados no sentido de hiper-hidratação (Figura 2A — quadrante inferior esquerdo), além do limite de 75%. Essa condição de maior hidratação também foi vista em jovens nadadores de elite quando comparados a uma população de referência. Avaliados pré e pós-treino, esses atletas tiveram seus vetores plotados fora do limite de 75%.²⁶ Recentemente, De Mateo-Silleras et al.²⁷ mostraram que crianças entre cinco e 18 anos com sobrepeso/obesidade também apresentaram seus vetores individuais no quadrante inferior esquerdo, demonstrando ser um método promissor em pediatria, pois são usados dados elétricos padronizados pela H, sem a necessidade de modelos preditivos. A análise vetorial de impedância bioelétrica BIVA é um método que difere de outros por sua capacidade de analisar e monitorar a composição corporal de indivíduos e comparar grupos de diferentes condições clínicas,^{13,28} não dependendo da geometria do corpo e de equações de regressão.²¹

Os adolescentes obesos de ambos os sexos tiveram seus vetores no sentido de hiper-hidratação posicionados no quadrante inferior esquerdo, validado para indivíduos obesos de acordo com a elipse de classificação de Piccoli et al.⁹ Essa análise qualitativa evidenciou a migração lateral dos vetores, indicando alta X_c e, conseqüentemente, a presença de maior massa tecidual dielétrica.¹⁹ Vale ressaltar que o controle da massa corporal se faz necessário para esses adolescentes com obesidade, haja vista

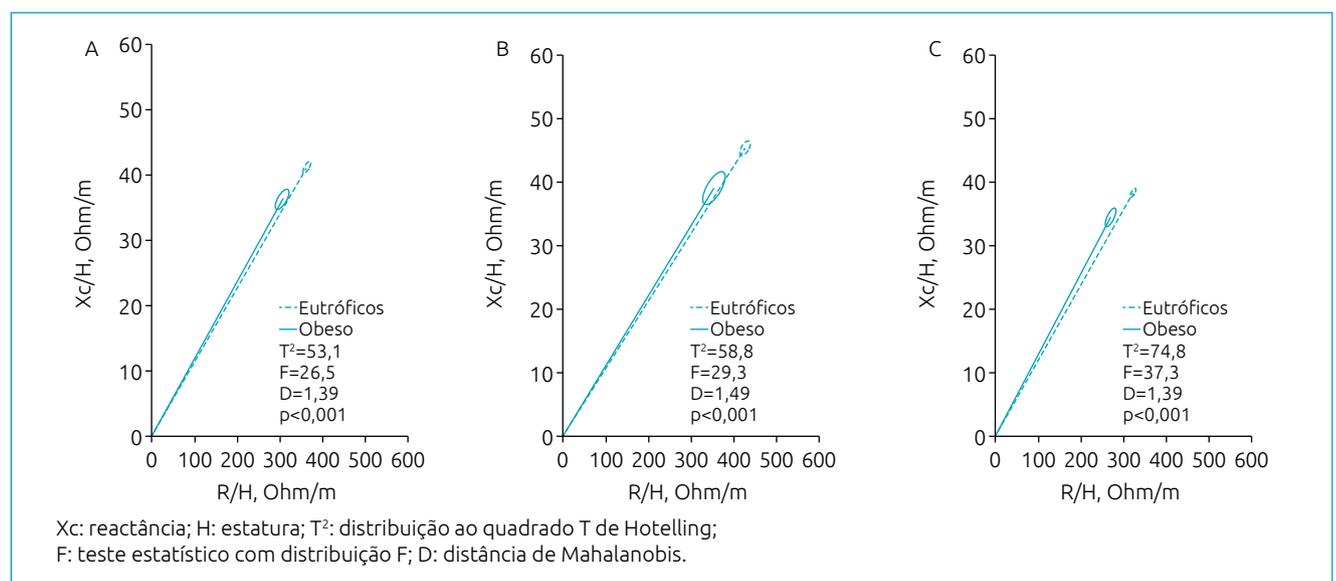


Figura 1 Comparação das elipses de confiança entre obesos e eutróficos de acordo com o sexo: (A) amostra total; (B) adolescentes do sexo feminino; e (C) adolescentes do sexo masculino.

que a sobrecarga líquida com o envelhecimento pode elevar a falência cardíaca.²⁹

Houve uma relação inversa entre R/H e IMC. No entanto, vale destacar que o IMC não é um parâmetro de composição corporal, mas tem relação alta com vários marcadores que predizem tecido muscular e adiposo.²⁹ Porém, esse parâmetro é considerado um marcador geral de saúde e, inclusive, é utilizado na análise multivariada da BIVA (T^2 de Hotelling). A relação direta do AF com o IMC já foi demonstrada na literatura, mas com valores menores que os do presente estudo.^{24,30} Por outro lado, há evidências na literatura de relação inversa entre AF e IMC de obesos quando o IMC foi maior que 30 kg/m².³¹

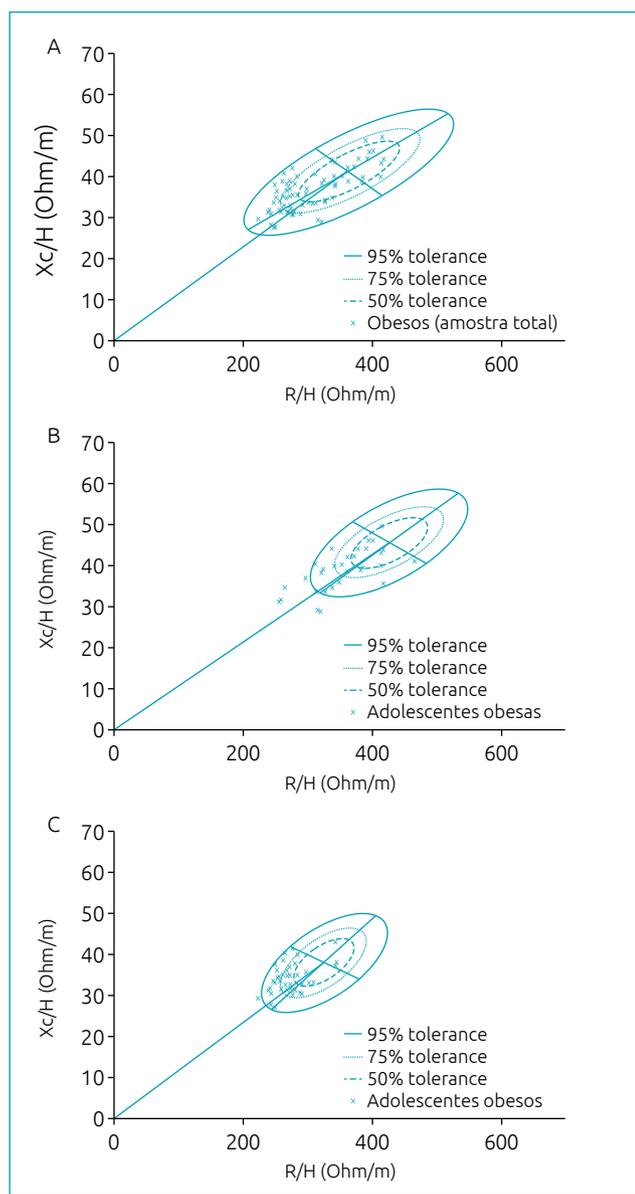


Figura 2 Distribuição dos vetores de forma individual dos adolescentes obesos de acordo com o sexo: (A) amostra total; (B) sexo feminino; e (C) sexo masculino.

Importante salientar que o AF tem uma relação direta com a massa muscular, e que quanto maior a idade, consequentemente, menor é o AF.¹⁹ O AF tem sido apontado como um parâmetro que indica saúde celular, no qual valores elevados indicam maior celularidade, função celular e integridade de membrana. A sua importância está sendo sugerida por alguns autores, mostrando ser uma ferramenta importante para avaliar o estado clínico do paciente, sendo indicado como fator prognóstico de algumas doenças.^{32,33}

Nos adolescentes do presente estudo, esse aumento (maior AF) indica, proporcionalmente, maior Xc para uma dada R. Essa condição é atribuída à maior hidratação em razão da sobrecarga hídrica ou do aumento na razão entre a AE e a água intracelular do tecido adiposo,³⁴ e isso ocorreria por causa do aumento de AE. Clinicamente, os valores elevados do AF seria um fator protetor para os adolescentes, mas com o aumento da idade e o baixo nível de inflamação crônica da obesidade, essa relação de proteção não poderia se manter. Além disso, o AF pode ser usado como um marcador de estado nutricional, visto que se relaciona a dosagens de proteínas, tais como creatinina, proteínas totais e albumina.¹⁹

O estudo apresentou pontos fortes. O número de adolescentes avaliados foi maior que o previsto no cálculo amostral (78 obesos e 411 não obesos), participando da pesquisa adolescentes de todas as faixas etárias. Para nosso conhecimento, esse é o primeiro estudo que avaliou por meio da BIVA as mudanças no estado de hidratação de adolescentes obesos de ambos os sexos. Uma limitação relacionada ao presente estudo foi o recrutamento dos participantes por conveniência. Não foi possível verificar a relação causa-efeito em razão do desenho estudo realizado, e novos trabalhos são esperados para poder generalizar os resultados. Contudo, os dados encontrados no

Tabela 3 Regressão logística da relação entre o índice de massa corporal (variável dependente) e os parâmetros de bioimpedância (variáveis independentes).

	IMC		
	OR	IC95%	p-valor
Resistência (R)	0,97	0,97–0,98	<0,001
Reactância (Xc)	0,86	0,83–0,90	<0,001
Resistência/estatura (R/H)	0,96	0,95–0,97	<0,001
Reactância/estatura (Xc/H)	0,80	0,75–0,85	<0,001
Ângulo de fase (AF)	2,02	1,4–2,91	<0,001

IMC: índice de massa corpórea; OR: Odds Ratio; IC95%: intervalo de confiança de 95%. Ajustado para idade, sexo e maturidade sexual. Dados para p<0,05.

presente estudo poderão ser utilizados como ponto de partida para novas pesquisas, inclusive estudos longitudinais, a fim de acompanhar condições clínicas crônicas.

De acordo com os resultados encontrados, os adolescentes obesos apresentaram baixa R, Xc e MLG, enquanto o %GC e o AF foram superiores. As elipses de confiança mostraram que os indivíduos obesos estavam hiper-hidratados quando comparados aos eutróficos. Os vetores individuais, em sua maioria, estavam posicionados no quadrante inferior (direito e esquerdo), que é validado na literatura para a obesidade.

Houve uma relação inversa do IMC com a R e uma relação direta com o AF, sugerindo que adolescentes obesos são mais hidratados que os eutróficos.

Financiamento

Bolsa de iniciação científica do Centro Universitário de Anápolis para o aluno João Martins de Oliveira Filho.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

1. World Health Organization. Global status report on noncommunicable diseases. Geneva: WHO; 2014.
2. The GDB 2015 Obesity Collaborators. Health effects of overweight and obesity in 195 countries over 25 years. *N Engl J Med*. 2017;377:13-27. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1614362>
3. Bloch KV, Klein CH, Szklo M, Kuschnir MC, Abreu GA, Barufaldi LA, et al. ERICA: prevalência de hipertensão arterial e obesidade em adolescentes brasileiros. *Rev Saude Publica*. 2016;50 (Supl 1):1-9. <https://doi.org/10.1590/S01518-8787.2016050006685>
4. de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ*. 2007;85:660-7. <https://doi.org/10.2471/blt.07.043497>
5. Eickemberg M, Oliveira CC, Roriz AK, Sampaio LR. Bioelectric impedance analysis and its use for nutritional assessments. *Rev Nutr*. 2011;24:883-93. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-52732011000600009>
6. Guedes DP. Procedimentos clínicos utilizados para análise da composição corporal. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2013;15:113-29. <http://dx.doi.org/10.5007/1980-0037.2013v15n1p113>
7. Sant'Anna MS, Priore SE, Franceschini SC. Methods of body composition evaluation in children. *Rev Paul Pediatr*. 2009;27:315-21. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-05822009000300013>
8. Kyle UG, Bosaeus I, Lorenzo AD, Elia M, Gómez JM, Heitmann BL, et al. Bioelectrical Impedance analysis-part I: review of principles and methods. *Clin Nutr*. 2004;23:1226-43. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.06.004>
9. Piccoli A, Rossi B, Pillon L, Bucciante G. A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: the RXc graph. *Kidney Int*. 1994;46:534-9. <https://doi.org/10.1038/ki.1994.305>
10. Abbas SR, Zhu F, Levin NW. Bioimpedance can solve problems of fluid overload. *J Ren Nutr*. 2015;25:234-7. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2014.10.014>
11. Khalil SF, Mohktar MS, Ibrahim F. The theory and fundamentals of bioimpedance analysis in clinical status monitoring and diagnosis of diseases. *Sensors (Basel)*. 2014;14:10895-928. <https://doi.org/10.3390/s140610895>
12. Malecka-Massalska T, Smolen A, Zubrzycki J, Lupa-Zatwarnicka K, Morshed K. Bioimpedance vector pattern in head and neck squamous cell carcinoma. *J Physiol Pharmacol*. 2012;63:101-4.
13. Soares V, Avelar IS, Andrade SR, Vieira MF, Silva MS. Composição corporal de pacientes renais crônicos em hemodiálise: antropometria e análise vetorial por bioimpedância. *Rev Latino-Am Enfermagem*. 2013;21:1240-7. <https://doi.org/10.1590/0104-1169.3060.2360>
14. Castillo-Martínez L, Colín-Ramírez E, Orea-Tejeda A, González Islas DG, Rodríguez García WD, Santillán Díaz C, et al. Cachexia assessed by bioimpedance vector analysis as a prognostic indicator in chronic stable heart failure patients. *Nutrition*. 2012;28:886-91. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2011.11.024>
15. Haas V, Riedl A, Hofmann T, Nischan A, Burghardt R, Boschmann M, et al. Bioimpedance and bioimpedance vector analysis in patients with anorexia nervosa. *Eur Eat Disord Rev*. 2012;20:400-5. <https://doi.org/10.1002/erv.1166>
16. Lukaski HC, Piccoli A. Bioelectrical Impedance vector analysis for assessment of hydration in physiological states and clinical conditions. In: Preedy VR, editor. *Handbook of anthropometry: physical measures of human form in health and disease*. London (UK): Springer; 2012. p. 287-305.
17. Roberts C. Tanner's Puberty Scale: Exploring the historical entanglements of children, scientific photography and sex. *Sexualities (Lond)*. 2016;19:328-46. <https://doi.org/10.1177/1363460715593477>
18. Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF. Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am J Clin Nutr*. 1988;48:16-23. <https://doi.org/10.1093/ajcn/48.1.16>
19. Norman K, Stobäus N, Pirlich M, Bösby-Westphal A. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis e Clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clin Nutr*. 2012;31:854-61. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.05.008>
20. Chumlea WC, Guo SS, Kuczmarski RJ, Flegal KM, Johnson CL, Heymsfield SB, et al. Body composition estimates from NHANES III bioelectrical impedance data. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2002;26:1596-609. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802167>

21. Lukaski HC. Evolution of bioimpedance: a circuitous journey from estimation of physiological function to assessment of body composition and a return to clinical research. *Eu J Clin Nutr.* 2013;64 (Suppl 1):S2-9. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2012.149>
22. Pereira PF, Serrano HM, Carvalho GQ, Ribeiro SM, Peluzio MC, Franceschini SC, et al. Measurements of location of body fat: an assessment of colinearity with body mass, adiposity and stature in female adolescents. *Rev Paul Pediatr.* 2015;33:63-71. <https://doi.org/10.1016/j.rpped.2014.11.011>
23. Mathias-Genovez MG, Oliveira CC, Camelo Junior JS, Del Ciampo LA, Monteiro JP. Bioelectrical Impedance of vectorial analysis and phase angle in adolescents. *J Am Coll Nutr.* 2016;35:262-70. <https://doi.org/10.1080/07315724.2015.1027798>
24. Koury JC, de Oliveira-Junior AV, Portugal MR, de Oliveira KJ, Donangelo CM. Bioimpedance parameters in adolescent athletes in relation to bone maturity and biochemical zinc indices. *J Trace Elem Med Biol.* 2018;46:26-31. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2017.11.003>
25. Battistini N, Virgili F, Severi S, Brambilla P, Manzoni P, Beccaria L, et al. Relative expansion of extracellular water in obese vs normal children. *J Appl Physiol* (1985). 1995;79:94-6. <https://doi.org/10.1152/jappl.1995.79.1.94>
26. Carrasco-Marginet MC, Castizo-Olier J, Rodríguez-Zamora L, Iglesias X, Rodríguez FA, Chaverri D, et al. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for measuring the hydration status in young elite synchronized swimmers. *PLoS One.* 2017;12:e0178819. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178819>
27. Mateo-Silleras B, De-La-Cruz-Marcos S, Alonso-Izquierdo L, Camina-Martín A, Marugán-De-Miguelsanz JM, Redondo-Deil-Rio M. Bioelectrical impedance vector analysis in obese and overweight children. *PLoS One.* 2019;14:e0211148. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211148>
28. Paiva SI, Borges LR, Halpern-Silveira D, Assunção MC, Barros AJ, Gonzalez MC. Standardized phase angle from bioelectrical impedance analysis as prognostic factor for survival in patients with cancer. *Support Care Cancer.* 2010;19:187-92. <https://doi.org/10.1007/s00520-009-0798-9>
29. Walker-Kroker A, Kroker A, Mattiucci-Guehlke M, Glaab T. A practical guide to bioelectrical impedance analysis using the example of chronic obstructive pulmonary disease. *Nutr J.* 2011;10:35-41. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-10-35>
30. Gonzalez MC, Barbosa-Silva TG, Bielemann RM, Gallagher D, Heymsfield SB. Phase angle and its determinants in healthy subjects: influence of body composition. *Am J Clin Nutr.* 2016;103:712-6. <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.116772>
31. Siddiqui NI, Khan SA, Shoeb M, Bose S. Anthropometric predictors of bio-impedance analysis (BIA) phase angle in healthy adults. *J Clin Diagn Res.* 2016;10:1-4. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/17229.7976>
32. Hui D, Dey R, Pimental L, Park M, Cerana MA, Liu D, Bruera E. Association between multi-frequency phase angle and survival in patients with advanced cancer. *J Pain Symptom Manage.* 2017;53:571-7. <https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2016.09.016>
33. Beberashvili I, Azar A, Sinuani I, Shapiro G, Feldman L, Stav K, et al. Bioimpedance phase angle predicts muscle function, quality of life and clinical outcome in maintenance hemodialysis patients. *Eur J Clin Nutr.* 2014;68:683-9. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2014.67>
34. Mulasi U, Kuchnia AJ, Cole AJ, Earthman CP. Bioimpedance at the bedside: current applications, limitations, and opportunities. *Nutr Clin Pract.* 2015;30:180-93. <https://doi.org/10.1177/0884533614568155>