

**NÚBIA DE SOUZA DE MORAIS**

**FATORES DE RISCO CARDIOMETABÓLICO EM ADOLESCENTES EM FUNÇÃO  
DA LOCALIZAÇÃO DA GORDURA CORPORAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Nutrição, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientadora: Silvia Eloiza Priore

Coorientadoras: Sylvia do Carmo C. Franceschini  
Sarah Aparecida Vieira Ribeiro  
Dayane de Castro Morais  
Vivian Siqueira S. Gonçalves

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

M827f  
2023

Morais, Núbia de Souza de, 1989-  
Fatores de risco cardiometabólico em adolescentes em  
função da localização da gordura corporal / Núbia de Souza de  
Morais. – Viçosa, MG, 2023.  
1 tese eletrônica (124 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexo.

Orientador: Sílvia Eloiza Priore.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Nutrição e Saúde, 2023.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.274>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Obesidade em adolescentes. 2. Composição corporal.  
3. Adiposidade - Índices . 4. Fatores de risco cardiometabólico.  
I. Priore, Sílvia Eloiza, 1957-. II. Universidade Federal de  
Viçosa. Departamento de Nutrição e Saúde. Programa de  
Pós-Graduação em Ciência da Nutrição. III. Título.

CDD 22. ed. 618.92398

Bibliotecário(a) responsável: Alice Regina Pinto Pires CRB-6/2523


**NÚBIA DE SOUZA DE MORAIS**

**FATORES DE RISCO CARDIOMETABÓLICO EM ADOLESCENTES EM FUNÇÃO  
DA LOCALIZAÇÃO DA GORDURA CORPORAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Nutrição, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.


APROVADA: 07 de março de 2023.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente  
 NUBIA DE SOUZA DE MORAIS  
Data: 16/05/2023 09:49:04-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Núbia de Souza de Moraes  
Autora

Documento assinado digitalmente  
 SILVIA ELOIZA PRIORE  
Data: 16/05/2023 22:54:56-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Silvia Eloiza Priore  
Orientadora

Dedico este trabalho à minha mãe Renilda, meu pai João Batista, meu padrasto Célio, meus irmãos Jordana, Rose Priscilla e João Carlos, sobrinhas Maria Laura e Maria Rita e sobrinho/afilhado Arthur.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela força e coragem de seguir em frente.

À minha mãe Renilda por todo amor dedicado a mim, incentivo e por ser um exemplo de força e determinação, seu apoio foi fundamental para que eu chegasse até aqui e, mesmo na ausência, seu exemplo de luta me inspira a continuar em busca dos meus objetivos. Ao meu padrasto Célio e meu pai João pelo carinho, apoio e torcida sempre.

Aos meus irmãos, Rose Priscilla, João Carlos e especialmente à Jordana, pelo carinho, apoio e torcida sempre.

Às minhas sobrinhas, Maria Laura e Maria Rita e ao meu sobrinho/afilhado Arthur por me lembrar da importância de seguir em frente.

Aos meus primos Rodolfo e Nilson pelo incentivo e amizade desde a minha graduação.

À minha família, que mesmo de longe, sempre torceram por mim, especialmente à minha tia Luciene e prima Maria Anita pelo carinho e amizade.

À amiga do 203, Juliana, e às amigas que o doutorado me trouxe, Francilene, Débora e Ariane, que se tornaram amigas para a vida. Estiveram sempre ao meu lado e com paciência e amizade dividiram comigo os momentos de alegria, comemorações, estresse, desespero e tristeza.

Às/aos companheiras/os da Pós-Graduação pela convivência, amizade e apoio constante.

Ao meu namorado Tiago, pelo carinho, apoio e paciência, principalmente durante o processo final!

Aos alunos da graduação pela oportunidade de aprender e crescer junto.

À professora Silvia Priore que desde a minha graduação esteve ao meu lado e foi como uma mãe para mim em Viçosa. Agradeço por ser um exemplo para mim, por me amparar, aconselhar, incentivar e me apoiar sempre, principalmente nos momentos mais difíceis! Agradeço também pela orientação, paciência, compreensão, parceria, pelas oportunidades e por acreditar em mim até quando eu mesma não acreditava! Só tenho a agradecer por tudo!

À professora Sylvia Franceschini pelo acolhimento, incentivo e coorientação, por ser um grande exemplo de profissional e de pessoa, e pelas valiosas contribuições com este trabalho.

Às professoras Sarah e Vivian e à doutora Dayane pela coorientação, pelo apoio e pelas contribuições com este trabalho.

A todos que disponibilizaram seus bancos de dados para que eu pudesse desenvolver esta pesquisa, sem eles a realização deste trabalho não seria possível.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Nutrição e Saúde (DNS). Agradeço a todos os professores e funcionários do DNS que de alguma forma contribuíram com minha formação profissional e pessoal.

Aos adolescentes que fizeram parte deste trabalho, pela contribuição de cada um.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

A todos o meu muito obrigada!

## RESUMO

MORAIS, Núbia de Souza de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2023. **Fatores de risco cardiometabólico em adolescentes em função da localização da gordura corporal.** Orientador: Silvia Eloiza Priore. Coorientadoras: Sylvia do Carmo Castro Franceschini, Sarah Aparecida Vieira Ribeiro, Dayane de Castro Morais e Vivian Siqueira Santos Gonçalves.

O excesso de peso e a obesidade em adolescentes é crescente, período. Assim, é necessário entender como a gordura corporal, dependendo da sua localização, interfere no desenvolvimento de fatores de risco e doenças cardiometabólicas nessa população. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi verificar a associação de fatores de risco cardiometabólico com a localização da gordura corporal em adolescentes. Trata-se de um estudo transversal realizado com dados secundários. Os adolescentes foram divididos de acordo com a situação nutricional: GE – Eutrofia pelo IMC e %GC elevado; e dois de comparação: GC1 – Eutrofia pelo IMC e %GC adequado; GC2 – Excesso de peso pelo IMC e %GC elevado. Foram avaliadas medidas de peso, estatura, perímetros da cintura e quadril, além do percentual de gordura corporal total e regional. Foram calculados o Índice de Massa Corporal, Relação Cintura-Estatura e Relação Cintura-Quadril. Foram avaliados o perfil lipídico, glicemia de jejum, resistência à insulina (HOMA-IR), ácido úrico e a pressão arterial. Além disso, a prática de atividade física também foi avaliada. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (CEP/UFV) (parecer nº 2.879.661). Para as análises estatísticas foi utilizado o *software* R versão 4.0.2, adotando nível de significância de 5%. O teste de *Kolmogorov-Smirnov* verificou a normalidade das variáveis. comparação das variáveis numéricas entre o GE e cada grupo de comparação, separadamente, de acordo com o sexo, foi realizada pelo teste *Mann-Whitney*. Realizou-se Análise de Componentes Principais para identificar os fatores de risco associados a cada grupo, e regressão logística para avaliar a associação entre os grupos com cada variável. O teste de *Mann-Whitney* comparou as variáveis quantitativas entre os sexos. Realizou-se regressão linear simples e múltipla, ajustado para idade e atividade física, para prever a alteração em cada fator de risco, a partir das medidas de gordura corporal. A análise de redes foi realizada para avaliar a relação entre as medidas de gordura corporal e os fatores de risco cardiometabólico. A capacidade das localizações de gordura corporal para prever alterações dos fatores de risco cardiometabólico foi baseada na construção de curvas ROC (*Receiver Operating Characteristic*). Em relação aos fatores avaliados, o GE se assemelhou mais ao GC2 do que ao GC1, para ambos os sexos. Para as meninas, apenas o %GP foi superior ao %GA para prever o CT elevado. Já, para os

meninos, o %GA foi superior ao %GP, %GT, e %GB para predizer valores aumentados de CT, LDL, TG, PA e HOMA-IR, elevados. O %GG também foi superior ao %GT e ao %GB para predizer valores elevados de CT, LDL, e HOMA-IR. Por fim, o %GT foi superior ao %GP e ao %GB para predizer PA e HOMA-IR elevados. Estes resultados demonstram que a avaliação da gordura corporal pode ser mais eficaz na predição de fatores de risco e de doenças cardiometabólicas, do que o IMC isolado. Ainda, há diferenças na forma como a localização da GC influencia nos fatores de risco cardiometabólico, dependendo do sexo.

**Palavras-chave:** Adolescente. Composição corporal. Índices de adiposidade corporal. Risco cardiometabólico.

## ABSTRACT

MORAIS, Núbia de Souza de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2023. **Cardiometabolic risk factors in adolescents according to the location of body fat.** Adviser: Silvia Eloiza Priore. Co-advisers: Sylvia do Carmo Castro Franceschini, Sarah Aparecida Vieira Ribeiro, Dayane de Castro Morais and Vivian Siqueira Santos Gonçalves.

Overweight and obesity in teenagers is on the rise, period. Thus, it is necessary to understand how body fat, depending on its location, interferes with the development of risk factors and cardiometabolic diseases in this population. Thus, the objective of this study was to verify the association of cardiometabolic risk factors with the location of body fat in adolescents. This is a cross-sectional study carried out with secondary data. Adolescents were divided according to nutritional situation: EG – Eutrophy by BMI and high %BF; and two for comparison: GC1 – Eutrophy by BMI and %BF appropriate; GC2 – Excess weight due to BMI and high %BF. Measurements of weight, height, waist and hip perimeters, in addition to the percentage of total and regional body fat were evaluated. Body Mass Index, Waist-to-Height Ratio and Waist-to-Hip Ratio were calculated. Lipid profile, fasting glucose, insulin resistance (HOMA-IR), uric acid and blood pressure were evaluated. In addition, the practice of physical activity was also evaluated. The project was approved by the Ethics Committee for Research with Human Beings of the Federal University of Viçosa (CEP/UFV) (Opinion n 2,879,661). For statistical analyses, the R software version 4.0.2 was used, adopting a significance level of 5%. The Kolmogorov-Smirnov test verified the normality of the variables. comparison of numerical variables between the EG and each comparison group, separately, according to gender, was performed using the Mann-Whitney test. Principal Component Analysis was performed to identify the risk factors associated with each group, and logistic regression was performed to assess the association between groups with each variable. The Mann-Whitney test compared quantitative variables between genders. Simple and multiple linear regression, adjusted for age and physical activity, was performed to predict changes in each risk factor based on body fat measurements. Network analysis was performed to assess the relationship between body fat measurements and cardiometabolic risk factors. The ability of body fat locations to predict changes in cardiometabolic risk factors was based on the construction of ROC (Receiver Operating Characteristic) curves. Regarding the evaluated factors, the EG was more similar to GC2 than to GC1, for both sexes. For girls, only %BF was superior to %FA to predict high TC. On the other hand, for boys, %GA was superior to %BF, %GT, and %GB to predict increased values of TC, LDL, TG, BP and HOMA-IR, elevated. %GG was also superior to %GT and %GB in

predicting elevated TC, LDL, and HOMA-IR values. Finally, %GT was superior to %GP and %GB to predict high BP and HOMA-IR. These results demonstrate that the assessment of body fat can be more effective in predicting risk factors and cardiometabolic diseases than BMI alone. Furthermore, there are differences in the way in which the location of the GC influences cardiometabolic risk factors, depending on gender.

**Keywords:** Adolescent. Body composition. Body adiposity indices. Cardiometabolic risk.

## LISTA DE FIGURAS

### Artigo de Revisão

**Figure 1.** Selection flowchart of articles included in the systematic review. .... 43

**Figure 2.** Risk of bias of included studies..... 48

### Artigo Original 1

**Figure 1.** Cardiometabolic risk factors associated with each body composition group, for females (A) and males (B)..... 43

### Artigo Original 2

**Figura 1.** Gráfico de rede da relação entre as localizações de gordura corporal e fatores de risco cardiometabólico, no sexo feminino (A) e no masculino (B)..... 99

## LISTA DE QUADROS

### Metodologia

<b>Quadro 1.</b> Dados antropométricos, bioquímicos, clínicos, de hábitos alimentares e de estilo de vida das teses cujos bancos de dados foram utilizados. ....	26
<b>Quadro 2.</b> Critérios de inclusão das teses cujos bancos de dados foram utilizados.....	27
<b>Quadro 3.</b> Classificação do estado nutricional de adolescentes. ....	29
<b>Quadro 4.</b> Classificação do percentual de gordura corporal total de adolescentes, segundo sexo. ....	30
<b>Quadro 5.</b> Classificação da pressão arterial para adolescentes até 17 anos. ....	30
<b>Quadro 6.</b> Classificação dos níveis séricos de colesterol total, LDL, HDL e triglicerídeos, de adolescentes. ....	31
<b>Quadro 7.</b> Classificação dos níveis de glicemia para adolescentes.....	31
<b>Quadro 8.</b> Classificação do índice HOMA-IR para adolescentes. ....	32

## LISTA DE TABELAS

### Artigo de Revisão

<b>Table 1.</b> PECOS inclusion criteria for studies. ....	40
<b>Table 2.</b> Characteristics of included studies. ....	44
<b>Table 3.</b> Body fat measurements, fat assessment methods and cardiometabolic risk factors assessed by the included articles. ....	46
<b>Table 4.</b> Main results of included studies, according to the location of body fat. ....	47

### Artigo Original 1

<b>Table 1.</b> Comparison of the study group with groups 1 and 2, according to sex. Viçosa-MG, Brazil, 2010 to 2015 (n = 1043). ....	77
<b>Table 2.</b> Association of cardiometabolic risk factors with the study group (SG). Viçosa-MG, Brazil, 2010 to 2015 (n = 1043). ....	80

### Artigo Original 2

<b>Tabela 1.</b> Associação da gordura corporal total e regional com fatores de risco cardiometabólico, em adolescentes do <b>sexo feminino</b> . Viçosa-MG, Brasil (n = 507). ....	97
<b>Tabela 2.</b> Associação da gordura corporal total e regional com fatores de risco cardiometabólico, em adolescentes do <b>sexo masculino</b> . Viçosa-MG, Brasil (n = 294). ....	98
<b>Tabela 3.</b> Capacidade das localizações de gordura corporal em predizer alterações nos fatores de risco cardiometabólico, em adolescentes. Viçosa-MG, Brasil, (n = 801). ....	101

## LISTA DE SIGLAS

### Introdução

DCNT Doenças Crônicas Não Transmissíveis

GC Gordura Corporal

GE Grupo de Estudo

GC Grupo de Comparação

IMC Índice de Massa Corporal

### Metodologia

ACP Análise de Componentes Principais

AF Atividade Física

ASC Área sob a Curva

CT Colesterol Total

DEXA Equipamento de absorptometria de raios-X de dupla energia

E Estatura

GC Gordura Corporal

GC1 Grupo de Comparação 1

GC2 Grupo de Comparação 2

GE Grupo de Estudo

HDL *High Density Lipoprotein*

HOMA-IR *Homeostasis Model Assessment – Insulin Resistance*

IMC Índice de Massa Corporal

LDL *Low Density Lipoprotein*

OR Odds Ratio

P Peso

PAD Pressão Arterial Diastólica

PAS Pressão Arterial Sistólica

PC Perímetro da Cintura

PCR Proteína C-reativa

PQ Perímetro do Quadril

RCE Relação Cintura/Estatura  
RCQ Relação Cintura/Quadril  
TCLE Termo de Consentimento Livre e Esclarecido  
TG Triglicerídeos

### **Artigo de Revisão Sistemática**

*A/B Android Fat/Mass Body Fat Ratio*  
*A/G Android/Gynoid Fat Ratio*  
*AF Arm Fat*  
*AMSTAR Assessment of Multiple Systematic Reviews*  
*AnF: Android Fat*  
*BF Body Fat*  
*BMI Body Mass Index*  
*BP Blood Pressure*  
*CRF Cardiometabolic Risk Factors*  
*CRP C-reactive Protein*  
*CT Computed Tomography*  
*DBP Diastolic Blood Pressure*  
*DM2 Type 2 Diabetes*  
*DXA Dual-energy X-ray Absorptiometry*  
*GyF: Gynoid Fat*  
*HDL High Density Lipoprotein*  
*HOMA-IR Homeostasis Model Assessment – Insulin Resistance*  
*IL-6 Interleukin 6*  
*IR Insulin Resistance*  
*LDL Low Density Lipoprotein*  
*LF Leg Fat*  
*LF Leg Fat*  
*LF Liver Fat*  
*LPL Lipoprotein Lipase Enzyme*  
*MR Magnetic Resonance*  
*MRI Magnetic Resonance Imaging*

MS *Metabolic Syndrome*  
PAD *Plethysmography by Air Displacement*  
PECOS *Participants, Exposure, Comparison, Outcome, Study Design*  
PRISMA *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews*  
PROSPERO *International Prospective Register of Systematic Reviews*  
SAAT *Subcutaneous Abdominal Adipose Tissue*  
SAT *Subcutaneous Adipose Tissue*  
SAT *Subcutaneous Adipose Tissue*  
SBP *Systolic Blood Pressure*  
SD *Standard Deviation*  
TAAT *Total Abdominal Adipose Tissue*  
TC *Total Cholesterol*  
TF *Trunk Fat*  
TG *Triglycerides*  
TLFI *Truncal-Leg Fat Index*  
TLFR *Trunk To Leg Fat Ratio*  
TNF- $\alpha$ : *Tumor Necrosis Factor Alpha*  
VAT *Visceral Adipose Tissue*  
WC *Waist Circumference*

### **Artigo Original 1**

AF *Arm Fat*  
AnF *Android Fat*  
BC *Body Composition*  
BF *Body Fat*  
BMI *Body Mass Index*  
CG *Comparison Group*  
DBP *Diastolic Blood Pressure*  
DXA *Dual Energy X-ray Absorptiometry*  
GLU *Glucose*  
GyF *Gynoid Fat*  
HC *Hip Circumference*

HDL *High-Density Lipoprotein*  
HOMA-IR *Homeostasis Model Assessment-Insulin Resistance*  
IA *Informed Assent*  
IC *Informed Consent*  
IR *Insulin Resistance*  
LDL *Low-Density Lipoprotein*  
LF *Leg Fat*  
MS *Metabolic Syndrome*  
OR *Odds Ratio*  
PCA *Principal Components Analysis*  
SBP *Systolic Blood Pressure*  
SG *Study Group*  
TC *Total Cholesterol*  
TF *Trunk Fat*  
TG *Triglycerides*  
WC *Waist Circumference*  
WHR *Waist-Hip Ratio*  
WHtR *Waist-to-Height Ratio*

## **Artigo Original 2**

ACP *Análise de Componentes Principais*  
AF *Atividade Física*  
ASC *Área sob a Curva*  
AU *Ácido Úrico*  
CT *Colesterol Total*  
DXA *Equipamento de absorptometria de raios-X de dupla energia*  
E *Estatura*  
GA *Gordura Androide*  
GB *Gordura do Braço*  
GC *Gordura Corporal*  
GC1 *Grupo de Comparação 1*  
GC2 *Grupo de Comparação 2*

GE Grupo de Estudo  
GG Gordura Ginoide  
GP Gordura da Perna  
GT Gordura do Tronco  
HDL *High Density Lipoprotein*  
HOMA-IR *Homeostasis Model Assessment – Insulin Resistance*  
IMC Índice de Massa Corporal  
LDL *Low Density Lipoprotein*  
OR Odds Ratio  
P Peso  
PA Pressão Arterial  
PAD Pressão Arterial Diastólica  
PAS Pressão Arterial Sistólica  
PC Perímetro da Cintura  
PCR Proteína C-reativa  
PQ Perímetro do Quadril  
RCE Relação Cintura/Estatura  
RCQ Relação Cintura/Quadril  
TA Termo de Assentimento  
TCLE Termo de Consentimento Livre e Esclarecido  
TG Triglicerídeos

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL .....	19
2. OBJETIVOS .....	24
2.1. Objetivo Geral.....	24
2.2. Objetivos Específicos .....	24
3. METODOLOGIA.....	24
3.1. Delineamento do Estudo .....	24
3.2. Seleção Amostral .....	24
3.3. Critérios de inclusão neste estudo.....	27
3.4. Caracterização da população .....	27
3.5. Variáveis avaliadas .....	28
3.5.1. Medidas antropométricas .....	28
3.5.2. Índices antropométricos .....	28
3.5.3. Gordura corporal.....	29
3.5.4. Pressão arterial .....	30
3.5.5. Exames bioquímicos .....	30
3.5.7. Atividade física .....	32
3.6. Análise Estatística.....	33
3.7. Aspectos Éticos.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	38
4.1. Artigo de revisão sistemática .....	38
4.2. Artigo original 1.....	70
4.3. Artigo original 2.....	91
5. CONCLUSÕES .....	118
ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS DA UFV .....	119

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A adolescência é um período da vida em que ocorrem diversas mudanças biológicas, físicas e psicológicas. Além disso, nessa fase o indivíduo tem sua personalidade consolidada e adota hábitos alimentares e de estilo de vida que podem se manter durante toda a vida adulta (LAMOUNIER et al., 2010; BARRETO NETO et al., 2015; WATTS et al., 2016).

Adolescentes, em geral, apresentam elevado consumo de alimentos ultraprocessados, com quantidades excessivas de calorias, ricos em açúcares, gorduras e sódio. Além de baixo consumo de alimentos *in natura* ou minimamente processados, que são ricos em vitaminas, minerais e fibras (GONÇALVES; CANELLA; BANDONI, 2020).

Ainda, adolescentes tendem a apresentar elevado comportamento sedentário e baixo nível de atividade física (KUMAR; ROBINSON; TILL, 2015; MORAIS; MIRANDA; PRIORE, 2018). Ressalta-se que hábitos de vida podem influenciar no desenvolvimento de doenças a médio e longo prazo, como a obesidade, uma doença crônica não transmissível (DCNT) de origem multifatorial, caracterizada pelo aumento excessivo de gordura corporal em virtude do balanço energético positivo. A obesidade envolve fatores genéticos e ambientais, sendo estes últimos considerados mais relevantes ao seu desenvolvimento (TROMBETTA, 2003).

Nesse contexto, destaca-se que o excesso de peso e a obesidade em adolescentes é crescente (IBGE, 2010; IBGE, 2016; NCD-RISC, 2017; BRASIL, 2020; WHO, 2020), de forma que a maioria dos adolescentes com obesidade continua nessa situação na vida adulta (WATTS et al., 2016). Ademais, adultos que tinham obesidade na adolescência podem apresentar mudanças comportamentais desfavoráveis, como diminuição do nível de atividade física e aumento do tempo de tela, bem como menor consumo de frutas e vegetais, e adoção de dietas rigorosas e prejudiciais à saúde (WATTS et al., 2016).

É importante considerar que a avaliação do estado nutricional é comumente realizada pela classificação do Índice de Massa Corporal (IMC), entretanto, o cálculo do IMC não permite fazer a distinção entre massa magra e massa gorda, portanto, não identifica o excesso de gordura corporal, e dessa forma, impossibilita a correta classificação da obesidade, subestimando a prevalência dessa doença (FILGUEIRAS et al., 2018; WOOLCOTT; BERGMAN, 2019; RIPKA et al., 2020).

Assim, é necessário que a avaliação do estado nutricional considere também o percentual de gordura corporal (%GC), pois, estudos mostram que é comum o indivíduo apresentar elevado %GC, apesar de ser classificado como eutrófico pelo IMC. Essa condição

está relacionada ao maior risco de desenvolvimento de doenças cardiometabólicas (CARVALHO et al., 2010; SERRANO et al., 2010; PEREIRA et al., 2012; BRAGANÇA et al., 2020; HERMOSO et al., 2020; COTA et al., 2021).

É importante considerar também que o risco cardiometabólico difere em relação a localização da gordura corporal nas diferentes regiões anatômicas do corpo (PICHÉ *et al.*, 2018). Em adultos o tecido adiposo localizado nas regiões periféricas, como coxa e pernas poderia ter um efeito protetor em relação ao desenvolvimento de síndrome metabólica (PARK *et al.*, 2014).

Ressalta-se que em crianças e adolescentes, a relação entre a localização da gordura corporal e o risco cardiometabólico ainda é incerto. Especialmente durante a adolescência, ocorrem mudanças significativas na distribuição de gordura, principalmente durante a puberdade (STAIANO; KATZMARZYK, 2012).

Nesse contexto, estudos mostram que a gordura corporal total e a regional predizem fatores de risco cardiometabólico de forma semelhante na infância e adolescência (CRUZ, BERGMAN, GORAN, 2002; TERSHAKOVEC *et al.*, 2003; ARISTIZABAL *et al.*, 2015). Em contraste a isso, outros estudos mostram que a gordura androide pode ser um indicador mais importante de risco cardiometabólico nessas faixas etárias (AUCOUTURIER *et al.*, 2009; SAMSELL *et al.*, 2014).

Diante desse contexto, torna-se necessário entender como a localização da gordura corporal se relaciona com o desenvolvimento de fatores de risco e doenças cardiometabólicas em adolescentes. Destaca-se que grande parte dos hábitos de vida são definidos durante a adolescência (LAMOUNIER et al., 2010; BARRETO NETO et al., 2015; WATTS et al., 2016). Sendo assim, essa é uma faixa etária propícia para estimular a adoção de um estilo de vida saudável (CHAN; SIU; LEE, 2019), de forma a favorecer a promoção da saúde e prevenção de doenças a médio e longo prazo.

Este trabalho possui como hipóteses que, adolescentes eutróficos com elevado %GC (GE) possuem mais alterações nos índices antropométricos, nos exames bioquímicos e pressão arterial, bem como maior acúmulo de gordura abdominal comparados aos eutróficos com %GC adequado (GC1); Adolescentes do grupo GE apresentam índices antropométricos, exames bioquímicos e pressão arterial, além da gordura abdominal semelhantes aos com excesso de peso e gordura corporal (GC2); Os grupos GE e GC2 possuem maior percentual de gordura corporal localizado na região central, enquanto no GC1, a gordura está mais localizada nas regiões periféricas do corpo.

## Referências

- ARISTIZABAL, J. C. *et al.* Association between anthropometric indices and cardiometabolic risk factors in pre-school children. **BMC Pediatr**, 2015.
- AUCOUTURIER, J. *et al.* Effect of android to gynoid fat ratio on insulin resistance in obese youth. **Arch Pediatr Adolesc Med**, v. 163, n. 9, p. 826-31, 2009.
- BARRETO NETO, A. C. B. *et al.* Peso corporal e escores de consumo alimentar em adolescentes no nordeste brasileiro. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 33, n. 3, p. 318–325, 2015.
- BERGMAN, R. N. *et al.* A Better Index of Body Adiposity. **Obesity**, v. 19, n. 5, p. 1083–1089, 2012.
- BRAGANÇA, M. L. B. M. *et al.* Assesment of blood biomarkers in adolescents classified by body mass index and body fat percentage. **Cad Saude Publica**, v. 36, n. 6, 2020.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SISVAN. Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional. Relatórios do Estado nutricional dos indivíduos acompanhados por período, fase do ciclo da vida e índice – Ano 2020, Adolescentes. Disponível em: <https://sisaps.saude.gov.br/sisvan/relatoriopublico/index>. Acesso em: 07 abr. 2021.
- CARVALHO, G. Q. Peripheral expression of inflammatory markers in overweight female adolescents and eutrophic female adolescents with a high percentage of body fat. **Appl. Physiol. Nutr. Metab.**, v. 35, n. p.464-470, 2010.
- CHAN, K.; SIU, J. Y. M.; LEE, A. A school-based intervention in promoting healthy dietary practice among adolescents in Hong Kong, **Health Education Journal**, v. 79, 2019.
- COTA, B. C. *et al.* Cardiometabolic risk and health behaviours in adolescents with normal-weight obesity: a systematic review. **Public Health Nutrition**, 2021.
- CRUZ, M. L.; BERGMAN, R. N.; GORAN, M. Unique effect of visceral fat on insulin sensitivity in obese Hispanic children with a family history of type 2 diabetes. **Diabetes Care**, v. 25, n. 9, p. 1631-6, 2002.
- FILGUEIRAS, M. D. S. *et al.* Waist circumference, waist-to-height ratio and conicity index to evaluate android fat excess in Brazilian children. **Public Health Nutrition**, v. 22, n. 1, p. 140-146, 2018.
- GONÇALVES, H. V. B.; CANELLA, D. S.; BANDONI, D. H. Temporal variation in food consumption of Brazilian adolescents (2009-2015). **PLOS ONE**, v. 15, n. 9, 2020.
- HERMOSO, A. G. *et al.* Normal-weight obesity is associated with poorer cardiometabolic profile and lower physical fitness levels in children and adolescents. **Nutrients**, v. 12, n. 1171, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009. Antropometria e estado nutricional de crianças, adolescentes e adultos no Brasil, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Pesquisa de Nacional de Saúde do Escolar 2015. IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro: IBGE 2016. 132 p.

KUMAR, B.; ROBINSON, R.; TILL, S. Physical activity and health in adolescence. **Clinical Medicine**, v. 15, n. 3, p. 267-272, 2015.

LAMOUNIER, J. A. Obesidade na adolescência. In: PRIORE, S. E. *et al.* (org.). **Nutrição e Saúde na Adolescência**. Rio de Janeiro: Editora Rubio, 2010. p. 75-92.

MORAIS, N. S.; MIRANDA, V. P. N.; PRIORE, S. E. Imagem corporal de adolescentes do sexo feminino e sua associação à composição corporal e ao comportamento sedentário. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 23, n. 8, 2018.

NCD RISK FACTOR COLLABORATION - NCD-RISC. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents, and adults. *The Lancet*, 390: 2627-2642, 2017.

PARK, J. *et al.* Visceral adiposity and skeletal muscle mass are independently and synergistically associated with left ventricular structure and function: The Korean Genome and Epidemiology Study. **International Journal of Cardiology**, v. 176, n. 3, 2014.

PICHÉ, M-E.; POIRIER, P.; LEMIEUX, I.; DESPRÉS, J-P. Overview of Epidemiology and Contribution of Obesity and Body Fat Distribution to Cardiovascular Disease: An Update. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 61, p. 103-113, 2018.

PEREIRA, P. F. *et al.* Body fat location and cardiovascular disease risk factors in overweight female adolescents and eutrophic female adolescents with a high percentage of body fat. **Cardiology in the Young**, v. 22, p. 162-169, 2012.

RIPKA, W. L. *et al.* Validity and accuracy of body fat prediction equations using anthropometrics measurements in adolescents. **Eating and Weight Disorders - Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity**, 2020.

SAMSELL, L.; REGIER, M.; WALTON, C.; COTTRELL, L. Importance of android/gynoid fat ratio in predicting metabolic and cardiovascular disease risk in normal weight as well as overweight and obese children. **Journal of Obesity**, 2014.

SERRANO, H. M. S. *et al.* Composição Corpórea, Alterações Bioquímicas e Clínicas de Adolescentes com Excesso de Adiposidade. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 95, n. 4, p. 464-472, 2010.

STAIANO, A. E.; KATZMARZYK, P. T. Ethnic and sex differences in body fat and visceral and subcutaneous adiposity in children and adolescents. **International Journal of Obesity**, v. 36, n. 10, p. 1261-9, 2012.

TERSHAKOVEC, A. M. Body composition and metabolic factors in obese children and adolescents. **International journal of obesity and related metabolic disorders**, v. 27, n. 1, p. 19-24, 2003.

TROMBETTA, I. C. Exercício físico e dieta hipocalórica para o paciente obeso: vantagens e desvantagens. **Revista Brasileira de Hipertensão**, v. 10, n. 11, p. 130–133, 2003.

WATTS, A. W. *et al.* Characteristics of a Favorable Weight Status Change From Adolescence to Young Adulthood. **Journal of adolescent health**, v. 58, n. 4, p. 403-409, 2016.

WOOLCOTT, O. O.; BERGMAN, R. N. Relative Fat Mass as an estimator of whole-body fat percentage among children and adolescents: A cross-sectional study using NHANES. **Scientific Reports**, v. 9, p. 15279, 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Obesity and overweight. 2020. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight#:~:text=The%20prevalence%20of%20overweight%20and,19%25%20of%20boys%20were%20overweight>. Acesso em: 07 abr. 2021.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Verificar a associação de fatores de risco cardiometabólico com a localização da gordura corporal em adolescentes.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Revisar a literatura em relação aos fatores de risco cardiometabólico associados à localização da gordura corporal em adolescentes (Artigo de revisão sistemática);
- Comparar os fatores de risco cardiometabólico em adolescentes eutróficos com elevado percentual de gordura corporal (%GC) com adolescentes eutróficos com %GC adequado e aqueles com excesso de peso e %GC (Artigo original 1);
- Investigar a associação da localização da gordura corporal nos fatores de risco cardiometabólico em adolescentes (Artigo original 2);
- Avaliar qual localização da gordura corporal possui melhor desempenho em prever alterações nos fatores de risco cardiometabólico (Artigo original 2).

## **3. METODOLOGIA**

### **3.1. Delineamento do Estudo**

Estudo transversal realizado com dados secundários provenientes de dois bancos de dados derivados de estudos desenvolvidos na cidade de Viçosa-MG, por pesquisadores do Programa de Pós-graduação em Ciência da Nutrição da Universidade Federal de Viçosa, conforme descritas no Quadro 1. As coletas dos dados foram realizadas de 2010 a 2015.

A população deste estudo foi constituída por adolescentes de ambos os sexos, de 10 a 19 anos de idade. Estes residiam nas zonas urbana ou rural do município de Viçosa-MG quando as coletas foram realizadas.

### **3.2. Seleção Amostral**

O estudo conduzido por Cecon (2017) foi realizado com adolescentes de 10 a 19 anos de idade, de ambos os sexos, matriculados em escolas públicas e particulares da zona urbana do município de Viçosa, Minas Gerais (Quadro 1). Já a pesquisa realizada por Miranda (2017) compreendeu adolescentes do sexo feminino de 14 a 19 anos, residentes da área urbana de

Viçosa-MG, regularmente matriculadas nos anos letivos de 2014 e 2015 (Quadro 1). Os critérios de inclusão de cada estudo estão detalhados no quadro 2.

Para o presente estudo, foi realizada uma seleção a partir da análise de cada banco de dados incluído. Em caso de adolescentes que foram avaliados nas duas pesquisas, foram excluídos os que tivessem algum dado faltando, ou com avaliação mais antiga. Assim, foram incluídos 1043 adolescentes no artigo original 1 e 801 no artigo original 2.

O cálculo do poder do estudo foi realizado a fim de garantir a significância das análises e assegurar a variabilidade e a significância dos resultados.

**Quadro 1.** Dados antropométricos, bioquímicos, clínicos e de estilo de vida das teses cujos bancos de dados foram utilizados.

<b>Autor (ano)</b>	<b>Ano da coleta dos dados</b>	<b>Antropometria</b>	<b>Parâmetros Bioquímicos</b>	<b>Parâmetros clínicos</b>	<b>Estilo de vida</b>
Cecon (2017)	2010, 2011 e 2012	P, E, PC (PM), PQ, 4 pregas, InBody, DEXA	Hemograma, Perfil lipídico, Glicemia de jejum, Ácido Úrico, Insulina	PAS e PAD	Atividade física
Miranda (2017)	2014 e 2015	P, E, PC (PM), PQ, PP, 4 pregas, DEXA, InBody	Hemograma, Perfil lipídico, Glicemia de jejum, Ácido úrico, Insulina, HOMA-IR, PCR	PAS e PAD	Atividade física

**Legenda:** DEXA: Equipamento de absorptometria de raios-X de dupla energia; E: Estatura; HOMA-IR: *Homeostasis Model Assessment – Insulin Resistance*; P: Peso; PAD: Pressão arterial diastólica; PAS: Pressão arterial sistólica; PC (PM): Perímetro da cintura aferido no ponto médio entre a margem inferior da última costela e a crista ilíaca; PCR: Proteína C-reativa; PP: Perímetro do pescoço; PQ: Perímetro do quadril.

**Quadro 2.** Critérios de inclusão das teses cujos bancos de dados foram utilizados.

<b>Cecon (2017)</b>	<b>Miranda (2017)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Possuir idade entre 10 a 19 anos;</li> <li>· Aceitar participar da pesquisa, apresentando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) assinado pelo responsável e adolescentes;</li> <li>· Não fazer uso regular de medicamentos que alterassem a pressão arterial, a glicemia, insulinemia ou o metabolismo lipídico;</li> <li>· Não relatar infecções e/ou inflamações agudas e doenças crônicas não transmissíveis;</li> <li>· Não fazer uso de anticoncepcional a menos de 2 meses, no caso do sexo feminino;</li> <li>· No caso do sexo feminino, não ter engravidado ou estar grávida;</li> <li>· Não participar de programa de redução e controle de peso;</li> <li>· Não fazer uso regular de diuréticos/laxantes, marca-passo ou prótese.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Adolescente do sexo feminino com idade entre 14 a 19 anos;</li> <li>· Já ter apresentado menarca no mínimo há um ano;</li> <li>· Aceitar participar da pesquisa, atestado por meio da assinatura dos termos de Assentimento e TCLE, assinado por elas e pelo responsável, respectivamente;</li> <li>· Não ter feito uso regular de medicamentos que alterem a pressão arterial, a glicemia, insulinemia ou o metabolismo lipídico;</li> <li>· Não ter relatado infecções e/ou inflamações agudas e doenças crônicas não transmissíveis;</li> <li>· Não ter usado de anticoncepcional recente (menos de 2 meses);</li> <li>· Não estar passando por período gestacional;</li> <li>· Não estar participando de programa de redução e controle de peso;</li> <li>· Não fazer uso regular de diuréticos/laxantes, marca-passo ou próteses nos membros inferiores que possa interferir no deslocamento;</li> <li>· Não estar fazendo suplementação de probióticos e/ou outros tipos de produtos fermentados;</li> <li>· Não estar fazendo uso de antibiótico nos últimos 3 meses.</li> </ul>

### 3.3. Critérios de inclusão neste estudo

- Indivíduos com idade de 10 a 19 anos quando os dados foram coletados;
- Possuir medidas antropométricas e de composição corporal (DEXA) disponíveis nos bancos de dados utilizados;
- Ter dados de pressão arterial, perfil lipídico, glicemia de jejum, resistência à insulina e ácido úrico.
- Dispor de informações sobre prática de atividade física.

### 3.4. Caracterização da população

Para o artigo original 1, os indivíduos foram divididos de acordo com a situação nutricional em um grupo de estudo: GE – Eutrofia pelo IMC e %GC elevado; e dois de

comparação: GC1 – Eutrofia pelo IMC e %GC adequado; GC2 – Excesso de peso pelo IMC e %GC elevado.

### **3.5. Variáveis avaliadas**

#### **3.5.1. Medidas antropométricas**

##### *Peso*

O peso foi aferido em balança digital eletrônica, com capacidade máxima de 200kg. As pesagens foram realizadas de acordo com as técnicas propostas pela OMS (1995). Para maior confiabilidade das medidas, a calibragem da balança foi verificada semanalmente com peso padrão.

##### *Estatura*

A estatura foi aferida com estadiômetro portátil, com extensão de até 2,20m. As medidas foram executadas seguindo-se as técnicas preconizadas pela OMS (1995).

##### *Perímetros da cintura e do quadril*

Para aferição dos perímetros foi utilizada fita métrica, flexível e inelástica, com extensão máxima de 2m, com cuidado para não comprimir os tecidos. As medidas foram realizadas em duplicata, sendo admitida variação máxima de 0,5 cm e em caso de variação superior a esse valor, foi realizada uma terceira aferição, utilizando a média entre as duas medidas mais próximas.

O perímetro da cintura foi aferido no ponto médio entre a margem inferior da última costela e a crista ilíaca, no plano horizontal (WHO, 2008). O do quadril foi medido na região glútea, circundando a maior porção horizontal entre a cintura e os joelhos (FRANCESCHINI et al., 2017).

#### **3.5.2. Índices antropométricos**

##### *Relações cintura/estatura e cintura/quadril*

A relação cintura/estatura (RCE) foi calculada pelo quociente da medida do perímetro da cintura (cm) pela medida da estatura (cm). Foi considerado como ponto de corte para

presença de obesidade abdominal valores de RCE  $\geq 0,50$ , independentemente da idade e do sexo (ASHWELL, GIBSON, 2014).

A relação cintura/quadril (RCQ) foi calculada a partir da relação do PC (cm) pelo do quadril.

### *Índice de Massa Corporal*

O Índice de Massa Corporal (IMC) foi calculado pela razão do peso corporal (kg) e estatura (m<sup>2</sup>) (WHO, 1995), com auxílio do Software WHO *AnthroPlus*. A classificação do IMC foi realizada de acordo com a WHO (2007) (Quadro 3).

**Quadro 3.** Classificação do estado nutricional de adolescentes.

<b>Classificação do Estado Nutricional</b>	<b>Escore-z</b>
Baixo Peso	< -2
Eutrófico	$\geq -2 < 1$
Sobrepeso	$\geq 1 < 2$
Obesidade	$\geq 2$

Fonte: WHO, 2007.

### **3.5.3. Gordura corporal**

Para estimar o percentual de gordura corporal (%GC) dos adolescentes, foi utilizado o Equipamento de absorptometria de raios-X de dupla energia (DEXA). Para a realização desse exame, os adolescentes foram orientados a seguir algumas orientações, sendo elas: as meninas precisavam estar há pelo menos sete dias da data da última menstruação e sete dias antes da próxima; jejum absoluto de 12 horas anteriores à realização do exame; não realizar exercício físico nas 12 horas anteriores; não ingerir álcool nas 48 horas anteriores; não fazer uso de diuréticos pelo menos nos sete dias anteriores; retira objetos metálicos como brincos, relógios e outros e; urinar 30 minutos antes da realização do exame (BARBOSA, 2006).

Foi analisado o %GC total e regional, considerando as regiões do tronco, dos braços e das pernas, separadamente. Ainda, foi analisada a gordura central (androide – predomínio da gordura na região abdominal) e periférica (ginoide – predomínio da gordura nos quadris e coxas).

A classificação do %GC total foi realizada utilizando-se os pontos de corte propostos por Williams (1992), de acordo com o sexo (Quadro 4).

**Quadro 4.** Classificação do percentual de gordura corporal total de adolescentes, segundo sexo.

%GC		Classificação
Feminino	Masculino	
< 15%	< 10%	Baixo Percentual de Gordura Corporal
≥ 15 e < 25%	≥ 10 e < 20%	Eutrofia
≥ 25% e < 30%	≥ 20% e < 25%	Risco de Excesso de Gordura Corporal
≥ 30%	≥ 25%	Excesso de Gordura Corporal

Fonte: Williams, 1992.

### 3.5.4. Pressão arterial

Para aferir a pressão arterial foi utilizado o monitor de pressão sanguínea de inflação automática, e foi realizada de acordo com as técnicas preconizadas pela Sociedade Brasileira de Cardiologia (IV; VI; VII Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial). As medidas foram realizadas em ambos os braços e no que apresentasse maior valor da pressão arterial, foram realizadas mais duas medidas, com intervalo de um a dois minutos entre elas, excluindo-se a primeira e fazendo a média das duas últimas. Se a pressão diastólica e sistólica obtida apresentasse entre si diferenças superiores a 4 mmHg, novas medidas foram realizadas, até se obter uma diferença inferior a esse valor.

A classificação da pressão arterial de adolescentes foi feita de acordo com idade, sexo e percentil de estatura, utilizando os pontos de corte de pressão sistólica e diastólica preconizados pela Sociedade Brasileira de Cardiologia (2020) (Quadro 5).

**Quadro 5.** Classificação da pressão arterial para adolescentes até 17 anos.

Classificação	< 13anos	≥ 13 anos
Normal	< percentil 90	< 120/< 80 mm Hg
Pressão arterial elevada	≥ percentil 90 a < percentil 95 e ≥ 120/80 mmHg para < percentil 95 (o que for menor)	120/< 80 a 129/< 80 mmHg
Hipertensão estágio 1	≥ percentil 95 até < P95 + 12 mmHg ou PA entre 130/80 até 139/89mmHg (o que for menor)	130/80 ou até 139/89 mm Hg
Hipertensão estágio 2	≥ percentil 95 + 12 mmHg ou ≥ 140/90 mmHg (o que for menor)	≥ 140/90mmHg

Fonte: Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial – 2020 (BARROSO et al., 2020).

PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica.

### 3.5.5. Exames bioquímicos

As análises bioquímicas foram realizadas em laboratório credenciado. Os indivíduos foram orientados a fazer 12 horas de jejum antes da coleta. As amostras foram colhidas com

material descartável, por punção venosa, no período da manhã. Foram realizados exames de perfil lipídico, glicemia de jejum, insulina e ácido úrico.

#### *Perfil lipídico*

Foram dosados colesterol total (CT), lipoproteína de alta densidade (*High Density Lipoprotein* – HDL), lipoproteína de baixa densidade (*Low Density Lipoprotein* – LDL) e triglicerídeos (TG).

O colesterol total, HDL e triglicerídeos foram avaliados pelo método colorimétrico enzimático, com automação pelo equipamento *Cobas Mira Plus* (Roche) e o LDL calculado pela fórmula de Friedwald (FRIEDEWALD, LEVY; FREDRICKSON, 1972).

A classificação dos valores dos lipídios séricos foi realizada conforme a VII Diretriz Brasileira de Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2017) (Quadro 6).

**Quadro 6.** Classificação dos níveis séricos de colesterol total, LDL, HDL e triglicerídeos, de adolescentes.

<b>Parâmetros</b>	<b>Com jejum</b>
Colesterol Total (mg/dL)	< 170
LDL (mg/dL)	< 110
HDL (mg/dL)	> 45
Triglicerídeos (mg/dL)	< 90

Fonte: Sociedade Brasileira de Cardiologia (2017).

HDL: colesterol da lipoproteína de alta densidade; LDL: colesterol da lipoproteína de baixa densidade.

#### *Glicemia de jejum*

A avaliação da glicemia de jejum foi realizada pelo método enzimático da glicose-oxidase por meio do equipamento de automação *Cobas Mira Plus* (Roche).

Sua classificação foi realizada segundo a Sociedade Brasileira de Diabetes (2019/2020) (Quadro 7).

**Quadro 7.** Classificação dos níveis de glicemia para adolescentes.

<b>Valores (mg/dL)</b>	<b>Classificação</b>
< 100	Normal
100-125	Pré-diabetes
≥ 126	Diabetes

Fonte: Sociedade Brasileira de Diabetes (2019/2020).

### *Resistência à insulina*

A resistência insulínica foi avaliada pelo modelo matemático HOMA – IR (*Homeostasis Model Assessment – Insulin Resistance*) (MATTHEWS et al., 1985), com base nas dosagens de insulina e glicemia de jejum:

$$\text{HOMA-IR} = [(\text{insulina de jejum } (\mu\text{U/mL}) \times \text{glicemia de jejum [mmol/L]})/22,5]$$

Os pontos de corte considerados como indicativo da presença de resistência insulínica serão de acordo com o sexo (Quadro 8).

**Quadro 8.** Classificação do índice HOMA-IR para adolescentes.

<b>Referência</b>	<b>População</b>	<b>Valor de corte para HOMA-IR</b>
Rocco <i>et al.</i> , 2011	Sexo Feminino	≤ 1,65
	Sexo Masculino	≤ 1,95

Fonte: Sociedade Brasileira de Diabetes (2019/2020).

### *Ácido úrico*

O ácido úrico foi dosado pelo método colorimétrico enzimático, com automação pelo equipamento Cobas Mira Plus (Roche Corp.).

#### **3.5.7. Atividade física**

Os adolescentes foram questionados se realizavam atividade física (AF) e em caso positivo, o tipo e frequência da atividade foi registrado. Sendo assim, os adolescentes foram classificados como sedentários quando não realizava nenhum tipo de AF; e ativos quando realizavam a educação física da escola e/ou outra atividade (IOM, 2002). Para as análises estatísticas, essa variável foi utilizada para ajuste.

#### **3.5.8. Fatores de risco cardiometabólico**

Foram considerados os seguintes fatores de risco cardiometabólico: excesso de adiposidade nas diferentes localizações avaliadas (andróide, ginóide, pernas, braços e tronco), níveis alterados de pressão arterial sistólica e/ou diastólica, colesterol total, LDL, HDL, TG, glicose, presença de resistência à insulina, RCQ e/ou RCE elevadas.

### 3.6. Análise Estatística

Para as análises estatísticas foi utilizado o *software* R versão 4.0.2, adotando nível de significância de 5%. Foi realizado o teste de *Kolmogorov-Smirnov* (MISHRA *et al.*, 2019) para verificar se as variáveis apresentavam distribuição normal. Para a análise descritiva das variáveis contínuas foram apresentadas medidas de tendência central (média ou mediana) e de dispersão (desvio-padrão, mínimo e máximo ou percentis 25 e 75). E para as variáveis categóricas foram apresentadas a frequências relativa e absoluta.

#### 3.6.1. Artigo Original 1

O Teste de *Mann-Whitney* foi realizado para comparar as variáveis numéricas entre o grupo de estudo e cada grupo de comparação, separadamente. A Análise de Componentes Principais (ACP) foi realizada no artigo original 1 para identificar os fatores associados a cada grupo (GE, GC1 e GC2) (FLECK; BOURDEL, 1998). Para essa análise, os adolescentes foram divididos de acordo com os grupos de situação nutricional, e, foram considerados os seguintes fatores de risco cardiometabólico como variáveis: excesso de adiposidade nas diferentes localizações avaliadas (androide, ginoide, pernas, braços e tronco), níveis alterados de pressão arterial sistólica e/ou diastólica, colesterol total, LDL, HDL, TG, glicose, RCE e RCQ elevados e presença de resistência à insulina.

Foi conduzida análise exploratória bivariada para determinar a odds ratio (OR), com objetivo de identificar as variáveis de interesse. Para tanto, a existência de associação entre os grupos de situação nutricional com cada variável considerada fator de risco cardiometabólico foi determinada por Regressão logística bivariada. As variáveis que apresentaram  $p < 0,20$  na análise bivariada foram incluídas no modelo múltiplo. Para as análises, o GE foi considerado como referência, e, a idade e o sexo foram usados como variáveis de ajuste.

Em seguida, foi realizada regressão logística múltipla, em que a cada etapa, as variáveis que não alteraram a OR e os intervalos de confiança de modo significativo ( $p < 0,05$ ), foram descartadas até a obtenção de um modelo final, pelo método backward. A qualidade do modelo foi avaliada pelo critério de informação de Akaike e o ajuste pelo teste de Hosmer&Lemeshow, a partir da função `hoslem.test` que indica bom ajuste quando  $p > 0,05$  (SUBHASH *et al.*, 2019).

#### 3.6.2. Artigo Original 2

O teste de *Mann-Whitney* comparou as variáveis quantitativas entre os sexos. A regressão linear bivariada foi efetuada a partir de modelos de regressão linear simples

considerando cada fator de risco (níveis alterados de pressão arterial sistólica e/ou diastólica, colesterol total, LDL, HDL, TG e HOMA-IR elevados) como variável desfecho e cada medida de gordura corporal como variável explicativa.

A regressão linear múltipla ajustada para idade e atividade física, foi realizada para prever a alteração em cada fator de risco, a partir das medidas de gordura corporal, como variáveis explicativas. Para a construção do modelo linear múltiplo utilizou-se, como critérios para a inclusão das variáveis, o valor  $p \leq 0,20$ , obtido na análise bivariada. No modelo final, por sua vez, utilizou-se o método backward, sendo que aquelas variáveis com menor significância (maior valor p) foram retiradas uma a uma do modelo. O procedimento foi repetido até que todas as variáveis presentes no modelo possuíssem significância ( $p < 0,05$ ).

O teste F da análise de variância foi utilizado para avaliar a significância do modelo final, já a qualidade do ajuste foi analisada pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Os resíduos foram avaliados segundo as suposições de normalidade, homocedasticidade, linearidade e independência. Ainda, verificou-se a multicolinearidade entre as variáveis incluídas no modelo.

A análise de redes foi realizada para avaliar a relação entre as medidas de gordura corporal e os fatores de risco cardiometabólico. Os gráficos construídos a partir dessa análise permitem explorar visualmente as relações que ocorrem de forma simultânea entre as variáveis. Ainda, as medidas de centralidade (betweenness, closeness e strength) possibilitam demonstrar a importância de cada variável em cada gráfico (HEVEY, 2018; LEME et al., 2020).

A capacidade das localizações de gordura corporal para prever alterações dos fatores de risco cardiometabólico foram estabelecidos por meio da construção de curvas ROC. Foram determinadas as áreas sob as curvas ROC (ASC) e os respectivos intervalos de confiança (IC95%), estratificados por sexo. Ainda, as curvas foram comparadas para definir as localizações de gordura que apresentam melhor desempenho em prever a alteração de cada fator de risco.

### **3.7. Aspectos Éticos**

Todas as pesquisas, cujos bancos de dados foram incluídos nesse estudo, foram submetidas e aprovadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (CEP/UFV), quando foram realizadas e no momento que houve a junção dos bancos de dados em 2018 (parecer nº 2.879.661), de acordo com a Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012 do Conselho Nacional de Saúde (Anexo A).

Todos os participantes receberam retorno após o término das pesquisas, com a cópia dos resultados dos exames realizados e orientações nutricionais, além de encaminhamento para os serviços de saúde, quando necessário.

## Referências

- ASHWELL, M.; GIBSON, S. A proposal for a primary screening tool: “Keep your waist circumference to less than half your height”. **BMC Medicine**, p. 1–6, 2014.
- BARBOSA, K. B. F. **Métodos para avaliação do consumo alimentar e sua relação com marcadores de risco para a síndrome metabólica em adolescentes do sexo**. (Dissertação de Mestrado). 2006. 246 f. Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- BARROSO, W. K. S. et al. Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial – 2020. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 116, n. 3, p. 516-658.
- CECON, R. S. **Indicadores cardiometabólicos, densidade mineral óssea e percepção da imagem corporal de adolescentes de 10 a 19 anos, com e sem triagem positiva para transtornos**. (Tese de Doutorado). 2017. 143 f. Universidade Federal de Viçosa, 2017.
- FRANCESCHINI, S. C. C. et al. **Técnicas de aferição de medidas antropométricas e de composição corporal**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. 72 p.
- FRIEDEWALD, W.; LEVY, R.; FREDRICKSON, D. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. **Clinical Chemistry**, v.18, n.6, p.499-502, 1972.
- GUERRERO-ROMERO, F. et al. Fasting Triglycerides and Glucose Index as a Diagnostic Test for Insulin Resistance in Young Adults. **Arch Med Res**, v. 47, n. 5; p. 382-387, 2016.
- HEVEY, D. Network analysis: a brief overview and tutorial. **Health Psychology and Behavioral Medicine**, v. 6, n. 1, p. 301-328, 2018.
- LEME, D. E. C. et al. Análise de redes: uma abordagem de estatística multivariada para pesquisas em ciências da saúde. **Geriatr Gerontol Aging**, v. 14, n. 1, p. 43-51, 2020.
- INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary References Intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids**. DC: The National Academy Press: Washington, 2002.
- MIRANDA, V. P. N. **Associação entre o estilo de vida e a composição corporal com os fatores de risco para as doenças cardiometabólicas, microbiota intestinal e imagem corporal de adolescentes do sexo feminino**. (Tese de Doutorado). 2017. 245 f. Universidade Federal de Viçosa, 2017.
- MISHRA, P. *et al.* Descriptive statistics and normality testes for statistical data. **Ann Card Anaesth**, v. 22, n. 1, p. 67-72, 2019.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. Atualização da Diretriz Brasileira de Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose – 2017. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 109, 2017.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES. **Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes 2019-2020**. São Paulo: Editora Clannad, 2020.

SUBHASH RL, KEIM JL, SOLYMOS P. **Resource Selection: Resource Selection (Probability) Functions for Use-Availability Data**. R package version 0.3-5. 2019. Disponível em: <https://CRAN.Rproject.org/package=ResourceSelection>. Acesso em: 01 nov. 2021.

WILLIAMS, D. P. et al. Body fatness and risk for elevated blood pressure, total cholesterol, and serum lipoprotein ratios in children and adolescents. **Am J Public Health**, v. 82, p. 358-62, 1992.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents**. Bulletin of the World Health Organization, 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Waist circumferences and waist-hip ratio: report of a WHO expert consultation**, Geneva, World Health Organization, 2008.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO Expert Committee on Physical Status. **Physical status: the use and gbfv ginterpretation of anthropometry**. WHO Technical repor Series n. 854. Geneva,1995.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Artigo de revisão sistemática

Artigo submetido à Nutrition Research Reviews. F.I.: 8.146

#### **Body fat location and cardiometabolic risk factors in adolescents: a systematic review**

Núbia de S. de Moraes<sup>1</sup>; Ariane R. de F. Rocha<sup>1</sup>; Francilene M. Azevedo<sup>1</sup>; Dayane de C. Moraes<sup>1</sup>; Sarah A. V. Ribeiro<sup>1</sup>; Vivian S. S. Gonçalves<sup>2</sup>; Sylvia do C. C. Franceschini<sup>1</sup>; Silvia E. Priore<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Nutrition and Health, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 36570-900, Brazil.

<sup>2</sup> Graduate Program in Public Health, Universidade de Brasília, Brasília 70910-900, Brazil.

#### **Abstract**

The purpose of this study is to verify whether the location of body fat is associated with the presence of cardiometabolic risk factors in adolescents. Twelve studies were included in the review. The central and peripheral fat were associated with higher levels of blood glucose, insulin, Homeostasis Model Assessment-Insulin Resistance (HOMA-IR), Low Density Lipoprotein (LDL), leptin, blood pressure and lower than High Density Lipoprotein (HDL) in adolescents. Android obesity and abdominal, visceral and subcutaneous adipose tissue were also associated with changes in lipid profile and HOMA-IR. Furthermore, trunk fat and visceral adipose tissue were related to higher values of inflammatory markers such as Interleukin 6 (IL-6), C-reactive protein (PCR), leptin and adiponectin, in addition to blood pressure, HOMA-IR and changes in the lipid profile. Finally, leg fat was inversely associated with cardiometabolic risk z-score, and an increase in this fat by 1 standard deviation was inversely associated with the presence of two or more cardiometabolic risk factors. Excess adiposity in any location is associated with increased cardiometabolic risk, however, having a higher proportion of subcutaneous and gynoid fat tends to be less harmful. Thus, the highest percentage of total body fat concentrated in the gynoid region and legs is associated with a lower cardiometabolic risk

in adolescents, when compared to the location in the android region, that is, the abdominal region, especially when it comes to visceral fat.

**Keywords:** Adolescent; Body fat distribution; Cardiometabolic risk factors; Systematic review.

## INTRODUCTION

Adolescence, the chronological period from 10 to 19 years of age <sup>(1)</sup>, is a phase of intense behavioral changes that can lead to the adoption of unhealthy habits, such as poor diet and sedentary lifestyle, which, associated with physiological and genetic components, can contribute for the development of overweight and obesity <sup>(2)</sup>. It is noteworthy that in adolescence the physiological increase in body adiposity is necessary and occurs mainly in females, which is essential for physical growth and development, but, in excess it is a risk factor for cardiometabolic diseases <sup>(2)</sup>. Worldwide, the number of adolescents with obesity has increased tenfold in the last four decades <sup>(3)</sup>.

Excess adiposity is one of the main health problems among adolescents, and also one of the main factors involved in the development of metabolic and cardiovascular diseases <sup>(4)</sup>. Adolescents with obesity have an increased chance of developing cardiometabolic risk factors such as arterial hypertension, insulin resistance and dyslipidemia, and of maintaining this health condition throughout adulthood, resulting in a higher risk of morbidity and mortality <sup>(5,6)</sup>.

However, in addition to the percentage of adiposity, there is evidence that the regional distribution of body fat has different impacts on the cardiometabolic risk of adults. This is because fat deposits comprise different metabolic properties depending on their location, which results in different contributions to the risk of metabolic diseases <sup>(7,8)</sup>. For example, it is already established that in adults, abdominal fat is strongly related to metabolic complications, in contrast to excess total body fat. Furthermore, subcutaneous fat has been shown to be less metabolically deleterious than visceral fat in this age group <sup>(7,9-11)</sup>. Since it is not yet well established in the literature whether this evidence also applies to adolescents, the objective of this systematic review was to verify whether the location of body fat is associated with the presence of cardiometabolic risk factors in adolescents.

## METHODOLOGY

### Data source and search strategy

The systematic review was conducted following the items of the *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews – PRISMA* <sup>(12)</sup> and registered in *International prospective register of systematic reviews - PROSPERO* under the number CRD42022278835.

The inclusion criteria adopted followed the PECOS method (Table 1), based on the guiding question: “Is the location of body fat associated with the presence of cardiometabolic risk factors in adolescents?”.

**Table 1.** PECOS inclusion criteria for studies.

Parameter	Inclusion criteria
(P) Participants	Adolescents
(E) Exposure	Body fat distribution
(C) Comparison	No comparison
(O) Outcome	Presence of cardiometabolic risk factors
(S) Study design	Cross-sectional

The selection of articles was carried out in February 2023, from the following databases: Publisher Medline (PUBMED), Scopus, Embase, Science Direct, Google Scholar and ProQuest Dissertations and Theses. For Google Scholar, the first 200 articles were considered for selection. References were stored in the Rayyan bibliographic software <sup>(13)</sup>. The steps were performed by two reviewers independently, without using a filter, using different combinations of the Medical Subject Headings (MeSH) and Health Sciences Descriptors (DecS) - adolescent, body fat distribution and cardiometabolic risk factors - as well as the corresponding alternative terms. The complete search strategy and its adaptations related to the databases are available in the supplementary file (Appendix A).

### Selection of Studies

The selection (Figure 1) was performed in the software Rayyan <sup>(13)</sup> by a pair of reviewers (N. S. M. and A. R. F. R.), independently, following the proposed steps: searches for articles in the databases, checking the total number found; deletion of duplicates; reading the titles and abstracts for initial selection, and finally, a complete analysis in order to verify which studies met the eligibility criteria. The included and excluded studies were selected by consensus among the reviewers.

A reverse search was carried out, through the reference list of included articles, to identify eligible articles not identified by the consulted databases, which also went through the established stages of analysis and inclusion/exclusion.

### **Eligibility Criteria**

Original articles from cross-sectional studies that evaluated the association between the location of body fat measured by indirect methods, such as DXA (dual energy X-ray absorptiometry), magnetic resonance imaging, among others, or bioimpedance (double indirect method) and the presence of cardiometabolic risk factors in adolescents aged 10 to 19 years of age. There was no language distinction or publication time restriction of studies. Review articles, experimental studies, guidelines, theses, dissertations and abstracts, as well as those that did not meet the aforementioned inclusion criteria, were excluded.

### **Data analysis and extraction**

The extracted data included: title, authors, place of performance, year of publication, objective, characteristics of the individuals, sample size, body fat measurements, cardiometabolic risk factors and main results. The primary outcome was the presence of cardiometabolic risk factors associated with the location of body fat in adolescents.

### **Risk of bias assessment**

The risk of bias was assessed using the critical assessment tool recommended by the Joanna Briggs Institute (IJB) <sup>(14)</sup>, by two researchers (N. S. M. and A. R. F. R.), independently, with assistance of the checklist for cross-sectional studies, consisting of 8 questions <sup>(14)</sup> (Appendix B). The questions cover aspects related to the definition of inclusion criteria, description of study participants, exposure measures, identification and way of dealing with confounding factors, presentation of results and statistical analyses.

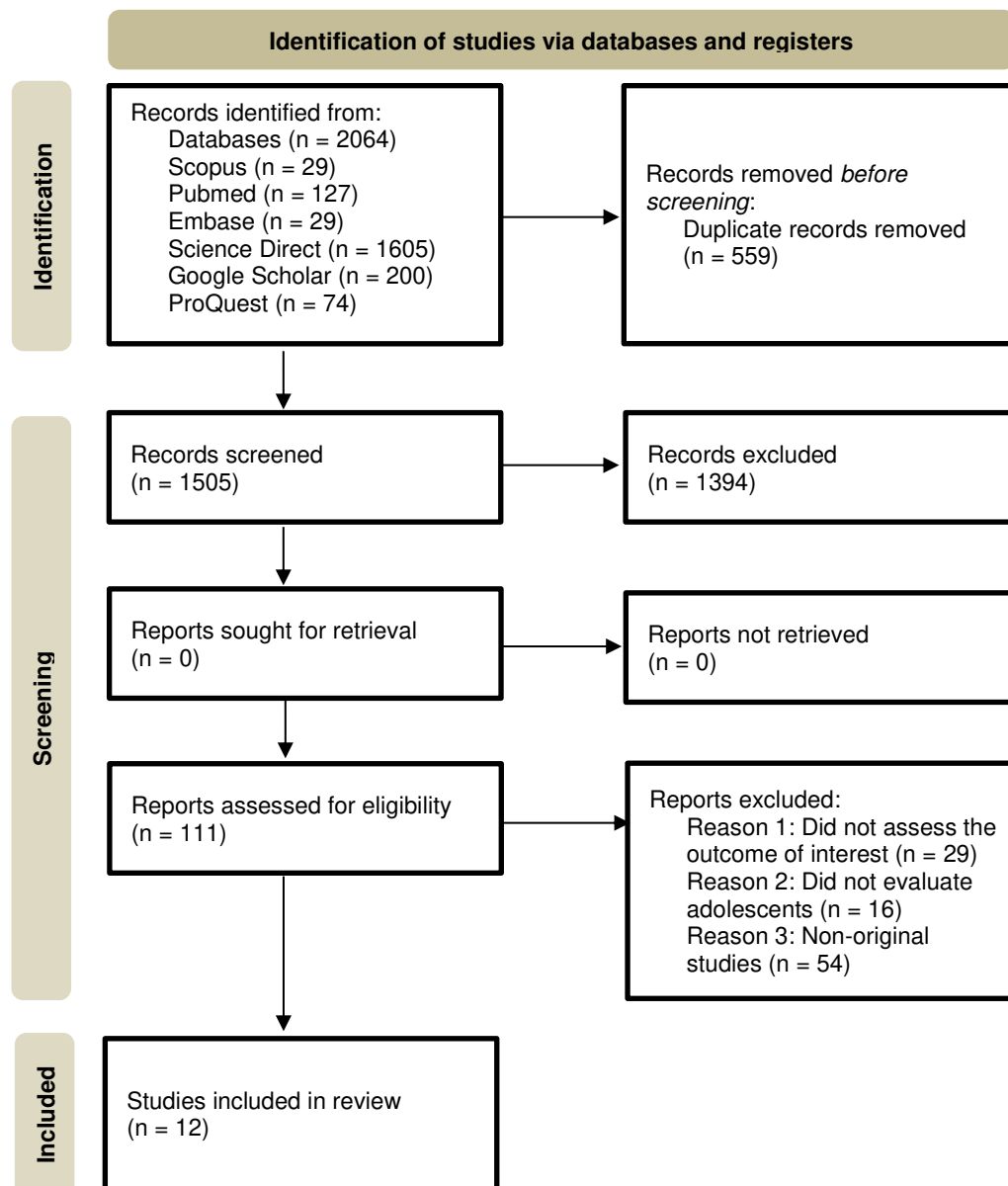
### **Review quality assessment**

The quality of this systematic review was evaluated according to the *Assessment of Multiple Systematic Reviews* (AMSTAR) <sup>(15)</sup> method, which considers some aspects, such as: the definition of the central question of the review, the inclusion criteria, pair of researchers, procedures for consensus decision in case of disagreements in the inclusion or exclusion of articles, broad search (considering different bases and gray literature), characterization and

evaluation of the quality of the included studies, methods used to combine the findings of the studies, probability of bias in published results, and possible conflicts of interest <sup>(15)</sup>.

## **RESULTS**

Figure 1 presents the detailed flowchart of the selection of studies, according to PRISMA <sup>(12)</sup>. The search identified 2064 articles and, after selection, 12 studies were included. Appendix C shows articles excluded after full reading, excluded for not meeting eligibility criteria.



**Figure 1.** Selection flowchart of articles included in the systematic review.

### Description of studies

The articles included in the review were published from 2008<sup>(16)</sup> to 2021<sup>(17,18)</sup> and carried out in different locations: Brazil<sup>(19,20)</sup>, United States<sup>(16,17, 21-24)</sup>, China<sup>(25)</sup>, Greece<sup>(26)</sup>, Korea<sup>(16)</sup> and Africa<sup>(27)</sup>. The sample size ranged from 93<sup>(19)</sup> to 3810<sup>(21)</sup> individuals, aged 10 to 19 years, comprising the entire adolescent age group<sup>(28)</sup> (Table 2).

**Table 2.** Characteristics of included studies. To be continued.

<b>Author/year</b>	<b>Country</b>	<b>Population</b>	<b>Objective</b>
Araújo, Santos, Prado, 2017 <sup>(19)</sup>	Brazil	93 adolescents, with a median age of 14.39 (13.75-15.92) years old	To investigate the occurrence of metabolic consequences of obesity in adolescents and the use of adiposity indicators as predictors of cardiometabolic risk.
Cioffi et al., 2019 <sup>(21)</sup>	USA	3810 adolescents, aged 12 to 19 years	To describe patterns of truncal versus peripheral fat deposition as measured by the truncal-leg fat index (TLFI) in adolescents, and to examine associations of TLFI with cardiometabolic risk factors (CRF).
D'Adamo et al., 2010 <sup>(22)</sup>	USA	99 adolescents, with a mean age of 14.6 ( $\pm$ 2.7) years	To explore the relationship between liver fat (LF) and visceral adipose tissue (VAT) in three ethnic groups and to assess whether ethnic differences in lipoprotein concentration and size distributions were associated with LF fraction, VAT, or both.
Hatch-Stein et al., 2016 <sup>(23)</sup>	USA	127 adolescents, with a mean age of 14.4 ( $\pm$ 1.5) years	To compare the relationships of visceral adipose tissue area (VAT), homeostatic model of insulin resistance assessment (HOMA-IR) and body mass index (BMI) with lipids and lipoprotein subclasses in obese adolescents and determine whether these relationships vary by sex.
He et al., 2015 <sup>(24)</sup>	USA	421 adolescents, with a mean age of 16.87 ( $\pm$ 2.19) years	To investigate the association between abdominal obesity and metabolic syndrome (MS) in a population sample of adolescents.
Jin et al., 2020 <sup>(25)</sup>	China	479 children and adolescents, with a median age of 11.0 (9.3 – 12.4) years	To assess the role of adipose tissue distribution on cardiometabolic risk (in particular insulin sensitivity) in a population of obese children and adolescents.
Karatzis et al., 2016 <sup>(26)</sup>	Greece	999 adolescents, with a mean age of 11.2 ( $\pm$ 0.63) years	Establish cutoff points for waist circumference, trunk and visceral adiposity, identifying increased likelihood of elevated inflammatory markers and adipokines in adolescents
Kim, Park, 2008 <sup>(16)</sup>	Korea	175 adolescents, with a mean age of 15.9 ( $\pm$ 3.1) years (female); and 14.2 ( $\pm$ 3.1) years (male)	To investigate the association between abdominal fat distribution (visceral and subcutaneous fat) and cardiometabolic risk factors (insulin resistance cardiovascular risk) in obese Korean adolescents.
Kruger, Pretorius, Schutte, 2010 <sup>(27)</sup>	Africa	184 adolescents, with a mean age of 15.9 ( $\pm$ 1.4) years	To compare the inflammatory status of adolescents with differences in nutritional status.

**Table 2.** Characteristics of included studies. Continuation.

Pereira <i>et al.</i> , 2012 <sup>(20)</sup>	Brazil	113 female adolescents, with a mean age of 16.0 ( $\pm 1.3$ ) years	To evaluate the correlation between measures of body fat location and risk factors for cardiovascular disease in female adolescents.
Wu <i>et al.</i> , 2021 <sup>(17)</sup>	USA	740 adolescents, with a mean age of 13.0 ( $\pm 0.7$ ) years	To examine the associations of visceral adipose tissue (VAT) measured by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA), subcutaneous abdominal adipose tissue (SAAT) and total abdominal adipose tissue (TAAT) with cardiometabolic risk and related markers, and to examine sex-specific associations in a large multiethnic cohort assessed in early adolescence.
Yang <i>et al.</i> , 2021 <sup>(18)</sup>	China	1,175 adolescents, with a mean age of 14.8 ( $\pm 1.9$ ) years	To evaluate the association of body fat distribution with cardiometabolic risk factor clusters in Chinese adolescents.

The studies evaluated measures of fat in different body locations, and some evaluated in more than one location, which were total body fat <sup>(16-20,22,24,25,27)</sup> and regional, being from the trunk <sup>(18,19,21,26)</sup>, arm <sup>(18,19)</sup> and leg <sup>(18,19,21)</sup>, android <sup>(24,25)</sup> and gynoid <sup>(24),25)</sup>, in addition to visceral adipose tissue (VAT) <sup>(16-18,22-24,26)</sup> and subcutaneous (SAT) <sup>(16,7,24)</sup> (Table 3).

Body fat was assessed by different methods such as dual energy X-ray absorptiometry (DXA) <sup>(17,19,21-25)</sup>, bioimpedance <sup>(18,20,26)</sup>, computed tomography (CT) <sup>(16)</sup>, plethysmography by air displacement (PAD) <sup>(27)</sup> and magnetic resonance imaging (MRI) <sup>(22)</sup> (Table 3).

The cardiometabolic risk factors evaluated were: glucose <sup>(16,18,19,20,21)</sup>, insulin <sup>(16,19,20,21,25)</sup>, total cholesterol (TC) <sup>(16,18,19,20,21,25)</sup>, low-density lipoprotein (LDL) <sup>(16,18,19,20,21,23,25)</sup>, high-density lipoprotein (HDL) <sup>(16,18,19,20,21,23,25)</sup>, triglycerides (TG) <sup>(18,19,20,21,23)</sup>, interleukin 6 (IL-6) <sup>(19,26,27)</sup>, blood pressure (BP), systolic (SBP) and diastolic (DBP) <sup>(16,20,21,25,27)</sup>, C-reactive protein (CRP) <sup>(17,21,26,27)</sup>, tumor necrosis factor alpha (TNF- $\alpha$ ) <sup>(19,27)</sup>, leptin <sup>(17,19,20)</sup>, adiponectin <sup>(17,26)</sup>, uric acid <sup>(25)</sup> and presence of metabolic syndrome <sup>(24)</sup> (Table 3).

**Table 3.** Body fat measurements, fat assessment methods and cardiometabolic risk factors assessed by the included articles.

BF measurements	BF assessment methods	Cardiometabolic risk factors
Total body fat <sup>(16-20, 22, 23, 27)</sup> Android <sup>(23, 25)</sup> Ginoid <sup>(23, 25)</sup> Trunk <sup>(18, 19, 21, 26)</sup> Arm <sup>(18, 19)</sup> Leg <sup>(18, 19, 21)</sup> Visceral <sup>(16-18, 22-24, 26)</sup> Subcutaneous <sup>(16, 17, 23)</sup>	DXA <sup>(17-19, 21, 22, 24, 25)</sup> Bioimpedance <sup>(18, 20, 26)</sup> TC <sup>(16)</sup> MR <sup>(22)</sup> PAD <sup>(27)</sup>	Glucose <sup>(16-20)</sup> Insuline <sup>(16, 17, 19, 20, 25)</sup> Total cholesterol and fractions <sup>(16-20, 21, 24, 25)</sup> Triglycerides <sup>(16, 19, 20, 21, 24)</sup> Interleukin <sup>(17, 19, 26, 27)</sup> Blood pressure <sup>(16, 20, 21, 25, 27)</sup> C-reactive protein <sup>(17, 21, 26, 27)</sup> TNF- $\alpha$ <sup>(19, 27)</sup> Leptin <sup>(17, 19, 20)</sup> Adiponectin <sup>(17, 26)</sup> Uric acid <sup>(25)</sup> Metabolic syndrome <sup>(23)</sup>

Legend: DXA: dual energy X-ray absorptiometry; BF: Body fat; PAD: plethysmography by air displacement; MR: Magnetic Resonance; CT: Computed Tomography; TNF- $\alpha$ : Tumor necrosis factor alpha.

## Main results

The main results of the included articles are written in table 4. Total body fat (BF) was able to predict inflammation scores (calculated by IL-6, TNF- $\alpha$  z-score and leptin) and cardiometabolic risk (obtained by waist circumference z-score, TC, LDL, TG, glucose, insulin and HOMA-IR) in male adolescents, while in females, BF predicted the inflammation score and HOMA-IR changes<sup>(19)</sup>. In adolescents with excess BF, values of Systolic Blood Pressure (SBP) were higher compared to normal weight, as well as insulin and HOMA-IR in girls with excess BF<sup>(27)</sup>.

BF was positively associated with cardiometabolic risk z-score and LF was inversely associated with cardiometabolic risk z-score. An increase in GC by 1 standard deviation (SD) was associated with a greater chance of having one or more cardiometabolic risk factors, and an increase in LF by 1 SD was inversely associated with the presence of two or more cardiometabolic risk factors<sup>(19)</sup>.

Central and peripheral fat were positively correlated with glycemia, insulin, HOMA-IR, LDL, leptin, and SBP, and negatively correlated with HDL<sup>(20)</sup>. Higher TAV was associated with higher metabolic risk z-score, log PCR and log leptin, and lower log adiponectin. However, Subcutaneous Abdominal Adipose Tissue (SAAT) and Total Abdominal Adipose Tissue (TAAT) were better associated with metabolic risk z-score than VAT<sup>(17)</sup>. VA was a predictor of LDL and HDL concentrations and sizes<sup>(22)</sup>, in addition to being negatively associated with HDL and positively associated with TG and the TG/HDL ratio<sup>(23)</sup>.

Android, visceral and subcutaneous obesity were associated with increased waist circumference (WC), TG, HOMA-IR and lower HDL, and VAT and subcutaneous adipose

tissue (SAT) showed a stronger impact on HOMA-IR than the android/gynoid (A/G) fat ratio and android fat/mass BF ratio (A/GC) <sup>(24)</sup>. On the other hand, the A/G ratio was correlated with lower insulin sensitivity and higher fasting insulin values, uric acid level, TC and LDL in 13-year-old girls. In boys of the same age, the A/G ratio correlated with lower insulin sensitivity and higher fasting insulin levels and uric acid, and the percentage of BF was inversely associated with TG levels <sup>(25)</sup>.

BF and VAT were associated with IL-6, PCR, leptin and adiponectin <sup>(24)</sup>. VAT and SAAT showed a positive correlation with PAS, insulin and HOMA, and a negative correlation with HDL. In addition, VAT was positively correlated with Diastolic Blood Pressure (DBP) and TG, and was associated with SBP, DBP, TG, HDL, insulin and HOMA-IR, and SAAT was associated with SBP, insulin and HOMA-IR <sup>(16)</sup>.

Trunk to leg fat ratio (TLFR) was calculated by trunk fat mass divided by the sum of left and right leg fat mass multiplied by 100. Each increase in the standard deviation in log-transformed TLFR was associated with greater odds of high HOMA-IR, TC, TG and BP and low HDL in both sexes, in addition to being associated with high LDL in girls <sup>(21)</sup>.

**Table 4.** Main results of included studies, according to the location of body fat. To be continued.

GC location	Main results
Total Body Fat (BF)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Male:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- It predicted inflammation scores (calculated by IL-6, TNF-<math>\alpha</math>, leptin and IL-6 z-score) and cardiometabolic risk (obtained by TC, LDL, TG, glucose, insulin, HOMA- IR and waist circumference z-score) <sup>(19)</sup>;</li> <li>- Higher PAS values in boys with excess BF x eutrophic <sup>(27)</sup>.</li> </ul> </li> <li>• Female:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- It predicted the inflammation score and HOMA-IR changes <sup>(19)</sup>;</li> <li>- Higher values of insulin and HOMA-IR in girls with excess BF x eutrophic <sup>(27)</sup>.</li> </ul> </li> <li>• Ambos os sexos               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Positively associated with cardiometabolic risk z-score <sup>(19)</sup>;</li> <li>- The increase in BF in 1 SD was associated with a greater chance of having one or more cardiometabolic risk factors <sup>(19)</sup>;</li> <li>- Inverse association with TG levels (<math>r = -0.22</math>) <sup>(19)</sup>.</li> </ul> </li> </ul>
Central and peripheral BF	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Positive correlation with blood glucose, insulin, HOMA-IR, LDL, leptin, and SBP, and negative with HDL <sup>(20)</sup>.</li> </ul>
VAT and SAT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VAT: higher value was associated with higher metabolic risk z-score, log CRP and log leptin, and lower log adiponectin <sup>(17)</sup>;</li> <li>• VAT: independent predictor of LDL and HDL concentrations and sizes <sup>(22)</sup>, in addition to being negatively associated with HDL and positively associated with TG and the TG/HDL ratio <sup>(23)</sup>;</li> <li>• VAT and SAT: stronger impact on HOMA-IR than android/gynoid fat ratio (A/G) and android fat/GC mass ratio (A/GC) <sup>(24)</sup>;</li> <li>• VAT and SAT: associated with IL-6, CRP, leptin and Adiponectin <sup>(24)</sup>;</li> <li>• VAT: Positive correlation with SBP, DBP, TG, insulin and HOMA, and negative with HDL <sup>(16)</sup>.</li> </ul>

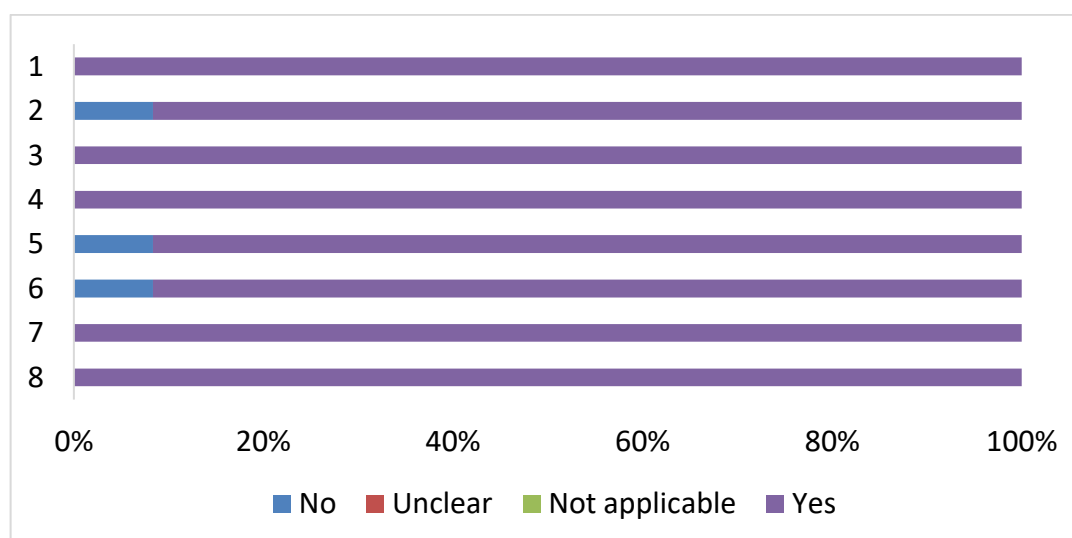
**Table 4.** Main results of included studies, according to the location of body fat. Continuation.

SAAT and TAAT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SAAT and TAAT: were better associated with metabolic risk z-score than TAV<sup>(17)</sup>;</li> <li>• SAAT: positive correlation with SBP, insulin and HOMA, and negative with HDL and association with SBP, insulin and HOMA-IR<sup>(16)</sup>.</li> </ul>
Android and Ginoïd	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Android: association with increased WC, TG, HOMA-IR and lower HDL<sup>(24)</sup>;</li> <li>• Female (13-year-old):</li> <li>• A/G ratio: negative correlation with insulin sensitivity (<math>r = -0.41</math>) and positive correlation with insulin values (<math>r = 0.37</math>), uric acid (<math>r = 0.37</math>), TC (<math>r = 0.24</math>) and LDL (<math>r = 0.26</math>)<sup>(25)</sup>;</li> <li>• Male (13-year-old):</li> <li>• A/G ratio: negative correlation with insulin sensitivity (<math>r = -0.26</math>) and positive with levels of insulin (<math>r = 0.16</math>) and uric acid (<math>r = 0.26</math>)<sup>(25)</sup>.</li> </ul>
Trunk fat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Association with IL-6, CRP, leptin and adiponectin<sup>(24)</sup>.</li> </ul>
Leg fat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inverse association with cardiometabolic risk z-score<sup>(18)</sup>;</li> <li>• A 1 DP increase was inversely associated with the presence of two or more cardiometabolic risk factors<sup>(18)</sup>;</li> <li>• Trunk-to-Leg Fat Ratio (TLFR): each 1 SD increase was associated with higher odds of high HOMA-IR, TC, TG and B, and low HDL in both sexes, in addition to being associated with high LDL in girls<sup>(21)</sup>.</li> </ul>

Legend: TC: Total cholesterol; SD: Standard Deviation; BP: Body fat; HDL: High-density lipoprotein; HOMA-IR: Homeostasis Model Assessment-Insulin Resistance; IL-6: Interleukin 6; LDL: low density lipoprotein; BP: Blood pressure; DBP: Diastolic blood pressure; SBP: Systolic blood pressure; WC: Waist circumference; CRP: C-reactive protein; SAAT: Subcutaneous abdominal adipose tissue; TAAT: Total abdominal adipose tissue; SAT: Subcutaneous adipose tissue; VAT: Visceral adipose tissue; TG: Triglycerides; TNF- $\alpha$ : Tumor necrosis factor  $\alpha$ .

### Risk of bias assessment

The articles included in this review had a low risk of bias, considering the risk of bias assessment. One study did not provide a detailed description about the individuals and location<sup>(16)</sup>. Furthermore, one article did not identify confounding factors and strategies to deal with these factors<sup>(20)</sup> (Figure 2).

**Figure 2.** Risk of bias of included studies.

Legend: 1. Clearly defined sample inclusion criteria; 2. Individuals and environment described in detail; 3. Validly and reliably measured exposure; 4. Purpose and valid measurement criteria; 5. Confounding factors identified; 6. Strategies to deal with confounding factors; 7. Results measured validly and reliably; 8. Appropriate statistical analysis.

### **Review quality assessment**

This review met all the criteria proposed by the method used for quality assessment <sup>(15)</sup>. Thus, it contemplated the aspect of defining the central question of the review, the inclusion criteria, evaluation in pairs of researchers, procedures for decision consensus in case of disagreements in the inclusion or exclusion of articles, broad search (considering different bases and gray literature), characterization and quality assessment of included studies, methods used to combine study findings, probability of bias in published results, and possible conflicts of interest <sup>(15)</sup> (Appendix D).

### **DISCUSSION**

Studies have shown that the location of body fat is associated with the development of cardiometabolic risk factors, because fat has different metabolic properties depending on its location, leading to different contributions to the development of this risk.

Obesity, a chronic disease consisting of excess body fat, is considered a worldwide epidemic, with increasing prevalence, including among adolescents, being characterized as the most prevalent chronic non-communicable disease in these individuals, with a tenfold increase from 1975 to 2016 <sup>(3)</sup>. The diagnosis is made, as determined by the World Health Organization, by the thresholds of the Body Mass Index (BMI), which, although it is the most used, is not capable of differentiating between fatty tissue and fat-free tissue, leading to underestimation. in the prevalence of this disease <sup>(17,29-31)</sup>.

As BMI reflects total body weight, it is necessary to use other ways to assess excess body fat, especially considering its location. Some studies show that the location of body fat plays a more important role in the development of cardiovascular risk in adults than total adiposity <sup>(7,9)</sup>. The increase in obesity among adolescents increases the risk of physiological complications in these individuals, which can lead to the development of various health problems at this stage of life and also in adults. This reflects the need to identify early cardiovascular and metabolic risk factors in this group and, for this, the assessment of the location of body fat has been shown to be useful <sup>(32)</sup>.

During adolescence, there are changes in body composition, resulting from puberty, thus, boys have greater bone and lean mass gain, with a tendency to deposit adiposity in the central region (android), and girls have greater fat gain, deposited especially in the thighs and

hips (gynoid)<sup>(33)</sup>. The BMI has shown little ability to adequately reflect these changes in body composition that occur in this phase, which are different between the sexes<sup>(34)</sup>.

The body fat measurement methods cited in the selected studies were: DXA, bioimpedance, TC, air displacement plethysmography (PAD), magnetic resonance imaging and skinfolds. Fat measurement techniques are useful in reducing the underestimation of obesity diagnoses in all populations. DXA is considered a non-invasive, safe technique, which has been used as the gold standard in the assessment of body composition, being fast, simple to estimate, with good accuracy for fat mass and volume, and which has low exposure to radiation. However, it has a high cost and depends on a large structure, which often makes its realization unfeasible<sup>(35)</sup>.

According to Wu *et al.*<sup>(17)</sup>, among two adolescents with the same BMI, the one with higher abdominal adiposity measured by DXA has higher concentrations of inflammatory markers and higher cardiometabolic risk. Also, according to Vasan *et al.*<sup>(36)</sup>, the fat masses measured by DXA are strongly associated with risk factors for type 2 diabetes (DM2) and cardiovascular diseases (CVD). Among the selected studies, DXA was the most used technique<sup>(17,19,21-25)</sup>.

Bioimpedance (BIA), which was used in three studies<sup>(18,20,26)</sup>, assesses body compartments through the conductivity of body water as opposed to an electrical current. It is a non-invasive, simple, low-cost and easy-to-apply method, and although it does not provide the same precision as DXA, it is a good alternative when DXA is not available<sup>(38)</sup>.

Magnetic resonance imaging and TC, used separately in two studies<sup>(16,22)</sup>, although quite accurate, are methods that have a high cost, variability in image analysis, logistical difficulties in the use of equipment, and lead to exposure to radiation (in the case of TC), reasons that limit their use in population studies<sup>(36)</sup>.

PAD was described in only one of the selected studies<sup>(27)</sup>. It is a safe, non-invasive, fast and accurate technique that uses the inverse relationship between pressure and body volume to determine body composition. Despite this, it is an expensive technique, without portability, which makes its use at the population level unfeasible<sup>(37)</sup>.

The measurement of skinfold thickness, used in two studies<sup>(19,20)</sup>, is shown to be a more accurate indicator than BMI, however, it is more associated with subcutaneous fat than visceral fat, with low association with cardiometabolic risk<sup>(39)</sup>. Despite this, it is a non-invasive, low-cost and highly reproducible technique<sup>(19)</sup>.

The selected studies presented the evaluation of different measures of body fat: total and regional of the trunk, arm, leg, abdominal, android and gynoid, visceral adipose tissue (VAT) and subcutaneous adipose tissue (SAT). Arm and leg fat has been shown to be an additional subcutaneous fat reservoir and, similar to TAS and gynoid fat, has shown a protective association of cardiometabolic risk and ectopic fat accumulation <sup>(36,40-42)</sup>.

Android fat is strongly associated with the risk of endocrine and metabolic diseases, but the subcutaneous fat that composes it has a protective action, which indicates that the division of central fat into subcutaneous and visceral components plays an important role in cardiometabolic health <sup>(36)</sup> According to Wiklund *et al.* <sup>(40)</sup>. Excess trunk fat, or android fat, is the driving mechanism for the development of cardiovascular disease and type 2 diabetes.

Gynoid fat, in turn, as well as fat deposited on the legs, has a greater capacity to store free fatty acids, and secrete anti-inflammatory adipocytokines that have beneficial actions for the body <sup>(43)</sup>. Thus, fat in this region is associated not only with a more favorable lipid profile, but also with a lower prevalence of chronic and metabolic diseases <sup>(45)</sup>. Regarding the differences in these fat locations, Vasan *et al.* <sup>(36)</sup> described that the highest level of total adiposity evidences opposite associations of superior and inferior fat with cardiometabolic risk.

SAT and VAT are morphologically and functionally different. VAT is considered a pathogenic fat deposit, which, due to its higher expression of beta-adrenergic receptors, is stimulated by catecholamines, becoming more susceptible to lipolysis <sup>(45)</sup>. In addition, it has greater lipolytic activity and high secretion of pro-inflammatory cytokines, compared to fat from other parts of the body. Furthermore, it has greater insulin resistance and, similar to android fat, is associated with a high risk profile for type 2 diabetes and cardiovascular disease <sup>(36,46)</sup>.

TAS has shown an inverse association with IR and metabolic syndrome, and it has been suggested that it acts as a buffer for the influx of dietary lipids, in order to protect other tissues from excess lipids considered lipotoxic <sup>(47)</sup>. When compared to VAT, SAT has a low expression of the lipoprotein lipase enzyme (LPL), and a greater amount of pre-adipocytes that have a high capacity to store lipids, to replicate and differentiate, and less prone to apoptosis <sup>(49)</sup>.

Regarding risk factors, the selected studies evaluated the presence of inflammation and cardiometabolic risk. It is important to consider that adipose tissue is a metabolically active organ, which expresses and/or secretes adipokines or other proteins that act locally or systemically, thus establishing the inflammation present in excess adiposity <sup>(49)</sup>.

The inflammatory markers leptin <sup>(17,19,20)</sup>, IL-6 <sup>(19,26,27)</sup>, TNF- $\alpha$  <sup>(19,27)</sup>, CRP <sup>(17,21,26,27)</sup> and uric acid <sup>(25)</sup> were also evaluated. Leptin is considered a hormone produced by adipose tissue, with a primary neuroendocrine role that induces, in the long term, satiety through central pathways, in addition to acting peripherally by stimulating the oxidation of fatty acids in the muscle, preventing the non-adipose tissue lipotoxicity and the accumulation of triglycerides in the liver <sup>(50)</sup>. Of the included studies, Araújo, Santos and Prado <sup>(19)</sup> showed that total body fat is able to predict high leptin levels, and Wu *et al.* <sup>(17)</sup> showed that VAT was positively associated with this marker. Yet, Pereira *et al.* <sup>(20)</sup> showed that peripheral fat measured by skinfolds had a positive correlation with the increase in leptin. In a 2019 study of obese adolescents of both sexes, leptin showed a strong correlation with all body fat parameters <sup>(51)</sup>.

The strong correlation between the degree of adiposity and leptin in obese adolescents has already been described by other authors <sup>(51,52)</sup>. This marker plays a role in the pathophysiology of obesity, contributes to insulin resistance (IR) and stimulates vasoconstriction. According to Nishina *et al.* <sup>(52)</sup>, elevated leptin levels are significantly and positively correlated with hyperinsulinemia and increased blood pressure in obese adolescents, regardless of family history. This relation with increased blood pressure was also described by Fujita *et al.* <sup>(51)</sup>.

IL-6 is a pleiotropic inflammatory cytokine that has cellular and humoral action on inflammation, in addition to a procoagulant action <sup>(53)</sup>. It is secreted by adipocytes through the stimulation of insulin and catecholamines, and also stimulates hepatocytes to secrete PCR <sup>(2)</sup>. It correlates positively with the increasing of body mass and the development of atherosclerosis, and negatively correlated with HDL. It acts to stimulate hyperinsulinemia by altering the expression of insulin receptors, and by increasing the levels of fatty acids and glycerol, by inhibiting lipoprotein lipase and increasing lipolysis <sup>(54)</sup>.

Araújo, Santos and Prado <sup>(19)</sup> showed that total body fat predicted IL-6 elevation. Karatzi *et al.* <sup>(26)</sup> also showed this association, however, they also described that VAT was strongly associated with an increase in IL-6. Other studies have also shown this association; Mauras *et al.* <sup>(55)</sup> reported that adolescents with obesity had high concentrations of IL-6, reflecting a pro-inflammatory and prothrombotic state in pre and puberty, and Hagman *et al.* <sup>(56)</sup> showed that in adolescents higher levels of IL-6 were positively associated with IR in adipose tissue in adolescents. IL-6 is understood as an important inflammatory marker associated with excess adiposity in adolescence.

TNF- $\alpha$  is a cytokine that regulates the accumulation of fat in adipocytes, with autocrine, paracrine and endocrine, which acts in the acute phase response of inflammation <sup>(57,58)</sup>. The expression of this cytokine by adipocytes is characterized as one of the causes of obesity related to insulin resistance <sup>(59)</sup>. Araújo, Santos, Prado <sup>(19)</sup> showed that high levels of TNF- $\alpha$  correlated strongly with excess total body fat. Yet, a study by Carvalho *et al.* <sup>(60)</sup> also pointed to a positive correlation between TNF- $\alpha$  and excess adiposity in adolescents.

CRP is an acute phase protein of inflammation, synthesized mainly by hepatocytes. Its main functions are the activation of the complement system and recruitment of phagocytic cells <sup>(61,62)</sup>. In the selected studies, Araújo, Santos, Prado <sup>(19)</sup> showed that CRP was correlated with excess total body fat, and Wu *et al.* <sup>(17)</sup> and Karatzi *et al.* <sup>(26)</sup> also described the association of this cytokine with VAT. According to Mauras *et al.* <sup>(55)</sup>, in their study with obese and eutrophic adolescents, CRP showed a positive correlation with measures of body and visceral adiposity, reflecting a pro-inflammatory and prothrombotic state in adolescents with excess adiposity.

Another marker involved in inflammation analyzed by the studies was adiponectin, an anti-inflammatory cytokine synthesized by adipocytes, which acts by reducing inflammation, liver fibrosis and insulin resistance <sup>(63)</sup>. It also plays a role in the mechanisms of hunger and caloric expenditure, and regulates carbohydrate and lipid metabolism. Karatzi *et al.* <sup>(26)</sup> showed that total body fat and VAT showed a negative association with adiponectin, as well as Wu *et al.* <sup>(17)</sup> pointed out that the highest VAT was associated with the lowest concentration of adiponectin. Other studies with adolescents have described inverse relationships between adiponectinemia, obesity, insulin resistance, and cardiovascular disease <sup>(64-66)</sup>.

Uric acid, the end product of purine metabolism <sup>(67)</sup>, was evaluated in the study by Jin *et al.* <sup>(25)</sup>, in which they showed that the android/gynoid ratio was positively correlated with the highest level of uric acid in adolescents of both sexes. Other studies have also described the correlation between excess total body fat and hyperuricemia in adolescents <sup>(68,69)</sup>.

According to Rocha *et al.* <sup>(70)</sup> the evaluation of inflammatory markers in the presence of metabolism alterations, such as excess body fat, in adolescents, allows the early identification of risk factors for the development of metabolic and cardiovascular system diseases.

Also, with regard to cardiometabolic risk factors, it is already well established in the literature that obese adolescents are more likely to have at least one cardiometabolic risk marker, such as dyslipidemia, arterial hypertension, insulin resistance, and even presence of metabolic syndrome <sup>(71,72)</sup>. These risk factors have been shown to be present when there is excess body fat, regardless of high BMI <sup>(31)</sup>. According to Morais <sup>(73)</sup>, adolescents with

excessive body adiposity have higher prevalence and concomitance of cardiometabolic risk factors, compared to those with adequate BF.

Regarding blood pressure levels, obesity leads to increased hypersensitivity of adipocytes to the action of glucocorticoids, which promotes vasoconstriction and elevation of blood pressure, in addition to causing an increase in angiotensin secretions, which also raises pressure <sup>(74)</sup>. Among the selected studies, Kim, Park <sup>(16)</sup> showed that the VAT presented a positive correlation with the elevation of systolic and diastolic blood pressure. Kruger, Pretorius, Schutte <sup>(27)</sup> also verified that the excess of total fat measured by the skinfolds presented a positive correlation with the DBP, yet Pereira *et al.* <sup>(20)</sup> noticed that peripheral fat, also measured by the skinfolds, was correlated with DBP and SBP.

Blood glucose and insulin parameters are also altered in obesity, because excess body fat leads to increases in plasma glucose, inducing hyperinsulinemia, which in the long term causes insulin resistance and can lead to the development of type 2 diabetes <sup>(75)</sup>. Araújo, Santos, Prado <sup>(19)</sup> and Yang *et al.* <sup>(18)</sup> showed that excess body fat was able to predict the increase in blood glucose and insulin. He *et al.* <sup>(24)</sup> also show that android obesity and VAT were associated with insulin resistance measured by HOMA-IR. Kim, Park <sup>(16)</sup>, Wu *et al.* <sup>(17)</sup>, reported that VAT correlated with fasting glucose and insulin assessed by HOMA-IR. Yet, Pereira *et al.* <sup>(20)</sup> and Kruger, Pretorius, Schutte <sup>(27)</sup> showed that insulin by HOMA-IR and blood glucose were associated with fat measured by skinfolds.

The lipid profile has also been shown to be associated with adiposity, because with excess body fat there is an increase in triglycerides and a reduction in circulating HDL, modifying blood viscosity, promoting platelet aggregation and increasing cardiovascular risk <sup>(75)</sup>. Kim, Park <sup>(16)</sup>, D'Adamo *et al.* <sup>(22)</sup> and Hatch-Stein *et al.* <sup>(23)</sup> showed that VAT was able to predict lipid alterations, correlating positively with LDL and triglycerides, and negatively with HDL. He *et al.* <sup>(24)</sup> described that android fat had a positive correlation with triglycerides and a negative correlation with HDL, and Jin *et al.* <sup>(25)</sup> showed that the android/gynoid ratio correlated with total cholesterol and LDL.

Overall, all selected studies showed that the location of body fat is associated with the development of cardiometabolic risk factors in adolescents.

The heterogeneity of the included studies made it impossible to carry out a meta-analysis, which can be considered a limitation of this study. Despite that, this review demonstrates the need for longitudinal studies to better understand the causal relationships, considering changes in blood pressure, lipids, glucose levels and inflammatory markers over

time in relation to the location of body fat. Some strengths of this study are highlighted: originality in presenting a review on the subject specifically for adolescents; strict adherence to the PRISMA Guideline <sup>(12)</sup> for conducting this study; the AMSTAR method <sup>(15)</sup> showed that this review fully contemplated all the proposed criteria, which demonstrates the good quality of the study.

## CONCLUSIONS

Excess adiposity in any location is associated with higher cardiometabolic risk, however, having a higher proportion of subcutaneous fat and in the lower compartment tends to be less harmful. Thus, a higher percentage of total body fat concentrated in the lower body than in the upper body is associated with lower cardiometabolic risk in adolescents.

Understanding the body composition of adolescents and cardiometabolic risk factors is important because it allows the development of strategies to prevent chronic diseases, even in this phase and in adult life.

**Acknowledgements:** To the Postgraduate Program in Nutrition Science; to the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq); to the Research Support Foundation of the State of Minas Gerais - Minas Gerais (FAPEMIG), and to the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel - Brazil (CAPES) for the granting of the Doctoral scholarship, which allows full dedication to research.

**Financial Support:** This research received no specific grant from any funding agency, commercial or not-for-profit sectors.

**Conflict of Interest:** None.

**Authorship:** N.S.M., and S.E.P. conceptualised and designed the study. N.S.M. conducted the literature search, conducted data analysis and interpretation, drafted, wrote and revised the manuscript. A.R.F.R. and F.M.A. contributed to literature search, to the data analysis and interpretation, and revision of the manuscript. D.C.M., S.A.V.R., V.S.S.G., S.C.C.F. and S.E.P. verified the data, contributed to the study design and critically revised the manuscript. All

authors had full access to all the data in the study and had final responsibility for the decision to submit for publication.

## REFERENCES

1. World Health Organization (WHO) (2005) Nutrition in adolescence: issues and challenges for the health sector: Issues in adolescent health and development. Geneva: WHO, 2005.
2. Barbalho EV, Pinto FJM, Silva FR, *et al.* (2020) Influência do consumo alimentar e da prática de atividade física na prevalência do sobrepeso/obesidade em adolescentes escolares. *Cad. saúde colet.* 28(1), 12-23.
3. Abarca-Gómez L, Abdeen ZA, Hamid ZA, *et al.* (2017) Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975-2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents and adults. *Lancet* 390(10113), 2627-42.
4. Sommer A, Twig G. (2018) The impact of childhood and adolescent obesity on cardiovascular risk in adulthood: a systematic review. *Current Diabetes Reports* 18(10), 91.
5. Lee EY, Yoon KH. (2018) Epidemic obesity in children and adolescents: risk factors and prevention. *Front Med.* 12(6), 658-666.
6. Asghari G, Hosseinpanah F, Serahati S, *et al.* (2019) Association between obesity phenotypes in adolescents and adult metabolic syndrome: Tehran lipid and glucose study. *Br J Nutr* 122(11), 1255-1261.
7. Bastien M, Poirier P, Lemieux I, *et al.* (2014) Overview of epidemiology and contribution of obesity to cardiovascular disease. *Progress in Cardiovascular Diseases* 56, 369–381.
8. Staiano AE, Gupta AK, Katmarzyk PT. (2014) Cardiometabolic risk factors and fat distribution in children and adolescents. *J Pediatr* 164(3), 560-565.
9. Park SY, Kwon KY, Kim JH, *et al.* (2014) Association between appendicular fat mass and metabolic risk factors. *Korean J Fam Med* 35, 182–189.
10. Sanchez-Lopez M, Ortega FB, Moya-Martinez P, *et al.* (2013) Leg fat might be more protective than arm fat in relation to lipid profile. *European Journal of Nutrition* 52, 489–495.
11. Zhang X, Hu EA, Wu H, *et al.* (2013) Associations of leg fat accumulation with adiposity-related biological factors and risk of metabolic syndrome. *Obesity* 21(4), 824–30.

12. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, *et al.* (2009) The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *PLoS Med* 6(7).
13. Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, *et al.* (2016) Rayyan-a web and mobile app for systematic reviews. *Syst Rev* 5, 210.
14. Institute TJB. Checklist for Analytical Cross Sectional Studies. (2017) Joanna Briggs Inst Crit Apprais tools use JBI Syst Rev [Internet]. Available from: [www.joannabriggs.org](http://www.joannabriggs.org).
15. Shea BJ, Grimshaw JM, Wells GA, *et al.* (2007) Development of AMSTAR: a measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews. *BMC Medical Research Methodology* 7(10), 1-7.
16. Kim JA, Park HS. (2008) Association of abdominal fat distribution and cardiometabolic risk factors among obese Korean adolescents. *Diabetes & Metabolism* 34, 126-130.
17. Wu AJ, Rifas-Shiman SL, Taveras EM, *et al.* (2021) Associations of DXA-measured abdominal adiposity with cardiometabolic risk and related markers in early adolescence in Project Viva. *Pediatr Obes* 16(2), e12704.
18. Yang Q, Ma P, Zhang H, *et al.* (2021) Body fat distribution in trunk and legs are associated with cardiometabolic risk clustering among Chinese adolescents aged 10–18 years old. *J Pediatr Endocrinol Metab* 34(6), 721–726.
19. Araújo AJS, Santos ACO, Prado WL. (2017) Body composition of obese adolescents: association between adiposity indicators and cardiometabolic risk factors. *J Hum Nutr Diet* 30, 193-202.
20. Pereira PF, Serrano HMS, Carvalho GQ, *et al.* (2012) Body fat location and cardiovascular disease risk factors in overweight female adolescents and eutrophic female adolescents with a high percentage of body fat. *Cardiology in the Young* 22, 162–169.
21. Cioffi CE, Alvarez JA, Welsh JA, *et al.* (2019) Truncal-to-leg fat ratio and cardiometabolic disease risk factors in U.S. adolescents, NHANES 2003-2006. *Pediatr Obes* 14(7), e12509.
22. D'Adamo E, Northrup V, Weiss R, *et al.* (2010) Ethnic differences in lipoprotein subclasses in obese adolescents: importance of liver and intraabdominal fat accretion<sup>1-4</sup>. *Am J Clin Nutr* 92, 500-8.
23. He F, Rodriguez-Colon S, Fernandez-Mendoza J, *et al.* (2015) Abdominal Obesity and Metabolic Syndrome Burden in AdolescentsdPenn State Children Cohort Study. *Journal of Clinical Densitometry: Assessment & Management of Musculoskeletal Health* 18(1), 30-36.

24. Hatch-Stein JA, Kelly A, Gidding SS, *et al.* (2016) Sex differences in the associations of visceral adiposity, homeostatic model assessment of insulin resistance, and body mass index with lipoprotein subclass analysis in obese adolescents. *Journal of Clinical Lipidology* 10(4), 757-766.
25. Jin B, Lin H, Yuan J, *et al.* (2020) Abdominal adiposity and total body fat as predictors of cardiometabolic health in children and adolescents with obesity. *Frontiers of Endocrinology* 11, 579.
26. Karatzi K, Moschonis G, Polychronopoulou MC, *et al.* (2016) Cut-off points of waist circumference, trunk and visceral fat for identifying children with elevated inflammation markers and adipokines: The Healthy Growth Study. *Nutrition* 32(10), 1063-1067.
27. Kruger HS, Pretorius R, Schutte AE. (2010) Stunting, adiposity, and low-grade inflammation in African adolescents from a township high school. *Nutrition* 90-99.
28. World Health Organization. WHO. (2007) Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bulletin of the World Health Organization* 660-667.
29. Bragança MLBM, Oliveira BR, Fonseca JM, *et al.* (2020) Assesment of blood biomarkers in adolescents classified by body mass index and body fat percentage. *Cad Saude Publica* 36(6), e00084719.
30. García-Hermoso A, Agostinis-Sobrinho C, Camargo-Villalba GE, *et al.* (2020) Normal-weight obesity is associated with poorer cardiometabolic profile and lower physical fitness levels in children and adolescents. *Nutrients* 12(4), 1171.
31. Cota BC, Suhett LG, Leite NN, *et al.* (2021) Cardiometabolic risk and health behaviours in adolescents with normal-weight obesity: a systematic review. *Public Health Nutr* 24(5), 870-881.
32. Messiah SE, Arheart KL, Lipshultz SE, *et al.* (2008) Body mass index, waist circumference, and cardiovascular risk factors in adolescents. *J Pediatr* 153(6), 845-850.
33. Loomba-Albrecht LA, Styne DM. (2009) Effect of puberty on body composition. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obesidade* 16(1), 10-5.
34. Cui Z, Truesdale KP, Cai J, *et al.* (2013) Anthropometric indices as measures of body fat assessed by DXA in relation to cardiovascular risk factors in children and adolescents: NHANES 1999-2004. *Int J de corpo Compos Res* 11, 85-96.
35. García-Sánchez A, Gámez-Nava JI, Cruz END, *et al.* (2020) The effect of visceral abdominal fat volume on oxidative stress and proinflammatory cytokines in subjects with

normal weight, overweight and obesity. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 13, 1077-87.

36. Vasan SK, Osmond C, Canoy D, *et al.* (2018) Comparison of regional fat measurements by dual-energy X-ray absorptiometry and conventional anthropometry and their association with markers of diabetes and cardiovascular disease risk. *Int J Obes* 42(4), 850-857.

37. Pineau JC, Guihard-Costa AM, Bocquet M. (2007) Validation of ultrasound techniques applied to body fat measurement. A comparison between ultrasound techniques, air displacement plethysmography and bioelectrical impedance vs. dual-energy X-ray absorptiometry. *Ann Nutr Metab* 51, 421-427.

38. Schaefer F, Georgi M, Zieger A, *et al.* (1994) Usefulness of bioelectric impedance and skinfold measurements in predicting fat-free mass derived from total body potassium in children. *Pediatr Res* 35, 61.

39. Aristizabal JC, Barona J, Hoyos M, *et al.* (2015) Association between anthropometric indices and cardiometabolic risk factors in pre-school children. *BMC Pediatr* 15, 170.

40. Wiklund P, Toss F, Weinehall L, *et al.* (2008) Abdominal and gynoid fat mass are associated with cardiovascular risk factors in men and women. *J Clin Endocrinol Metab* 93, 4360-4366.

41. Choi SI, Chung D, Lim JS, *et al.* (2017) Relationship between regional body fat distribution and diabetes mellitus: 2008 to 2010 korean national health and nutrition examination surveys. *Diabetes Metab J* 41, 51-59.

42. Zhang X, Hu EA, Wu H, *et al.* (2013) Associations of leg fat accumulation with adiposity-related biological factors and risk of metabolic syndrome. *Obesity* 21, 824-830.

43. Manolopoulos KN, Karpe F, Frayn KN. (2010) Gordura corporal glúteo-femoral como determinante da saúde metabólica. *International Journal of Obesity* 34, 949-959.

44. Min KB, Min JY. (2015) Android and gynoid fat percentages and serum lipid levels in United States adults. *Clin Endocrinol (Oxf)* 82(3), 377-87.

45. Despres J-P. (2012) Body fat distribution and risk of cardiovascular disease: an update. *Circulation* 126, 1301-1313.

46. Neeland IJ, Ayers CR, Rohatgi AK, *et al.* (2013) Associations of visceral and abdominal subcutaneous adipose tissue with markers of cardiac and metabolic risk in obese adults. *Obesity* 21, E439-E447.

47. Frayn KN. (2002) Adipose tissue as a buffer for daily lipid flux. *Diabetologia* 45, 1201-1210.

48. Thomou T, Tchkonina T, James LK. (2010) Cellular and molecular basis of functional differences among fat depots. In: *Adipose Tissue in Health and Disease*. Wiley-Blackwell: Hoboken, New Jersey 21-47.
49. Unamuno X, Gómez-Ambrosi J, Rodríguez A, *et al.* (2018) Adipokine dysregulation and adipose tissue inflammation in human obesity. *Eur J Clin Invest* 48(9), e12997.
50. Gimeno RE, Klamann LD. (2005) Adipose tissue as an active endocrine organ: recent advances. *Curr Opin Pharmacol* 5(2), 122-128.
51. Fujita Y, Kouda K, Ohara K, *et al.* (2019) Leptin mediates the relationship between fat mass and blood pressure. *Medicine* 98(12), e14934.
52. Nishina M, Kikuchi T, Yamazaki H, *et al.* (2003) Insulin and leptin, and visceral fat accumulation in obese children. *Hypertens Res* 26(4), 281-288.
53. Rose-John S. Interleukin-6 family cytokines. (2018) *Cold Spring Harb Perspect Biol* 10(2), a028415.
54. Ghanemi A, ST-Amand J. (2018) Interleukin-6 as a “metabolic hormone”. *Cytokine* 112, 132-136.
55. Mauras N, Delgiorno C, Kollman C, *et al.* (2010) Obesity without established comorbidities of the metabolic syndrome is associated with a proinflammatory and prothrombotic state, even before the onset of puberty in children. *J Clin Endocrinol Metab* 95(3), 1060-1068.
56. Hagman E, Besor O, Herskop K. (2019) Relation of the degree of obesity in childhood to adipose tissue insulin resistance. *Acta Diabetologica* 56, 219-226.
57. Francisco G, Hernández C, Simó R. (2006) Serum markers of vascular inflammation in dyslipidemia. *Clin Chim Acta* 369(1), 1-16.
58. Ruan H, Lodish HF. (2003) Insulin resistance in adipose tissue: direct and indirect effects of tumor necrosis factor- $\alpha$ . *Cytokine Growth Factor Rev* 14(5), 447-455.
59. Winkler G, Kiss S, Keszthelyi L, *et al.* (2003) Expression of tumor necrosis factor (TNF- $\alpha$ ) protein in the subcutaneous and visceral adipose tissue in correlation with adipocyte cell volume, serum TNF- $\alpha$ , soluble serum TNF-receptor-2 concentrations and C-peptide level. *Eur J Endocrinol* 149(2), 129-135.
60. Carvalho G. Q. (2010) Peripheral expression of inflammatory markers in overweight female adolescents and eutrophic female adolescents with a high percentage of body fat. *Appl. Physiol. Nutr. Metab* 35, 464-470.
61. Abdellaoui A, Al-Khaffa FH. (2007) C-reactive protein (CRP) as a marker in peripheral

vascular disease. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 34, 18-22.

62. Roubín SR, Pardal CB, Roubín-Camiña, *et al.* (2013) High-sensitivity C-reactive protein predicts adverse outcomes after non-ST-segment elevation acute coronary syndrome regardless of GRACE risk score, but not after ST-segment elevation myocardial infarction. *Rev. Port. Cardiol* 32(2), 117-122.

63. Shehzad A, Iqbal W, Shehzad O, *et al.* (2012) Adiponectin: regulation of its production and its role in human diseases. *Hormones (Athens)* 11(1), 8-20.

64. Ouchi N, Kihara S, Funahashi T, *et al.* (2003) Obesity, adiponectin and vascular inflammatory disease. *Curr Opin Lipidol* 14(6), 561-566.

65. Bahia L, Aguiar LG, Villela N, *et al.* (2006) Relationship between adipokines, inflammation, and vascular reactivity in lean controls and obese subjects with metabolic syndrome. *Clinics (Sao Paulo)* 61(5), 433-440.

66. Gilardini L, Mc Ternan PG, Girola A, *et al.* (2006) Adiponectin is a candidate marker of metabolic syndrome in obese children and adolescents. *Atherosclerosis* 189(2), 401-407.

67. Coutinho TA, Turner ST, Peyser PA, *et al.* (2007) Associations of serum uric acid with markers of inflammation, metabolic syndrome, and subclinical coronary atherosclerosis. *Am J Hypertens* 20(1), 83-89.

68. Oster C, Smith L, Alemzadeh R. (2020) Excess sérum uric acid is associated with metabolic syndrome in obese adolescent patients. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders* 19, 535-543.

69. Moulin-Mares SRA, Oliosá PR, Faria ER, *et al.* (2021) Association of uric acid with cardiovascular risk in Brazilian children and adolescents. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases* 31(1), 314-321 .

70. Rocha ARF, Morais NS, Priore SE, *et al.* (2021) Inflammatory Biomarkers and Components of Metabolic Syndrome in Adolescents: a Systematic Review. *Inflammation*.

71. Sahoo K, Sahoo B, Choudhury AK, *et al.* (2015) Childhood obesity: causes and consequences. *J Family Med Prim Care* 4(18).

72. Sommer A, Twig G. (2018) The impact of childhood and adolescent obesity on cardiovascular risk in adulthood: a systematic review. *Current Diabetes Reports* 18(10), 91.

73. Morais NS. (2019) Tendência secular do estado nutricional, capacidade preditiva e pontos de corte de índices antropométricos para identificar adiposidade corporal e risco cardiometabólico em adolescentes. (Dissertação de Mestrado) 2019. 140f. Universidade Federal de Viçosa, 2019.

74. Sociedade Brasileira de Cardiologia. (2017) Atualização da Diretriz Brasileira de Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose – 2017. Arquivos Brasileiros de Cardiologia 109.
75. Assunção SNF, Boa Sorte NCA, Alves CAD, *et al.* (2018) Alterações de glicose e resistência à insulina em crianças e adolescentes obesos assintomáticos. J. Pediatr 94(3), 268-272.

## APPENDICES

## Appendix A. Search strategy and databases

Databases	Search strategy
<b>Scopus</b>	(TITLE-ABS-KEY ((adolescent OR adolescents OR adolescence OR teens OR teen OR teenagers OR teenager OR youth OR youths OR "Adolescents Female" OR "Adolescent Female" OR "Female Adolescent" OR "Female Adolescents" OR "Adolescents Male" OR "Adolescent Male" OR "Male Adolescent" OR "Male Adolescents"))) AND TITLE-ABS-KEY (("Body Fat Distribution" OR "Distribution Body Fat" OR "Fat Distribution Body" OR "Body Fat Patterning" OR "Fat Patterning Body" OR "Patterning Body Fat")) AND TITLE-ABS-KEY (("Cardiometabolic Risk Factors" OR "Cardiometabolic Risk Factor" OR "Factor Cardiometabolic Risk" OR "Factors Cardiometabolic Risk" OR "Risk Factor Cardiometabolic" OR "Risk Factors Cardiometabolic")))
<b>Pubmed</b>	(((Adolescent OR Adolescents OR Adolescence OR Teens OR Teen OR Teenagers OR Teenager OR Youth OR Youths OR "Adolescents Female" OR "Adolescent Female" OR "Female Adolescent" OR "Female Adolescents" OR "Adolescents Male" OR "Adolescent Male" OR "Male Adolescent" OR "Male Adolescents"))) AND (("Body Fat Distribution" OR "Distribution Body Fat" OR "Fat Distribution Body" OR "Body Fat Patterning" OR "Fat Patterning Body" OR "Patterning Body Fat")) AND (("Cardiometabolic Risk Factors" OR "Cardiometabolic Risk Factor" OR "Factor Cardiometabolic Risk" OR "Factors Cardiometabolic Risk" OR "Risk Factor Cardiometabolic" OR "Risk Factors Cardiometabolic"))
<b>Embase</b>	(adolescent OR adolescents OR adolescence OR teens OR teen OR teenagers OR teenager OR youth OR youths OR 'adolescents female' OR 'adolescent female' OR 'female adolescent' OR 'female adolescents' OR 'adolescents male' OR 'adolescent male' OR 'male adolescent' OR 'male adolescents') AND ('body fat distribution' OR 'distribution body fat' OR 'fat distribution body' OR 'body fat patterning' OR 'fat patterning body' OR 'patterning body fat') AND ('cardiometabolic risk factors' OR 'cardiometabolic risk factor' OR 'factor cardiometabolic risk' OR 'factors cardiometabolic risk' OR 'risk factor cardiometabolic' OR 'risk factors cardiometabolic')
<b>Science Direct</b>	(Adolescent OR Adolescents OR Adolescence OR Teens OR Teen) AND (Body Fat Distribution) AND (Cardiometabolic Risk Factors OR Cardiometabolic Risk Factor)
<b>Google Scholar</b>	(Adolescent OR Adolescents OR Adolescence OR Teens OR Teen) AND (Body Fat Distribution) AND (Cardiometabolic Risk Factors OR Cardiometabolic Risk Factor)
<b>CAPES</b>	(Adolescent OR Adolescents OR Adolescence OR Teens OR Teen) AND (Body Fat Distribution) AND (Cardiometabolic Risk Factors OR Cardiometabolic Risk Factor)

**Appendix B.** Risk of bias for each individual study assessed by Joanna Briggs Institute critical appraisal checklist for observational studies.

Studies	Criteria							
	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*
Araújo, Santos, Prado, 2017 <sup>(19)</sup>	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Cioffi et al., 2019 <sup>(21)</sup>	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
D'Adamo et al., 2010 <sup>(22)</sup>	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Hatch-Stein et al., 2016 <sup>(23)</sup>	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
He et al., 2015 <sup>(24)</sup>	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Jin et al., 2020 <sup>(25)</sup>	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Karatzis et al., 2016 <sup>(26)</sup>	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Kim, Park, 2008 <sup>(16)</sup>	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Kruger, Pretorius, Schutte, 2010 <sup>(27)</sup>	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Pereira et al., 2012 <sup>(20)</sup>	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y
Wu et al., 2021 <sup>(17)</sup>	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Yang et al., 2021 <sup>(18)</sup>	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y

Y = Yes, N = No, U = Unclear, NA = Not applicable

- 1\* Criteria for inclusion in the sample clearly defined
- 2\* Study subjects and the setting described in detail
- 3\* Exposure measured in a valid and reliable way
- 4\* Objective and standard criteria for measurement
- 5\* Confounding factors identified
- 6\* Strategies to deal with confounding factors
- 7\* Outcomes measured in a valid and reliable way
- 8\* Appropriate statistical analysis

**Appendix C.** Excluded articles and reasons for exclusion.

<b>Author/Year/Reference</b>	<b>Reason for exclusion</b>
Al-Domi, Al-Shorman, 2018; Bailey et al., 2013; Bogl et al., 2015; Brand et al., 2020; Cohen et al., 2022; Dangardt et al., 2019; Ding et al., 2018; Dong et al., 2016; Gurecká et al., 2015; Huang et al., 2012; Jahagirdar et al., 2012; Kelishadi et al., 2017; Lizana et al., 2016; Martino et al., 2023; Miranda et al., 2015; Methenitis et al., 2023; Okuma et al., 2013; Ramachandran et al., 2007; Ramírez-Vélez et al., 2017; Schusterova et al., 2012; Shin et al., 2020; Suder et al., 2015; Staiano; Katzmarzyk, 2022; Weber et al., 2014.	1
Hetherington-Rauth et al., 2018; Kelly et al., 2013; Ramírez-Vélez, Suárez-Ortegón, Plata, 2011; Samouda et al., 2015; Staiano, Gupta, Katzmarzyk, 2014; Teixeira et al., 2020; Viitasalo et al., 2020; Yan et al., 2019.	2
Blüher, 2013; Koopman et al., 2009.	3

Legend: 1. Did not evaluate the outcome of interest; 2. Evaluated another population; 3. Non-original studies.

## Appendix D. Review quality assessment.

<p><b>1. Did the research questions and inclusion criteria for the review include the components of PICO?</b></p>		
<p>For Yes:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Population</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Intervention</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Comparator group</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Outcome</p>	<p>Optional (recommended)</p> <p><input type="checkbox"/> Timeframe for follow-up</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Yes</p> <p><input type="checkbox"/> No</p>
<p><b>2. Did the report of the review contain an explicit statement that the review methods were established prior to the conduct of the review and did the report justify any significant deviations from the protocol?</b></p>		
<p>For Partial Yes: The authors state that they had a written protocol or guide that included ALL the following:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> review question(s)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> a search strategy</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> inclusion/exclusion criteria</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> a risk of bias assessment</p>	<p>For Yes: As for partial yes, plus the protocol should be registered and should also have specified:</p> <p><input type="checkbox"/> a meta-analysis/synthesis plan, if appropriate, <i>and</i></p> <p><input type="checkbox"/> a plan for investigating causes of heterogeneity</p> <p><input type="checkbox"/> justification for any deviations from the protocol</p>	<p><input type="checkbox"/> Yes</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Partial Yes</p> <p><input type="checkbox"/> No</p>
<p><b>3. Did the review authors explain their selection of the study designs for inclusion in the review?</b></p>		
<p>For Yes, the review should satisfy ONE of the following:</p> <p><input type="checkbox"/> <i>Explanation for including only RCTs</i></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> <i>OR Explanation for including only NRSI</i></p> <p><input type="checkbox"/> <i>OR Explanation for including both RCTs and NRSI</i></p>		
<p><b>4. Did the review authors use a comprehensive literature search strategy?</b></p>		
<p>For Partial Yes (all the following):</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> searched at least 2 databases (relevant to research question)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> provided key word and/or search strategy</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> justified publication restrictions (e.g. language)</p>	<p>For Yes, should also have (all the following):</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> searched the reference lists / bibliographies of included studies</p> <p><input type="checkbox"/> searched trial/study registries</p> <p><input type="checkbox"/> included/consulted content experts in the field</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> where relevant, searched for grey literature</p> <p><input type="checkbox"/> conducted search within 24 months of completion of the review</p>	<p><input type="checkbox"/> Yes</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Partial Yes</p> <p><input type="checkbox"/> No</p>
<p><b>5. Did the review authors perform study selection in duplicate?</b></p>		
<p>For Yes, either ONE of the following:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> at least two reviewers independently agreed on selection of eligible studies and achieved consensus on which studies to include</p> <p><input type="checkbox"/> OR two reviewers selected a sample of eligible studies <i>and</i> achieved good agreement (at least 80 percent), with the remainder selected by one reviewer.</p>		

<b>6. Did the review authors perform data extraction in duplicate?</b>		
For Yes, either ONE of the following:		
<input checked="" type="checkbox"/> at least two reviewers achieved consensus on which data to extract from included studies	<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> OR two reviewers extracted data from a sample of eligible studies <u>and</u> achieved good agreement (at least 80 percent), with the remainder extracted by one reviewer.		
<b>7. Did the review authors provide a list of excluded studies and justify the exclusions?</b>		
For Partial Yes:	For Yes, must also have:	
<input checked="" type="checkbox"/> provided a list of all potentially relevant studies that were read in full-text form but excluded from the review	<input type="checkbox"/> Justified the exclusion from the review of each potentially relevant study	<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> Partial Yes <input type="checkbox"/> No
<b>8. Did the review authors describe the included studies in adequate detail?</b>		
For Partial Yes (ALL the following):	For Yes, should also have ALL the following:	
<input checked="" type="checkbox"/> described populations	<input type="checkbox"/> described population in detail	<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> described interventions	<input type="checkbox"/> described intervention in detail (including doses where relevant)	<input checked="" type="checkbox"/> Partial Yes
<input checked="" type="checkbox"/> described comparators	<input type="checkbox"/> described comparator in detail (including doses where relevant)	<input type="checkbox"/> No
<input checked="" type="checkbox"/> described outcomes	<input type="checkbox"/> described study's setting	
<input checked="" type="checkbox"/> described research designs	<input type="checkbox"/> timeframe for follow-up	
<b>9. Did the review authors use a satisfactory technique for assessing the risk of bias (RoB) in individual studies that were included in the review?</b>		
<b>RCTs</b>		
For Partial Yes, must have assessed RoB from	For Yes, must also have assessed RoB from:	
<input type="checkbox"/> unconcealed allocation, <i>and</i>	<input type="checkbox"/> allocation sequence that was not truly random, <i>and</i>	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> lack of blinding of patients and assessors when assessing outcomes (unnecessary for objective outcomes such as all-cause mortality)	<input type="checkbox"/> selection of the reported result from among multiple measurements or analyses of a specified outcome	<input type="checkbox"/> Partial Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Includes only NRSI
<b>NRSI</b>		
For Partial Yes, must have assessed RoB:	For Yes, must also have assessed RoB:	
<input type="checkbox"/> from confounding, <i>and</i>	<input checked="" type="checkbox"/> methods used to ascertain exposures and outcomes, <i>and</i>	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> from selection bias	<input checked="" type="checkbox"/> selection of the reported result from among multiple measurements or analyses of a specified outcome	<input type="checkbox"/> Partial Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Includes only RCTs
<b>10. Did the review authors report on the sources of funding for the studies included in the review?</b>		
For Yes		
<input checked="" type="checkbox"/> Must have reported on the sources of funding for individual studies included in the review. Note: Reporting that the reviewers looked for this information but it was not reported by study authors also qualifies		<input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No but
<b>11. If meta-analysis was performed did the review authors use appropriate methods for statistical combination of results?</b>		

<b>RCTs</b>	
For Yes:	
<input type="checkbox"/> The authors justified combining the data in a meta-analysis	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> AND they used an appropriate weighted technique to combine study results and adjusted for heterogeneity if present.	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> AND investigated the causes of any heterogeneity	<input checked="" type="checkbox"/> No meta-analysis conducted
<b>For NRSI</b>	
For Yes:	
<input type="checkbox"/> The authors justified combining the data in a meta-analysis	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> AND they used an appropriate weighted technique to combine study results, adjusting for heterogeneity if present	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> AND they statistically combined effect estimates from NRSI that were adjusted for confounding, rather than combining raw data, or justified combining raw data when adjusted effect estimates were not available	<input checked="" type="checkbox"/> No meta-analysis conducted
<input type="checkbox"/> AND they reported separate summary estimates for RCTs and NRSI separately when both were included in the review	
<b>12. If meta-analysis was performed, did the review authors assess the potential impact of RoB in individual studies on the results of the meta-analysis or other evidence synthesis?</b>	
For Yes:	
<input type="checkbox"/> included only low risk of bias RCTs	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> OR, if the pooled estimate was based on RCTs and/or NRSI at variable RoB, the authors performed analyses to investigate possible impact of RoB on summary estimates of effect.	<input type="checkbox"/> No
	<input checked="" type="checkbox"/> No meta-analysis conducted
<b>13. Did the review authors account for RoB in individual studies when interpreting/ discussing the results of the review?</b>	
For Yes:	
<input type="checkbox"/> included only low risk of bias RCTs	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> OR, if RCTs with moderate or high RoB, or NRSI were included the review provided a discussion of the likely impact of RoB on the results	<input type="checkbox"/> No
<b>14. Did the review authors provide a satisfactory explanation for, and discussion of, any heterogeneity observed in the results of the review?</b>	
For Yes:	
<input checked="" type="checkbox"/> There was no significant heterogeneity in the results	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> OR if heterogeneity was present the authors performed an investigation of sources of any heterogeneity in the results and discussed the impact of this on the results of the review	<input type="checkbox"/> No
<b>15. If they performed quantitative synthesis did the review authors carry out an adequate investigation of publication bias (small study bias) and discuss its likely impact on the results of the review?</b>	
For Yes:	
<input type="checkbox"/> performed graphical or statistical tests for publication bias and discussed the likelihood and magnitude of impact of publication bias	<input type="checkbox"/> Yes
	<input type="checkbox"/> No
	<input checked="" type="checkbox"/> No meta-analysis conducted
<b>16. Did the review authors report any potential sources of conflict of interest, including any funding they received for conducting the review?</b>	

For Yes:

- The authors reported no competing interests OR
- The authors described their funding sources and how they managed potential conflicts of interest

- Yes
- No

## 4.2. Artigo original 1

Morais NS, Azevedo FM, Rocha ARF, Morais DC, Ribeiro SAV, Gonçalves VSS, Franceschini SCC, Priore SE (2023). Body Fat Is Superior to Body Mass Index in Predicting Cardiometabolic Risk Factors in Adolescents. *Int J Environ Res Public Health*, 20(3):2074.

### **Body Fat Is Superior to Body Mass Index in Predicting Cardiometabolic Risk Factors in Adolescents**

Nubia de Souza de Moraes<sup>1</sup>; Francilene Maria Azevedo<sup>1</sup>; Ariane Ribeiro de Freitas Rocha<sup>1</sup>; Dayane de Castro Moraes<sup>1</sup>; Sarah Aparecida Vieira Ribeiro<sup>1</sup>; Vivian Siqueira Santos Gonçalves<sup>2</sup>; Sylvia do Carmo Castro Franceschini<sup>1</sup>; Silvia Eloiza Priore<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Nutrition and Health, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG 36.570-900. Brazil; nubia.morais@ufv.br; francilene.azevedo@ufv.br; ariane.freitas@ufv.br; dayanecm85@gmail.com; sa-rah.vieira@ufv.br; sylvia@ufv.br; sepriore@ufv.br

<sup>2</sup> Graduate Program in Public Health, Universidade de Brasília. Brasília-DF 70910-900. Brazil; vivi-an.goncalves@unb.br

#### **Abstract**

**Background:** Excess adiposity is one of the main risk factors for the development of cardiovascular and metabolic diseases. The purpose of this study is to compare cardiometabolic risk factors in eutrophic adolescents with a high body fat percentage (%BF) with eutrophic adolescents with adequate %BF and those with excess weight and %BF. **Methods:** Cross-sectional study with 1043 adolescents. This study presented power equal to 99.75%. Body fat and anthropometric, clinical and biochemical indicators were evaluated. Participants were grouped according to body composition classified by body mass index (BMI) and body fat percentage. Statistical analyses were performed using R software version 4.0.2, adopting a significance level of 5%. The Mann–Whitney test, principal components analysis and logistic regression were performed. **Results:** It was observed that the SG was more similar to CG2 than to CG1 for both sexes, demonstrating that there was a greater similarity between these groups in relation to the evaluated factors. Higher values for TC, SBP and TG were associated with the SG when the CG1 was used as reference, controlled for sex and age. Likewise, higher TC values

and lower levels of SBP, TG and LDL were related to SG when the CG2 was used as reference. Conclusion: Body fat assessment is more effective in predicting risk factors and cardiometabolic diseases than BMI alone.

**Keywords:** Adiposity; Cardiometabolic risk; Nutritional status; Principal Components Analysis; X-ray absorptiometry.

## 1. Introduction

The behavioral changes that occur in adolescence can favor the adoption of a sedentary lifestyle and unhealthy diet, which, associated with genetic and physiological factors, can contribute to the development of overweight and obesity [1]. Changes in body adiposity throughout adolescence are physiological and important for the growth and development of these individuals, but, in excess, it can be a risk factor for cardiometabolic diseases [1–3].

Excess weight among these individuals is considered a global public health problem, and the prevalence of obesity increased tenfold from 1975 to 2016 [4]. The diagnosis of obesity is performed, as recommended by the World Health Organization, by the thresholds of the body mass index (BMI) [5]. However, although less invasive, low cost and widely used to identify excess body weight, BMI is not able to distinguish lean mass from fat mass, which can lead to underestimating or overestimating obesity. Thus, an adolescent classified as eutrophic by BMI may have a high percentage of fat and be at greater risk of developing cardiometabolic complications [6,7].

Adolescents with excess body adiposity have higher chances of developing arterial hypertension, insulin resistance and dyslipidemia since excess adiposity is one of the main factors involved in the development of cardiovascular and metabolic diseases [3]. The obesity developed in adolescence can be maintained or worsened over the years, and an adolescent with obesity can become an adult with obesity with a higher risk of morbidity and mortality. Thus, high adiposity is understood as one of the main health problems in adolescents of both sexes worldwide [8,9].

Understanding how the body composition of adolescents impacts cardiometabolic risk factors is important in the context of public health to enable the construction of viable strategies for the prevention of chronic diseases in these individuals, in adolescence and also in adulthood. Therefore, the objective of this study is to compare cardiometabolic risk factors in eutrophic

adolescents with a high percentage of body fat (%BF) with eutrophic adolescents with adequate %BF and those with excess weight and %BF. We hypothesized that, despite having a normal weight, individuals with excess adiposity may be at high risk of developing risk factors and cardiometabolic diseases.

## **2. Methods and Materials**

### *2.1. Study Design*

The study was carried out with secondary data from two cross-sectional studies carried out in the city of Viçosa-MG from 2010 to 2015.

The study population consisted of adolescents of both sexes, aged 10 to 19 years, who lived in urban or rural areas of the city when the collections were performed.

### *2.2. Sample Selection*

The databases were checked separately until they were included in the study, in order to check whether all the necessary variables were included. After this stage, they were merged, and the adolescents were selected. If any adolescent had been assessed in more than one survey, data from the most recent assessment were maintained. Thus, 1043 adolescents were chosen to be part of this study, 735 females and 308 males.

Those who had anthropometric and body composition measurements, blood pressure results, lipid profile, fasting glucose and insulin available in the databases used were included.

The power of the study was calculated using the OpenEpi® program, online ([www.OpenEpi.com](http://www.OpenEpi.com) accessed on 12 november 2021), considering as exposure the excess body fat (greater than or equal to 25% for girls and 20% for boys) and as an outcome high triglyceride levels. The calculation was based on the frequency of changes in triglyceride values in the group of adolescents with excess body fat (25.6%) and with adequate fat percentage (13.7%). A power equal to 99.75% was obtained.

### *2.3. Characterization of the Population*

The adolescents were divided into groups. The study group: SG - eutrophy by BMI and high %BF, and the comparison ones: CG1 - eutrophy by BMI and adequate %BF and CG2 - excess weight by BMI and high %BF.

## 2.4. Evaluated Variables

### 2.4.1. Anthropometric and Body Composition Assessment

All anthropometric measurements were performed by researchers who were trained during the pilot studies before data collection began. The same protocols, instruments and devices were used for anthropometric and body composition measurements in both studies; therefore, the information collected is homogeneous, which guarantees the relevance of the results found in this research.

For weight measurement, an electronic digital scale (Kratos®, São Paulo, Brazil) was used, with a maximum capacity of 200 kg. Weighings were performed according to the proposal of the World Health Organization (WHO) [10]. For greater reliability of the measurements, the scale was calibrated with a standard weight. A portable stadiometer (Altutexata®, Belo Horizonte, Brazil) with an extension of up to 2.20 m was used to measure height. The measurements were performed following the techniques recommended by the WHO [10].

Waist (WC) and hip (HC) perimeters were measured using a flexible and inelastic measuring tape (Cardiomed®, São Luis, MA, Brazil), with a maximum extension of 2 m, taking care not to compress the tissues. Measurements were taken in duplicate, assuming a maximum variation of 0.5 cm, and in case of a result greater than this value, a third measurement was performed, using the average between the two closest measurements. The WC was measured at the midpoint between the lower margin of the last rib and the iliac crest, in the horizontal plane [11]. The HC was measured in the gluteal region, encircling the largest horizontal portion between the waist and the knees [12].

The body mass index (BMI) was calculated (WHO, 1995) and classified according to age and sex (BMI/A) using the software Who AnthroPlus, in z-score values, with  $\geq 1$  being considered overweight [13].

Waist–hip (WHR) and waist-to-height (WHtR) ratios were calculated, and for the WHR classification, values  $\geq 0.50$  were considered as the cutoff point for the presence of abdominal obesity, regardless of age and sex [14].

Dual energy X-ray absorptiometry (DXA) equipment (Lunar Prodigy Advance DXA System version: 13.31, GE Healthcare, Madison, WI, USA) was used to estimate the percentage of total body fat (%BF), android (%) and gynoid (%), as well as the fat of the trunk (%), arms (%) and legs (%), separately. This is considered the gold standard for assessing body composition. The examination was performed in the morning, with the adolescents fasting for

12 h and following the evaluation protocol [15]. The %BF was classified as high when greater than or equal to 25% for girls and 20% for boys [16].

#### 2.4.2. Clinical and Biochemical Parameters

The cardiometabolic risk factors considered in this study were blood pressure, total cholesterol (TC), high-density lipoprotein (HDL), low-density lipoprotein (LDL), triglycerides (TG), fasting glucose and insulin resistance (IR).

Blood pressure was measured and classified according to the recommendations of the Brazilian Society of Cardiology [17], considering age, sex and height percentile [18].

Biochemical analyses were performed in an accredited laboratory. The individuals were instructed to fast for 12 h before collection. Samples were collected by venipuncture in the morning.

The classification of serum lipid values was performed according to the VII Brazilian guideline on dyslipidemia and prevention of atherosclerosis [18].

Fasting glucose was classified according to the Brazilian Society of Diabetes [19]. The IR was evaluated by the mathematical model HOMA-IR (homeostasis model assessment-insulin resistance), based on insulin and fasting glucose levels. The cutoff points considered indicative of the presence of IR followed the proposal contained in the guidelines of the Brazilian Society of Diabetes [19].

#### 2.4.3. Cardiometabolic Risk Factors

The following cardiometabolic risk factors were considered: excess adiposity in the different locations evaluated (android, gynoid, legs, arms and trunk), altered levels of systolic and/or diastolic blood pressure, total cholesterol, LDL, HDL, TG, glucose, presence of insulin resistance, high WHR and WHtR.

### 2.5. *Statistical Analysis*

The databases were created using Excel software; these data were double entered independently by two researchers and were validated in the Epi Info software. Statistical analyses were performed with the aid of software R version 4.0.2, adopting a significance level of 5%.

The Kolmogorov-Smirnov [20] test was performed, by which it was found that the variables did not present a normal distribution.

The Mann–Whitney test was performed to compare the numerical variables between the study group (SG) and each of the comparison groups (CG1 and CG2) separately, according to sex.

Principal components analysis (PCA) was performed to identify the factors associated with each group (SG, CG1 and CG2) [21]. For this analysis, the adolescents were divided according to nutritional status groups, and all cardiometabolic risk factors were considered as variables.

To determine the odds ratio (OR), a bivariate exploratory analysis was carried out in order to identify the variables of interest. Therefore, the existence of an association between the body composition groups with each variable considered a cardiometabolic risk factor was determined by bivariate logistic regression. Variables that presented  $p < 0.20$  [22] in the bivariate analysis were included in the multiple model. For the analyses, age and sex were used as adjustment variables.

Then, multiple logistic regression was performed, in which, at each step, the variables that did not significantly change the OR and the confidence intervals ( $p < 0.05$ ) were discarded until a final model was obtained, using the backward method. The quality of the model was evaluated by the information criterion of Akaike and the adjustment by the test of Hosmer and Lemeshow, from the function `hoslem.test`, which indicates good fit when  $p > 0.05$  [23].

## 2.6. Ethical Aspects

All studies whose databases were included in this study were submitted and approved by the Ethics Committee in Research with Human Beings of the Federal University of Viçosa (CEP/UFV), when they were carried out and at the time the databases were merged in 2018 (opinion No. 2.879.661).

The participants of all the surveys and their guardians were informed about the objectives of the same and provided informed consent (IC), in the case of adolescents aged 18 or 19, or assent (IA) for those under 18 years of age when the data were collected. Only adolescents who delivered the duly signed terms were included in the surveys.

## 3. Results

In the study group (SG) (eutrophy due to BMI and high %BF) 90.8% ( $n = 373$ ) were female, a similar situation was observed in the CG2 group (high BMI and %BF), with 72.9% ( $n = 153$ ) girls. In the eutrophic group (CG1), 49.5% ( $n = 213$ ) were female.

Regarding girls, it was observed that almost all variables differed between the SG and each of the comparison groups, with the exception of HDL and HOMA-IR, which did not differ between SG and CG1, and WHR, TC between SG and CG2 (Table 1).

Considering male adolescents, age, TG, TC and LDL were different between SG and CG1. WHR, TC, LDL, HDL, TG and glucose measurements did not differ between SG and CG2 (Table 1).

**Table 1.** Comparison of the study group with groups 1 and 2, according to sex. Viçosa-MG, Brazil, 2010 to 2015 (n = 1043).

Variables	Females (n = 735)			Males (n = 308)		
	SG (n = 373)	CG1 (n = 209)	CG2 (n = 153)	SG (n = 38)	CG1 (n = 213)	CG2 (n = 57)
	Median (Min–Max)	Median (Min–Max)	Median (Min–Max)	Median (Min–Max)	Median (Min–Max)	Median (Min–Max)
Age (years)	16 (10–19) <sup>†‡</sup>	15 (10–19)	15 (10–19)	12 (10–19) <sup>†</sup>	14 (10–19)	13 (10–19)
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	20.2 (15.0–24.0) <sup>†‡</sup>	17.5 (12.0–23.0)	25.5 (20.0–47.0)	17.7 (16.0–30.0) <sup>†‡</sup>	17.6 (13.0–24.0)	24.2 (19.0–34.0)
BF (%)	29.6 (25.0–42.0) <sup>†‡</sup>	20.9 (9.0–25.0)	39.9 (27.0–57.0)	23.0 (20.0–35.0) <sup>†‡</sup>	11.3 (5.0–20.0)	30.0 (20.0–49.0)
WHtR	0.4 (0.3–0.5) <sup>†‡</sup>	0.4 (0.3–0.5)	0.5 (0.4–0.8)	0.5 (0.4–0.6) <sup>†‡</sup>	0.4 (0.3–0.5)	0.5 (0.4–0.6)
WHR	0.8 (0.66–1.0)	0.8 (0.66–1.1)	0.8 (0.7–1.0)	0.8 (0.5–1.0) <sup>†</sup>	0.7 (0.68–0.99)	0.8 (0.5–1.0)
SBP (mmHg)	101.5 (75.0–134.0) <sup>†‡</sup>	97.5 (73.0–150.0)	107.0 (85.0–165.0)	96.7 (80.0–127.0) <sup>‡</sup>	98.5 (74.0–143.0)	106.0 (85.0–136.0)
DBP (mmHg)	66.0 (47.0–91.0) <sup>†‡</sup>	61.0 (44.0–110.0)	68.5 (51.0–100.0)	59.0 (47.0–68.0)	58.0 (40.0–97.0)	61.5 (47.0–74.0)
Total cholesterol (mg/dL)	154.0 (84.0–283.0)	151.0 (46.0–241.0)	155.0 (91.0–239.0)	168.0 (113.0–217.0) <sup>†</sup>	150.0 (87.0–234.0)	164.0 (90.0–217.0)
LDL (mg/dL)	87.0 (29.0–201.0) <sup>†‡</sup>	84.0 (23.0–165.0)	90.2 (40.0–167.0)	96.8 (63.0–136.0) <sup>†</sup>	87.2 (39.0–156.0)	99.8 (28.0–148.0)
HDL (mg/dL)	52.0 (28.0–161.0) <sup>‡</sup>	52.0 (26.0–97.0)	45.0 (23.0–100.0)	47.5 (30.0–117.0)	49.0 (29.0–106.0)	45.0 (30.0–71.0)
Triglycerides (mg/dL)	64.0 (28.0–212.0) <sup>†‡</sup>	60.0 (26.0–97.0)	76.0 (26.0–272.0)	67.0 (25.0–210.0) <sup>†</sup>	61.0 (14.0–130.0)	73.0 (55.0–248.0)
Glucose (mg/dL)	85.0 (64.0–408.0)	84.0 (3.0–105.0)	86.0 (65.0–114.0)	85.5 (75.0–101.0)	86.0 (81.00–91.00)	85.0 (70.0–111.0)
HOMA-IR	1.5 (0.0–6.0) <sup>‡</sup>	1.4 (0.0–4.0)	2.1 (1.0–11.0)	1.4 (0.0–4.0) <sup>‡</sup>	1.2 (0.0–3.0)	2.4 (1.0–11.0)
Android Fat (%)	18.2 (6.0–49.0) <sup>†‡</sup>	8.9 (4.0–21.0)	35.1 (11.0–59.0)	14.7 (7.0–72.0) <sup>†‡</sup>	5.5 (4.0–18.0)	26.2 (11.0–50.0)
Gynoid Fat (%)	37.8 (19.5–51.0) <sup>†‡</sup>	28.3 (9.0–37.0)	48.0 (33.0–63.0)	31.1 (19.0–55.0) <sup>†‡</sup>	16.9 (4.0–33.0)	39.2 (29.0–58.0)
Trunk fat (%)	30.3 (15.3–54.0)	29.7 (17.1–49.4)	29.6 (18.0–51.5)	27.7 (15.2–46.5)	30.3 (16.8–45.2)	31.0 (18.6–42.0)
Arm fat (%)	8.3 (4.0–19.7)	8.2 (4.2–56.6)	8.1 (4.6–11.3)	8.1 (5.7–12.5)	8.3 (4.6–12.4)	8.1 (4.6–11.3)
Leg fat (%)	56.3 (3.3–77.0)	57.5 (22.4–67.9)	56.4 (5.6–69.5)	57.8 (42.1–69.1) <sup>‡</sup>	56.4 (42.0–72.0)	54.8 (44.4–66.1)

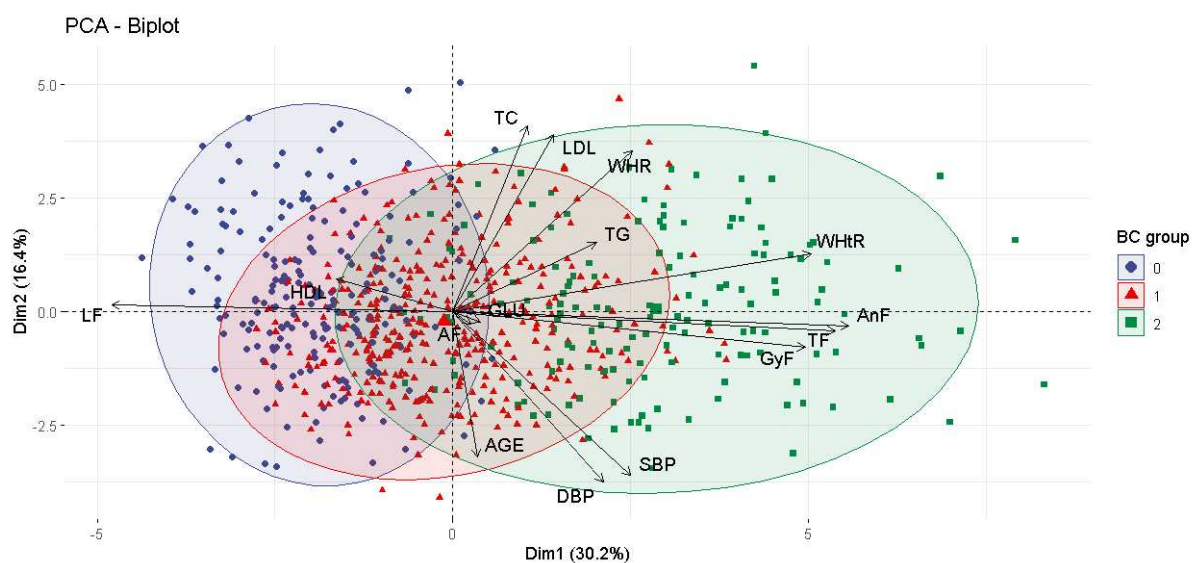
Legend: BMI: body mass index; SG: eutrophy by BMI and high %BF; CG1: eutrophy by BMI and adequate %BF; CG2: excess weight by BMI and high %BF; HDL: high-density lipoprotein; HOMA-IR: homeostasis model assessment—insulin resistance; LDL: low-density lipoprotein; SBP: systolic blood pressure; DBP: Diastolic blood pressure; WHtR: waist–height ratio; WHR: waist–hip Ratio. Mann–Whitney. <sup>†</sup> SG x CG1: p < 0.05; <sup>‡</sup> SG x CG2: p < 0.05.

Girls and boys in the SG had, on average, a BMI of 2.6 kg/m<sup>2</sup> ( $p < 0.0001$ ) and 1.5 kg/m<sup>2</sup> ( $p = 0.003$ ) higher, respectively, as well as 6.5 cm ( $p < 0.0001$ ) and 5.03 cm ( $p = 0.002$ ) more waist circumference, compared to normal-weight individuals with adequate BF% (results not shown in the table).

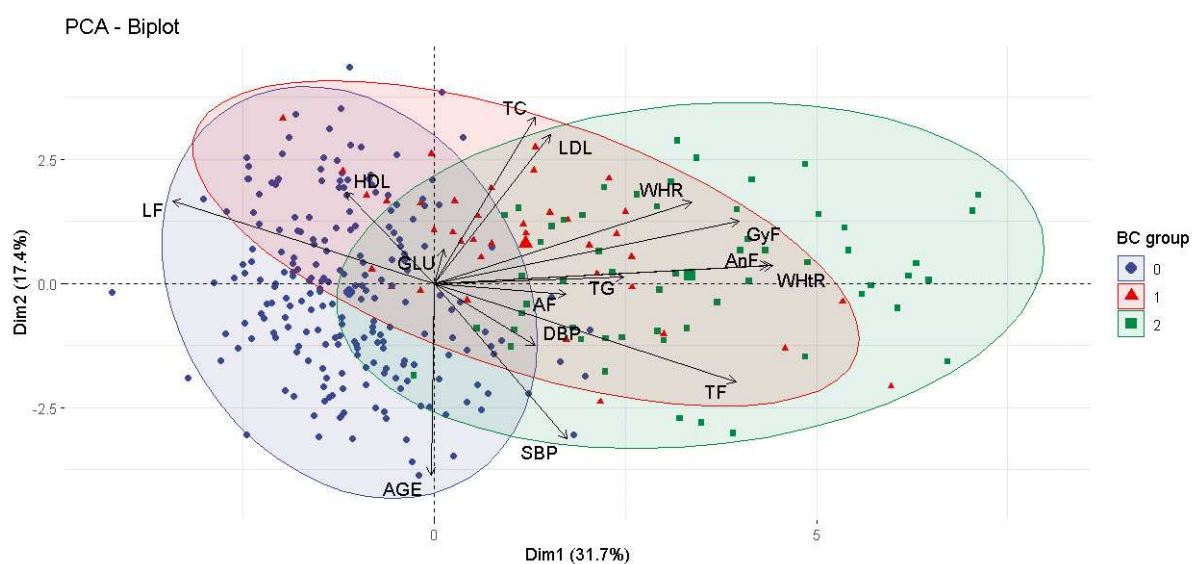
The PCA showed the distribution of cardiometabolic risk factors among the nutritional status groups, according to the similarity between the groups. Dimensions 1 and 2 together explained 46.6% of the distribution of these variables for females and 49.1% for males (Figure 1).

Analyzing the numbers, it was observed that the SG was more similar to CG2 than to CG1, for both sexes, demonstrating that there was a greater similarity between these groups in relation to the evaluated factors. The size of the arrows for each risk factor indicates its influence on the disposition of individuals in the group to which it points (Figure 1).

When we observe the cluster graph, for both sexes, we can say that the variables that most influenced the separation of CG1 were leg fat and HDL; the other factors point to the direction in which SG and CG2 are disposed, demonstrating similarity between these groups regarding these factors (Figure 1).



A



B

**Figure 1.** Cardiometabolic risk factors associated with each body composition group, for females (A) and males (B). Legend: 0-eutrophy by BMI and adequate %BF (CG1); 1-eutrophy by BMI and high %BF (SG); 2-excess weight by BMI and high %BF (CG2). AF: arm fat; AnF: android fat; BC: body composition; BMI: body mass index; DBP: diastolic blood pressure; GyF: gynoid fat; GLU: glucose; HDL: high-density lipoprotein; LF: leg fat; LDL: low-density lipoprotein; SBP: systolic blood pressure; TC: total cholesterol; TF: trunk fat; TG: triglycerides; WHtR: waist–height ratio; WHR: waist–hip ratio.

Logistic regression showed that overweight adolescents classified by BMI were more likely to have elevated SBP and HOMA-IR, as well as lower HDL. Adolescents with obesity

according to the %BF were more likely to have HOMA-IR and DBP levels (Supplementary file).

In relation to body composition groups, the final regression model showed that higher values of TC, SBP and TG were associated with the SG when the CG1 was used as reference, controlled for sex and age. Likewise, higher TC values and lower levels of SBP, TG and LDL were related to SG when the CG2 was used as reference. The other risk factors evaluated were not included in the multivariate model, as there was no significant difference between the SG and the other groups (Table 2).

The analysis of adjustment adequacy of the models showed a value greater than 0.05, according to the test of Hosmer and Lemeshow.

**Table 2.** Association of cardiometabolic risk factors with the study group (SG). Viçosa-MG, Brazil, 2010 to 2015 (n = 1043).

Risk Factors	Model 1 *		Model 2 **	
	Odds Ratio (IC95%)	Value of <i>p</i>	Odds Ratio (IC95%)	Value of <i>p</i>
TC	1.01 (1.01–1.02)	0.02	1.02 (1.01–1.04)	0.01
DBP	1.05 (1.02–1.07)	0.001	-	-
SBP	-	-	0.93 (0.91–0.94)	<0.001
TG	1.01 (1.01–1.02)	<0.001	0.99 (0.98–0.99)	<0.001
LDL	-	-	0.96 (0.94–0.98)	<0.001

\*Model 1: CG1 (eutrophy by BMI and adequate %BF) considered as a reference; \*\*Model 2: CG2 (overweight by BMI and high %BF) considered as a reference. Legend: TC: total cholesterol; LDL: low-density lipoprotein; DBP: diastolic blood pressure; SBP: systolic blood pressure; TG: triglycerides.

#### 4. Discussion

This study showed that most adolescents classified as having excess BF, regardless of BMI, were female. In addition, the results showed that female adolescents with excess weight and body fat had higher medians for most of the biochemical factors evaluated and lower for HDL, demonstrating that body composition is related to changes in blood pressure, lipid profile, fasting glucose and insulin resistance. Nevertheless, a similar result was observed for boys, with the exception of WHR and TC, which showed higher medians in the SG.

Principal component analysis (PCA) was performed to identify factors associated with each group. This analysis showed that, for both sexes, there was a greater similarity between the SG and CG2 in relation to the evaluated risk factors.

The final regression model showed that higher values of TC, SBP and TG were associated with the SG when the CG1 was used as reference. Likewise, higher TC values and lower levels of SBP, TG and LDL were related to SG when the CG2 was used as reference.

In this context, it is known that during adolescence there is a physiological increase in body fat and that it occurs more intensely in females. This increase in BF is essential for the growth and maintenance of menstrual cycles [24]; however, in excess, it is a risk factor for the development of obesity. In boys, the superior increase in muscle mass predominates [25].

In this phase, growth and development occur quickly and intensely [26]. However, high consumption of high calorie foods, rich in fats and sugars, and low consumption of those considered healthy, in addition to low levels of physical activity are still common [27]. The physiological changes associated with unhealthy eating habits and a sedentary lifestyle make this population vulnerable to the development of obesity and other risk factors for cardiometabolic diseases [28].

Obesity is a serious public health problem worldwide [4], as individuals are developing this disease at younger ages. Worldwide, the prevalence of obesity in children and adolescents aged 5 to 19 years increased from 0.7% and 0.9% in 1975 to 5.6% and 7.8% in 2016, in girls and boys, respectively, according to BMI [29,30].

Overweight adolescents classified by BMI were more likely to have elevated SBP and HOMA-IR, as well as lower HDL. Adolescents with obesity according to the %BF were more likely to have HOMA-IR and DBP levels. Thus, the increase in the prevalence of obesity in this age group is worrying, as this condition can lead to changes in the lipid profile, with an increase in the levels of total cholesterol, triglycerides, LDL and a reduction in HDL levels, in addition to arterial hypertension, resistance to insulin and diabetes, changes that have already been observed in adolescents [31–36]. In addition, excess body fat in adolescence increases the risk of developing cardiometabolic diseases and other morbidities in adulthood, besides being a predictor of increased mortality, mainly due to cardiovascular diseases [37–40].

Excess body fat is an independent risk factor for cardiometabolic diseases, including in adolescents; therefore, individuals with normal weight and high BF% are at increased risk of developing insulin resistance, dyslipidemia, metabolic syndrome and cardiovascular disease [41], which increases the risk of early mortality [42].

Individuals with excess adiposity have increased cytokine secretion, which can lead to the blocking of insulin receptor signals; this makes the body less sensitive to the insulin produced and causes the condition called insulin resistance [43], in addition to leading to

changes in the lipid profile, which results in the development of cardiometabolic diseases [39,40]. Furthermore, these individuals have a greater accumulation of fat in the arteries, which makes the heart have to work harder to pump blood throughout the body, and this causes increased pressure on the inner walls of the arteries. This condition is a risk factor for the development of arterial hypertension [37].

Studies have shown that, despite having adequate weight, an individual may have excess adiposity, and this condition has also been observed in adolescents. Morais et al. [44] observed that, among 274 Brazilian adolescents aged 14 to 19 years, 15% were overweight by BMI; however, 53.9% had excess body fat. Furthermore, among 631 adolescents of both sexes, aged 11 to 18 years, Ripka et al. [45] found that BMI overestimated the %BF in 68.4% of boys ( $5.0 \pm 4.0\%$ ) and underestimated it in 67.5% of girls ( $-3.9 \pm 2.6\%$ ).

Prado Júnior et al. [46] found that adolescents with excess body fat, although eutrophic by BMI, had a higher prevalence of elevated TC and TG, altered insulin and HOMA, in addition to low HDL, compared to the group of eutrophic adolescents with adequate BF%. Furthermore, the group of adolescents with normal BMI and high %BF showed similar behavior to the group with excess weight and body fat, in relation to fasting glucose and TC. This confirms that body adiposity is more associated with cardiometabolic risk factors, demonstrating the need to assess body composition using specific measures and indexes to estimate body fat.

Olafsdottir, Torfadottir and Arngrimsson [47] evaluated 182 18-year-old adolescents and found that those with normal weight with a high %BF had a higher IR compared to normal-weight adolescents with adequate BF% ( $p = 0.003$ ). Moreover, of five adolescents with metabolic syndrome (MS), four were eutrophic with a high %BF. Furthermore, the study showed that eutrophic adolescents with high %BF were 2.2 times more likely to have one or more risk factors for MS (OR = 2.2; 95% CI: 1.2-3.9) in relation to adolescents who were eutrophic with adequate %BF.

In a longitudinal study carried out for about seven and a half years, Wiklund et al. [48] evaluated 396 girls with a mean age of 11 years at baseline and found that the cardiometabolic risk score was higher in the group of adolescents with normal weight and high %BF, when compared to the eutrophic group with adequate %BF and with low weight.

In a recent study carried out with 1919 Colombian adolescents, the authors found that those with normal weight according to BMI, but with excess body fat, had higher mean levels of waist circumference, triglycerides and cardiometabolic risk score, in addition to a lower

mean HDL value. In addition, girls in this nutritional situation had a higher mean systolic blood pressure [7].

It is noteworthy that BMI is the most used indicator to diagnose nutritional dystrophies; however, this index is not able to accurately estimate body adiposity, since it does not allow distinction between muscle mass and fat mass [5–7], and especially during adolescence, BMI does not reflect the corporate changes that occur. In this sense, the isolated use of BMI becomes inappropriate [5–7].

The principal component analysis performed in this study showed that the SG presented greater similarity with the CG2 in relation to the factors evaluated. A study with 1421 adolescents of both sexes, aged 10 to 13 years, also performed this analysis, and, although it did not specifically target the three nutritional status groups, showed that percent body fat was associated with all cardiometabolic risk factors and carried the strongest loading coefficient [49]. These findings reinforce the notion that excess body adiposity, despite adequate weight, is directly related to the development of cardiometabolic risk factors during adolescence, and the assessment of body composition in these individuals is essential.

It is important to consider that the effect of obesity in adolescents on the risk of cardiovascular diseases in adults may be irreversible even if in adulthood the individual becomes eutrophic [39]. This demonstrates the need for specific health promotion and disease prevention actions during adolescence, such as food and nutrition education actions in schools, since at this age individuals spend most of their day in the school environment. Since it is known that a majority of life habits are defined at this stage of life, it is a favorable period to encourage the adoption of a healthy lifestyle [50,51].

It is noteworthy that this work is relevant, as there are few studies in the literature that assess the presence of cardiometabolic risk factors in eutrophic adolescents with excess body fat, especially comparing those with normal weight by BMI and those with excess weight and adiposity.

Moreover, this research has an expressive sample number and comprises adolescents aged 10 to 19 years and of both sexes. In addition, a method considered gold standard in the assessment of body composition (DEXA) was used.

## **5. Conclusions**

The findings of this study show that, despite having a normal weight, individuals with excess adiposity are at greater risk of developing risk factors, as well as cardiometabolic

diseases, than those with normal weight and adequate body fat. This demonstrates the importance of examining adiposity in the monitoring of adolescents, in order to obtain a more complete assessment of nutritional status.

Given this context, the assessment and monitoring of nutritional status from an early age is essential to enable the early diagnosis and treatment of obesity and to enable interventions to be more effective in order to prevent diseases in the future.

**Supplementary Materials:** The following supporting information can be downloaded at [www.mdpi.com/xxx/s1](http://www.mdpi.com/xxx/s1): Table S1: Association of cardiometabolic risk factors with the BMI and %GC. Viçosa-MG, Brazil, 2010 to 2015 (n=1043).

**Author Contributions:** N.d.S.d.M. conceptualization, methodology, formal analysis, investigation, data curation, writing-original draft and visualization. F.M.A.: conceptualization, methodology, formal analysis, investigation, data curation, writing-review and editing and visualization. A.R.d.F.R.: conceptualization, methodology, formal analysis, investigation, data curation, writing-review draft and visualization. D.d.C.M.: conceptualization, methodology, formal analysis, investigation, data curation, writing-review and editing and visualization. S.A.V.R.: methodology, formal analysis, writing-review and editing and visualization. V.S.S.G.: methodology, formal analysis, writing-review and editing and visualization. S.d.C.C.F.: formal analysis, writing-review and editing and visualization. S.E.P.: conceptualization, methodology, writing-review and editing, visualization, supervision, project administration and funding acquisition. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research received no external funding.

**Informed Consent Statement:** The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki and approved by the Institutional Review Board “Ethics Committee in Research with Human Beings of the Federal University of Viçosa (CEP/UFV)” (opinion No. 2.879.661, date of approval: September, 06, 2018).

**Informed Consent Statement:** Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

**Data Availability Statement:** Not applicable.

**Acknowledgments:** We acknowledge the Postgraduate Program in Nutrition Science; National Council for Scientific and Technological Development (CNPq); Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais-Minas Gerais (FAPEMIG); and the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel-Brazil (CAPES) for granting the doctoral scholarship, which enables full dedication to research.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

**Sources of Support:** No support for the work was received.

## References

1. World Health Organization (WHO). Nutrition in Adolescence: Issues and Challenges for the Health Sector: Issues in Adolescent Health and Development; WHO: Geneva, Switzerland, 2005.
2. Barbalho, E.D.V.; Pinto, F.J.M.; Da Silva, F.R.; Sampaio, R.M.M.; Dantas, D.S.G. Influência do consumo alimentar e da prática de atividade física na prevalência do sobrepeso/obesidade em adolescentes escolares. *Cad. Saúde Colet* 2020, 28, 12–23. <https://doi.org/10.1590/1414-462X202028010181>.
3. Sommer, A.; Twig, G. The Impact of Childhood and Adolescent Obesity on Cardiovascular Risk in Adulthood: a Systematic Review. *Curr. Diabetes Rep.* 2018, 18, 91. <https://doi.org/10.1007/s11892-018-1062-9>.
4. Bentham, J.; Di Cesare, M.; Bilano, V.; Bixby, H.; Zhou, B.; Stevens, G.A.; Riley, L.M.; Taddei, C.; Hajifathalian, K.; Lu, Y.; et al. Worldwide Trends in Body Mass Index, Underweight, Overweight, and Obesity from 1975 to 2016: A Pooled Analysis of 2416 Population-Based Measurement Studies in 128.9 Million Children, Adolescents, and Adults. *Lancet* 2017, 390, 2627–2642. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32129-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32129-3).
5. World Health Organization. Physical Status: The Use and Interpretation of Anthropometry; WHO—Technical Report series, 854 ; WHO: Geneva, Switzerland, 1995.
6. Cota, B.C.; Suhett, L.G.; Leite, N.N.; Pereira, P.F.; Ribeiro, S.A.V.; Franceschini, S.D.C.C. Cardiometabolic risk and health behaviours in adolescents with normal-weight obesity: A

systematic review. *Public Health Nutr.* 2020, 24, 870–881. <https://doi.org/10.1017/S1368980020004863>.

7. García-Hermoso, A.; Agostinis-Sobrinho, C.; Camargo-Villalba, G.E.; González-Jiménez, N.M.; Izquierdo, M.; Cor-rea-Bautista, J.E.; Ramírez-Vélez, R. Normal-Weight Obesity Is Associated with Poorer Cardiometabolic Profile and Lower Physical Fitness Levels in Children and Adolescents. *Nutrients* 2020, 12, 1171. <https://doi.org/10.3390/nu12041171>.

8. Lee, E.Y.; Yoon, K.-H. Epidemic obesity in children and adolescents: risk factors and prevention. *Front. Med.* 2018, 12, 658–666. <https://doi.org/10.1007/s11684-018-0640-1>.

9. Asghari, G.; Hosseinpanah, F.; Serahati, S.; Haghi, S.; Azizi, F. Association between obesity phenotypes in adolescents and adult metabolic syndrome: Tehran Lipid and Glucose Study. *Br. J. Nutr.* 2019, 122, 1255–1261. <https://doi.org/10.1017/S0007114519002344>.

10. World Health Organization. WHO Expert Committee on Physical Status. Physical Status: The Use and Interpretation of Anthropometry; WHO Technical Report Series n. 854; WHO: Geneva, Switzerland, 1995.

11. World Health Organization. Waist Circumferences and Waist-Hip Ratio: Report of a WHO Expert Consultation; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2008.

12. Franceschini, S.C.C.; Priore, S.E.; Oliveira, R.M.S.; Faria, E.R.; Vitorino, S.A.S. Técnicas de Aferição de Medidas Antropométricas e de Composição Corporal; Viçosa, M.G., Ed. UFV: Viçosa, MG, Brazil, 2017; p. 72.

13. World Health Organization—WHO. Development of a WHO Growth Reference for School-Aged Children and Adolescents; Bulletin of the World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2007.

14. Ashwell, M.; Gibson, S. A proposal for a primary screening tool: ‘Keep your waist circumference to less than half your height’. *BMC Med.* 2014, 12, 207. <https://doi.org/10.1186/s12916-014-0207-1>.

15. Barbosa, K.B.F. Métodos Para Avaliação do Consumo Alimentar e Sua Relação com Marcadores de Risco para a Síndrome Metabólica em Adolescentes do Sexo. Master’s Thesis, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brazil, 2006; p.264.

16. Williams, D.P.; Going, S.B.; Lohman, T.G.; Harsha, D.W.; Srinivasan, S.R.; Webber, L.S.; Berenson, G.S. Body fatness and risk for elevated blood pressure, total cholesterol, and serum lipoprotein ratios in children and adolescents. *Am. J. Public Health* 1992, 82, 358–363. <https://doi.org/10.2105/ajph.82.3.358>.

17. Barroso, W.K.S.; Rodrigues, C.I.S.; Bortolotto, L.A.; Mota-Gomes, M.A.; Brandão, A.A.; Feitosa, A.D.M.; Machado, C.A.; Poli-de-Figueiredo, C.E.; Amodeo, C.; Júnior, D.M.; et al. Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial—2020. *Arq. Bras. Cardiol.* 2021, 116, 516–658.
18. Faludi, A.A.; Izar, M.C.O.; Saraiva, J.F.K.; Chacra, A.P.M.; Bianco, H.T.; Afiune Neto, A.; Bertolami, A.; Pereira, A.C.; Lottenberg, A.M.; Sposito, A.C.; et al. Atualização da Diretriz Brasileira de Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose-2017. *Arq. Bras. Card* 2017, 109, 1–76.
19. Golbert, A.; Vasques, A.C.J.; Faria, A.C.R.A.; Lottenberg, A.M.P.; Joaquim, A.G.; Vianna, A.G.D.; et al. *Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes 2019–2020*; Editora Clannad: São Paulo, Brazil, 2020.
20. Mishra, P.; Pandey, C.M.; Singh, U.; Gupta, A.; Sahu, C.; Keshri, A. Descriptive statistics and normality tests for statistical data. *Ann. Card. Anaesth.* 2019, 22, 67–72. [https://doi.org/10.4103/aca.ACA\\_157\\_18](https://doi.org/10.4103/aca.ACA_157_18).
21. Fleck, M.P.; Bourdel, M.C. Método de simulação e escolha de fatores na análise dos principais componentes. *Rev. Saúde Pública* 1998, 32, 267–272. <https://doi.org/10.1590/S0034-89101998000300010>.
22. Mickey, R.M.; Greenland, S. The impact of confounder selection criteria on effect estimation. *Am. J. Epidemiol.* 1989, 129, 125–137. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a115101>.
23. Subhash, R.L.; Keim, J.L.; Solymos, P. Resource Selection: Resource Selection (Probability) Functions for Use Availability Data. R Package Version 0.3-5. 2019. Available online: <https://CRAN.Rproject.org/package=ResourceSelection> (accessed on 1 November 2021).
24. Miranda, V.P.N.; De Faria, F.R.; De Faria, E.R.; Priore, S.E. Somatic maturation and body composition in female healthy adolescents with or without adjustment for body fat. *Rev. Paul. Pediatr.* 2014, 32, 78–84. <https://doi.org/10.1590/S0103-05822014000100013>.
25. Lopes, P.C.S.; Prado, S.R.L.D.A.; Colombo, P. Fatores de risco associados à obesidade e sobrepeso em crianças em idade escolar. *Rev. Bras. Enferm.* 2010, 63, 73–78. <https://doi.org/10.1590/S0034-71672010000100012>.
26. Rogol, A.D.; Roemmich, J.N.; Clark, P.A. Growth at puberty. *J. Adolesc. Health* 2002, 31, 192–200. [https://doi.org/10.1016/s1054-139x\(02\)00485-8](https://doi.org/10.1016/s1054-139x(02)00485-8).
27. Longo-Silva, G.; Toloni, M.H.D.A.; de Menezes, R.C.E.; Asakura, L.; Oliveira, M.A.A.; Taddei, J.A.D.A.C. Introdução de refrigerantes e sucos industrializados na dieta de lactentes

- que frequentam creches públicas. *Rev. Paul. Pediatr.* 2015, 33, 34–41. <https://doi.org/10.1016/j.rpped.2014.06.009>.
28. Kansra, A.R.; Lakkunarajah, S.; Jay, M.S. Childhood and Adolescent Obesity: A Review. *Front. Pediatr.* 2020, 8, 581461. <https://doi.org/10.3389/fped.2020.581461>.
29. Sumi, A.; Iwase, M.; Nakamura, U.; Fujii, H.; Ohkuma, T.; Ide, H.; Jodai-Kitamura, T.; Komorita, Y.; Yoshinari, M.; Kitazono, T. Impact of age at menarche on obesity and glycemic control in Japanese patients with type 2 diabetes: Fukuoka Diabetes Registry. *J. Diabetes Investig.* 2018, 9, 1216–1223. <https://doi.org/10.1111/jdi.12839>.
30. World Health Organization. Obesity and Overweight. 2020. Available online: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight#:~:text=The%20prevalence%20of%20overweight%20and,19%25%20of%20boys%20were%20overweight> (accessed on 20 November 2021).
31. Fisberg, M.; Maximino, P. Doenças crônicas não transmissíveis na adolescência. In *Nutrição e Saúde na Adolescência*; Priore, S.E., et al., Ed.; Editora Rubio: Rio de Janeiro, Brazil, 2010; pp. 269–275.
32. Cobayashi, F.; Oliveira, F.L.C.; Escrivão, M.A.M.S.; Daniela, S.; Taddei, J.A.D.A.C. Obesidade e fatores de risco cardiovascular em adolescentes de escolas públicas. *Arq. Bras. de Cardiol.* 2010, 95, 200–206. <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2010005000087>.
33. Ramos, A.T.; Carvalho, D.F.; Gonzaga, N.C.; Cardoso, A.S.; Noronha, J.A.F.; Carodos, M.A.A. Perfil lipídico em crianças e adolescentes com excesso de peso. *Rev. Bras. Crescimento Desenvolv. Hum* 2011, 21, 780–788.
34. Oliveira, T.M.S.; De Faria, F.R.; Pereira, P.F.; Franceschini, S.C.; Priore, S.E. Nutritional status, metabolic changes and white blood cells in adolescents. *Rev. Paul. de Pediatr.* 2014, 32, 351–359. <https://doi.org/10.1590/S0103-05822014000400011>.
35. Moraes, M.; Da Veiga, G.V. Acurácia da gordura corporal e do perímetro da cintura para prever alterações metabólicas de risco cardiovascular em adolescentes. *Arq. Bras. Endocrinol. Metabol.* 2014, 58, 341–351. <https://doi.org/10.1590/0004-2730000002865>.
36. Moulin-Mares, S.; Oliosia, P.; Faria, E.; Zago-Gomes, M.; Mill, J. Association of uric acid with cardiovascular risk in Brazilian children and adolescents. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2020, 31, 314–321. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2020.09.012>.
37. Twig, G.; Afek, A.; Shamiss, A.; Derazne, E.; Rabbi, M.L.; Tzur, R.; Gordon, B.; Tirosh, A. Adolescence BMI and Trends in Adulthood Mortality: A Study of 2.16 Million Adolescents. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2014, 99, 2095–2103. <https://doi.org/10.1210/jc.2014-1213>.

38. Giudici, K.V.; Rolland-Cachera, M.F.; Gusto, G.; Goxe, D.; Lantieri, O.; Herberg, S.; Péneau, S. Body mass index growth trajectories associated with the different parameters of the metabolic syndrome at adulthood. *Int. J. Obes.* 2017, 41, 1518–1525. <https://doi.org/10.1038/ijo.2017.119>.
39. Buscot, M.J.; Thomson, R.; Juonala, M.; A Sabin, M.; Burgner, D.P.; Lehtimäki, T.; Hutri-Kähönen, N.; A Viikari, J.S.; Raitakari, O.T.; Magnussen, C.G. Distinct child-to-adult body mass index trajectories are associated with different levels of adult cardiometabolic risk. *Eur. Hear. J.* 2018, 39, 2263–2270. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy161>.
40. Quinte, G.C.; Barros, F.; Gigante, D.P.; De Oliveira, I.O.; Motta, J.V.D.S.; Horta, B.L. Overweight trajectory and cardio metabolic risk factors in young adults. *BMC Pediatr.* 2019, 19, 75. <https://doi.org/10.1186/s12887-019-1445-3>.
41. Franco, L.P.; Morais, C.C.; Cominetti, C. Normal-weight obesity syndrome: Diagnosis, prevalence, and clinical implications. *Nutr. Rev.* 2016, 74, 558–570. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuw019>.
42. Oliveros, E.; Somers, V.K.; Sochor, O.; Goel, K.; Lopez-Jimenez, F. The Concept of Normal Weight Obesity. *Prog. Cardiovasc. Dis.* 2013, 56, 426–433. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2013.10.003>.
43. Al-Goblan, A.S.; A Al-Alfi, M.; Khan, M.Z. Mechanism linking diabetes mellitus and obesity. *Diabetes, Metab. Syndr. Obesity: Targets Ther.* 2014, 7, 587–591. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S67400>.
44. Morais, N.D.S.D.; Miranda, V.P.N.; Priore, S.E. Imagem corporal de adolescentes do sexo feminino e sua associação à composição corporal e ao comportamento sedentário. *Ciênc Saúde Colet* 2018, 23, 2693–2703. <https://doi.org/10.1590/1413-81232018238.12472016>.
45. Ripka, W.L.; Orsso, C.E.; Haqq, A.M.; Prado, C.M.; Ulbricht, L.; Leite, N. Validity and accuracy of body fat prediction equations using anthropometrics measurements in adolescents. *Eat. Weight. Disord. Stud. Anorexia, Bulim. Obes.* 2020, 26, 879–886. <https://doi.org/10.1007/s40519-020-00918-3>.
46. Prado Júnior, P.P.; Faria, F.R.; Faria, E.R.; Franceschini, S.C.C.; Priore, S.E. Cardiovascular risk and associated factors in adolescents. *Nutr. Hosp.* 2015, 32, 897–904.
47. Olafsdottir, A.S.; Torfadottir, J.E.; Arngrimsson, S.A. Health Behavior and Metabolic Risk Factors Associated with Normal Weight Obesity in Adolescents. *PLOS ONE* 2016, 11, e0161451. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161451>.

48. Wiklund, P.; Törmäkangas, T.; Shi, Y.; Wu, N.; Vainionpää, A.; Alen, M.; Cheng, S. Normal-weight obesity and cardiometabolic risk: A 7-year longitudinal study in girls from prepuberty to early adulthood. *Obesity* 2017, 25, 1077–1082. <https://doi.org/10.1002/oby.21838>.
49. Peterson, M.D.; Saltarelli, W.A.; Visich, P.S.; Gordon, P.M. Strength Capacity and Cardiometabolic Risk Clustering in Adolescents. *Pediatrics* 2014, 133, e896–e903. <https://doi.org/10.1542/peds.2013-3169>.
50. Lamounier, J.A. Obesidade na adolescência. In *Nutrição e Saúde na Adolescência*; Priore, S.E., et al., Ed.; Editora RubioRio de Janeiro, Brazil, 2010; pp. 75–92.
51. Chan, K.; Siu, J.Y.M.; Lee, A. A school-based programme promoting healthy eating. *Heal. Educ. J.* 2019, 79, 277–289. <https://doi.org/10.1177/0017896919880575>.

Disclaimer/Publisher’s Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

### Supplementary file

**Table.** Association of cardiometabolic risk factors with the BMI and %GC. Viçosa-MG, Brazil, 2010 to 2015 (n=1043).

Risk Factors	BMI*		%GC**	
	Odds Ratio (IC95%)	Value of p	Odds Ratio (IC95%)	Value of p
<b>SBP</b>	1,06 (1,04-1,08)	<0,001	-	-
<b>HDL</b>	0,97 (0,95-0,98)	<0,001	-	-
<b>HOMA-IR</b>	2,19 (1,82-2,64)	<0,001	1,85 (1,55-2,22)	<0,001
<b>DBP</b>	-	-	1,06 (1,04-1,08)	<0,001

\*BMI <1 considered as a reference. \*\* %GC < 25% for girls and < 20% for boys considered as reference.

Legend: BMI: Body Mass Index; HDL: High Density Lipoprotein; HOMA-IR: Homeostasis Model Assessment – Insulin Resistance; SBP: Systolic Blood Pressure; DBP: Diastolic Blood Pressure.

### 4.3. Artigo original 2

Artigo a ser submetido à Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases (FI: 4.668)

#### **Influência da localização da gordura corporal nos fatores de risco cardiometabólico em adolescentes**

Núbia de Souza de Moraes<sup>1</sup>; Ariane Ribeiro de Freitas Rocha<sup>2</sup>; Francilene Maria Azevedo<sup>3</sup>; Dayane de Castro Moraes<sup>4</sup>; Sarah Aparecida Vieira Ribeiro<sup>5</sup>; Vivian Siqueira Santos Gonçalves<sup>6</sup>; Sylvia do Carmo Castro Franceschini<sup>7</sup>; Silvia Eloiza Priore<sup>8</sup>

<sup>1</sup> Doutoranda em Ciência da Nutrição – Universidade Federal de Viçosa. E-mail: nubia.morais@ufv.com

<sup>2</sup> Doutoranda em Ciência da Nutrição – Universidade Federal de Viçosa. E-mail: ariane.freitas@ufv.br

<sup>3</sup> Doutoranda em Ciência da Nutrição – Universidade Federal de Viçosa. E-mail: francilene.azevedo@ufv.br

<sup>4</sup> Pós-doutoranda pelo Programa de Pós-graduação em Ciência da Nutrição - Universidade Federal de Viçosa. E-mail: dayanecm85@gmail.com

<sup>5</sup> Professora do Departamento de Nutrição e Saúde – Universidade Federal de Viçosa. E-mail: sarah.vieira@ufv.br

<sup>6</sup> Professora do Departamento de Nutrição – Universidade de Brasília. E-mail: vinut.bsb@gmail.com

<sup>7</sup> Professora do Departamento de Nutrição e Saúde – Universidade Federal de Viçosa. E-mail: sylvia@ufv.br

<sup>8</sup> Professora do Departamento de Nutrição e Saúde – Universidade Federal de Viçosa. E-mail: sepriore@ufv.br

#### **Resumo**

Este estudo teve como objetivo investigar a influência da localização da gordura corporal nos fatores de risco cardiometabólico em adolescentes, e qual localização da gordura corporal possui melhor desempenho em prever alterações nos fatores de risco cardiometabólico. Estudo realizado com dados secundários de 801 adolescentes. Avaliou-se, o percentual de gordura corporal (%GC) total, androide (%GA), ginoide (%GG), do tronco (%GT), braços

(%GB) e pernas (%GP), pelo equipamento de absorciometria de raios-X de dupla energia (DXA); além da pressão arterial, perfil lipídico, ácido úrico, glicemia de jejum e insulina, e o *Homeostasis Model Assessment – Insulin Resistance* (HOMA-IR). As análises estatísticas foram feitas no *software* R versão 4.0.2, adotando nível de significância de 5%. O teste de *Kolmogorov-Smirnov* verificou a normalidade das variáveis, e o teste de *Mann-Whitney* comparou as variáveis quantitativas entre os sexos. Realizou-se regressão linear simples e múltipla, ajustado para idade e atividade física. A análise de redes foi realizada para avaliar a relação entre as medidas de gordura corporal e os fatores de risco cardiometabólico. A capacidade das localizações de gordura corporal para prever alterações dos fatores de risco cardiometabólico foi baseada na construção de curvas ROC (*Receiver Operating Characteristic*). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (parecer nº 2.879.661). Para as meninas, o %GP foi superior ao %GA para prever colesterol total elevado ( $p = 0,026$ ). Para os meninos, o %GA foi melhor preditor de alterações no CT que o %GP ( $p = 0,025$ ) e %GT ( $p = 0,001$ ), no LDL comparado ao %GT ( $p = 0,004$ ), no TG em relação ao %GB ( $p = 0,004$ ), e no HOMA-IR comparado ao %GB ( $p = 0,005$ ) e ao %GP ( $p = 0,027$ ). O %GG foi superior ao %GT para prever valores elevados de CT ( $p = 0,029$ ) e LDL ( $p = 0,025$ ), e ao %GB para HOMA-IR elevado ( $p = 0,033$ ). O %GT foi superior ao %GP para prever a PA elevada ( $p = 0,043$ ), e ao %GP ( $p = <0,001$ ), e %GB ( $p = 0,041$ ) para HOMA-IR elevado. O %GC foi superior ao %GT para prever o LDL elevado ( $p = 0,025$ ) e ao %GP ( $p = 0,018$ ) e %GT ( $p = 0,003$ ) para CT elevado. Para as adolescentes, o %GP foi superior ao %GA na predição de CT. Para os meninos, o %GA foi melhor para prever quatro, dos seis fatores de risco avaliados. Estes resultados demonstram que a localização da gordura corporal pode influenciar mais as alterações no perfil lipídico, ácido úrico e pressão arterial, bem como na resistência à insulina, nos meninos do que nas meninas.

**Palavras-chave:** Adolescente; Estado nutricional; Adiposidade; Fatores de risco cardiometabólico; Índice de Massa Corporal; Absorciometria de Raios X.

## INTRODUÇÃO

Em todo o mundo tem sido observado aumento da prevalência da obesidade, especialmente nas últimas três décadas, atingindo todas as faixas etárias. É um problema de

saúde pública pois associa-se a diversas comorbidades; bem como por afetar a qualidade de vida <sup>(1,2)</sup>. Estudos mostram que a obesidade está associada a desfechos adversos à saúde, sendo importante fator de risco para o desenvolvimento de distúrbios metabólicos, como resistência à insulina, hipertensão arterial e síndrome metabólica, aumentando a morbimortalidade <sup>(3-5)</sup>. Entre os adolescentes a prevalência tem aumentado e os riscos dessa condição trazem consequências já nessa fase, bem como ao longo dos anos, com risco acumulado na vida adulta <sup>(6)</sup>.

Para além da obesidade, a distribuição da gordura corporal tem sido associada a piores desfechos metabólicos, pois nem toda gordura tem a mesma origem, assim como, dependendo da sua localização, apresenta diferentes propriedades e contribuições sobre as doenças metabólicas <sup>(7,8)</sup>. A gordura abdominal é mais relacionada às complicações metabólicas do que a corporal total e a localizada em regiões periféricas, como coxa e pernas, e a gordura visceral tende a ser mais deletéria metabolicamente do que a subcutânea. A gordura corporal periférica localizada na região inferior do corpo, como a do quadril e pernas está inversamente relacionada aos fatores de risco cardiometabólico, por apresentar baixa taxa de lipólise e menor absorção de ácidos graxos e fluxo sanguíneo, além de ser mais sensível à insulina <sup>(9,10)</sup>.

É importante pensar que a localização da gordura corporal varia de acordo com o sexo, principalmente pelos efeitos dos hormônios sexuais no tecido adiposo visceral, o que leva a diferentes associações da localização com os fatores de risco cardiometabólico entre homens e mulheres <sup>(11,12)</sup>. Ainda, ao longo da adolescência ocorrem mudanças metabólicas que promovem modificações na distribuição da gordura. Resta saber se a localização da gordura corporal irá afetar o desenvolvimento dos fatores de risco cardiometabólico nesses indivíduos.

Sendo assim, o objetivo deste estudo é investigar a influencia da localização da gordura corporal nos fatores de risco cardiometabólico em adolescentes, e qual localização da gordura corporal possui melhor desempenho em predizer alterações nos fatores de risco cardiometabólico.

## **METODOLOGIA**

### **Delineamento do Estudo**

Trata-se de um estudo realizado com dados secundários, resultantes de estudos transversais desenvolvidos no município de Viçosa-MG, por pesquisadores do Programa de Pós-graduação em Ciência da Nutrição da Universidade Federal de Viçosa, em 2010, 2014 e 2015.

## **Seleção Amostral**

A amostra foi composta por adolescentes de ambos os sexos, de 10 a 19 anos de idade, que residiam nas zonas urbana ou rural do município quando as coletas foram realizadas.

Para a seleção dos participantes, os bancos de dados foram conferidos e mesclados. Caso algum adolescente tivesse sido avaliado em mais de uma pesquisa, foram mantidos os dados da avaliação mais recente. Portanto, foram incluídos 801 adolescentes.

Realizou-se o cálculo do poder do estudo com auxílio do programa *OpenEpi*®, online ([www.OpenEpi.com](http://www.OpenEpi.com)), considerando como exposição o excesso de gordura corporal e como desfecho os níveis de HOMA-IR elevados, por ser o fator com maior prevalência de alteração no grupo exposto. O cálculo foi baseado nas frequências de alteração nos valores de HOMA-IR no grupo de adolescentes com excesso de gordura corporal (38,2%) e com percentual de gordura adequado (20,9%). Verificou-se poder igual a 100%.

## **Variáveis avaliadas**

### *Gordura corporal*

Para estimar a gordura corporal total, androide e ginoide, do tronco, dos braços e das pernas, foi utilizado o equipamento de absorptometria de raios-X de dupla energia (DXA) (*Lunar Prodigy Advance DXA System – analysis version: 13.31, GE Healthcare, Madison, WI, USA*), que é considerado padrão ouro para avaliação de composição corporal. O exame foi realizado no período da manhã, com os adolescentes em jejum de 12 horas e seguindo protocolo de avaliação<sup>(13)</sup>.

### *Parâmetros clínicos e bioquímicos*

A pressão arterial foi aferida de acordo com a preconização da Sociedade Brasileira de Cardiologia<sup>(14)</sup>. As análises bioquímicas foram realizadas em laboratório credenciado. Os indivíduos foram orientados a fazer 12 horas de jejum antes da coleta. As amostras foram colhidas por punção venosa, no período da manhã. Foram realizados exames de perfil lipídico, glicemia de jejum, insulina e ácido úrico. A resistência a insulina foi avaliada pelos índices HOMA – IR (*Homeostasis Model Assessment – Insulin Resistance*)<sup>15</sup>.

A prática de atividade física (AF) foi classificada segundo fatores preconizados pelo Instituto de Medicina<sup>(16)</sup>; o que permitiu categorizar os adolescentes como sedentários quando

não realizava nenhum tipo de AF; e ativos quando realizavam a educação física da escola e/ou outra atividade.

### **Análises estatísticas**

Os bancos de dados foram elaborados no software *Excel*. Realizou-se as análises estatísticas com o auxílio do *software R* versão 4.0.2, adotando nível de significância de 5%.

O teste de *Kolmogorov-Smirnov* <sup>(17)</sup> verificou a normalidade das variáveis, e o teste de *Mann-Whitney* comparou as variáveis quantitativas entre os sexos.

A análise de regressão linear bivariada foi efetuada a partir de modelos de regressão linear simples considerando cada fator de risco como variável desfecho e cada medida de gordura corporal como variável explicativa.

A regressão linear múltipla ajustada para idade e atividade física, foi realizada para prever a alteração em cada fator de risco, a partir das medidas de gordura corporal. Para a construção do modelo linear múltiplo utilizou-se, como critérios para a inclusão das variáveis, o valor  $p \leq 0,20$ , obtido na análise bivariada. No modelo final, por sua vez, utilizou-se o método *backward*, sendo que aquelas com menor significância (maior valor p) foram retiradas uma a uma do modelo. O procedimento foi repetido até que todas as variáveis presentes no modelo possuíssem significância ( $p < 0,05$ ).

A significância do modelo final foi avaliada pelo teste F da análise de variância e a qualidade do ajuste pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Os resíduos foram avaliados segundo as suposições de normalidade, homocedasticidade, linearidade e independência. Além disso, realizou-se a verificação de multicolinearidade entre as variáveis incluídas no modelo.

A análise de redes foi realizada para avaliar a relação entre as medidas de gordura corporal e os fatores de risco cardiometabólico. Os gráficos construídos a partir dessa análise permitem explorar visualmente as relações que ocorrem de forma simultânea entre as variáveis. Ainda, as medidas de centralidade (*betweenness*, *closeness* e *strength*) possibilitam demonstrar a importância de cada variável em cada gráfico (Material Suplementar 1) <sup>(18, 19)</sup>.

A capacidade das localizações de gordura corporal para prever alterações dos fatores de risco cardiometabólico foram estabelecidos por meio da construção de curvas ROC (*Receiver Operating Characteristic*) (Material Suplementar 2). Foram determinadas as áreas sob as curvas ROC (ASC) e os respectivos intervalos de confiança (IC95%), estratificados por sexo. Ainda, as curvas foram comparadas para definir as localizações de gordura que apresentam melhor desempenho em prever a alteração de cada fator de risco.

### Aspectos éticos

Todas as pesquisas, cujos bancos de dados foram incluídos nesse estudo, foram submetidas e aprovadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (CEP/UFV), quando foram realizadas; bem como no momento que houve a junção dos bancos de dados em 2018 (parecer nº 2.879.661).

Os participantes de todas as pesquisas, e seus responsáveis, no momento em que participaram do estudo, receberam orientações sobre os objetivos das mesmas e os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), em caso de adolescentes com 18 ou 19 anos, e de Assentimento (TA), para aqueles menores de 18 anos, quando os dados foram coletados. Foram incluídos apenas os adolescentes que entregaram os termos devidamente assinados. A participação dos adolescentes foi voluntária, dessa forma, eles poderiam abandonar as pesquisas a qualquer momento, sem nenhum prejuízo, e seus dados foram mantidos em sigilo. Todos os participantes receberam retorno das avaliações e, quando necessário, foram encaminhados a um serviço de saúde pré-definido

### RESULTADOS

Dos 801 adolescentes incluídos no estudo, 63,3% (n = 507) era do sexo feminino e a mediana de idade foi de 14,84 (10 a 19) anos. Um pouco mais da metade (50,3%; n = 403) estavam com excesso de gordura corporal. Ainda, do total de adolescentes, 31,6% (n = 253), 22,3% (n = 179) e 20,3% (n = 163), 32,8% (n = 263), apresentavam colesterol total, LDL, triglicérides e HOMA-IR elevados, respectivamente e, 30,7% (n = 246) tinham HDL baixo. Ademais, 4,1% (n = 33) estavam com a pressão arterial alterada e 62,7% (n = 502) não praticava atividade física.

As análises de regressão linear múltipla mostraram a influência da gordura corporal total e regional sobre os fatores de risco cardiometabólico nos adolescentes.

Para o sexo feminino, a cada aumento de 1% da gordura ginoide, aumenta 0,4053 mg/dL do CT, assim como o acréscimo de 1% na gordura total reduz cerca de 1,3992 mg/dL do LDL. O incremento de 1% na gordura androide, bem como na do tronco reduz 0,2490 mg/dL e aumenta 0,0013 mg/dL do HDL, respectivamente. Já, com relação a pressão arterial, a cada aumento de 1% da gordura androide, aumenta 0,2040 mmHg da sistólica e 0,1310 mmHG da diastólica. Ainda, a cada 1% de acréscimo da gordura androide, há redução de 0,0373 do

HOMA-IR e aumento de 0,0117 mg/dL do AU. Por fim, o aumento de 1% na gordura ginoide aumenta 0,0188 mg/dL do AU (Tabela 1).

**Tabela 1.** Associação da gordura corporal total e regional com fatores de risco cardiometabólico, em adolescentes do **sexo feminino**. Viçosa-MG, Brasil (n = 507).

Variáveis explicativas (%)	Coefficiente ( $\beta$ )	IC 95%	p*	R <sup>2</sup> ajustado	Teste F p
<b>LDL (mg/dL)</b>					
Gordura total	-1,3992	-2,53 – -0,26	0,016	0,0326	0,0004
<b>Colesterol Total (mg/dL)</b>					
Gordura ginoide	0,4053	0,1192 – 0,6915	0,006	0,155	0,0001
<b>Ácido Úrico (mg/dL)</b>					
Gordura ginoide	0,0188	0,0042 – 0,0334	0,011	0,1341	<0,0001
Gordura androide	0,0117	0,0001 – 0,0232	0,046		
<b>HDL (mg/dL)</b>					
Gordura androide	-0,2490	-0,3385 – -0,1594	<0,0001	0,0770	<0,0001
Gordura do tronco	0,0013	0,0006 – 0,0019	<0,0001		
<b>Pressão arterial sistólica (mmHg)</b>					
Gordura androide	0,2040	0,1306 – 0,2775	<0,0001	0,1367	<0,0001
<b>Pressão arterial diastólica (mmHg)</b>					
Gordura androide	0,1310	0,0711 – 0,1908	<0,0001	0,1180	<0,0001
<b>HOMA-IR</b>					
Gordura androide	-0,0373	-0,0298 – -0,0448	<0,0001	0,1989	<0,0001

\* Regressão Linear Múltipla.

Modelo ajustado por idade e atividade física.

Legenda: HDL: *High Density Lipoprotein*; HOMA-IR: *Homeostasis Model Assessment - Insulin Resistance*; LDL: *Low Density Lipoprotein*.

Nos adolescentes do sexo masculino, a cada aumento de 1% da gordura ginoide, ocorre aumento de 0,5891 mg/dL do CT e 0,4836 mg/dL do LDL. O incremento de 1% da gordura total e do tronco reduz 0,8037 mg/dL e 0,4554 mg/dL do HDL, respectivamente. O aumento de 1% na gordura total e nas pernas, apresenta acréscimo de 1,0909 mg/dL e redução de 1, do TG, respectivamente. O acréscimo de 1% da gordura total e do tronco aumenta 0,1738 mmHg e 0,3744 mmHg da PAS, respectivamente. Já em relação a PAD, o incremento de 1% da gordura total aumenta 0,1917 mmHg da PAD. Ainda, o aumento de 1% da gordura total, do tronco e das pernas, aumenta 0,0339, 0,0825 e 0,0453 do HOMA-IR, respectivamente. Ademais, o aumento de 1% na gordura do tronco e nas pernas, há incremento de 0,1009 e 0,0749 do ácido úrico, respectivamente (Tabela 2).

**Tabela 2.** Associação da gordura corporal total e regional com fatores de risco cardiometabólico, em adolescentes do **sexo masculino**. Viçosa-MG, Brasil (n = 294).

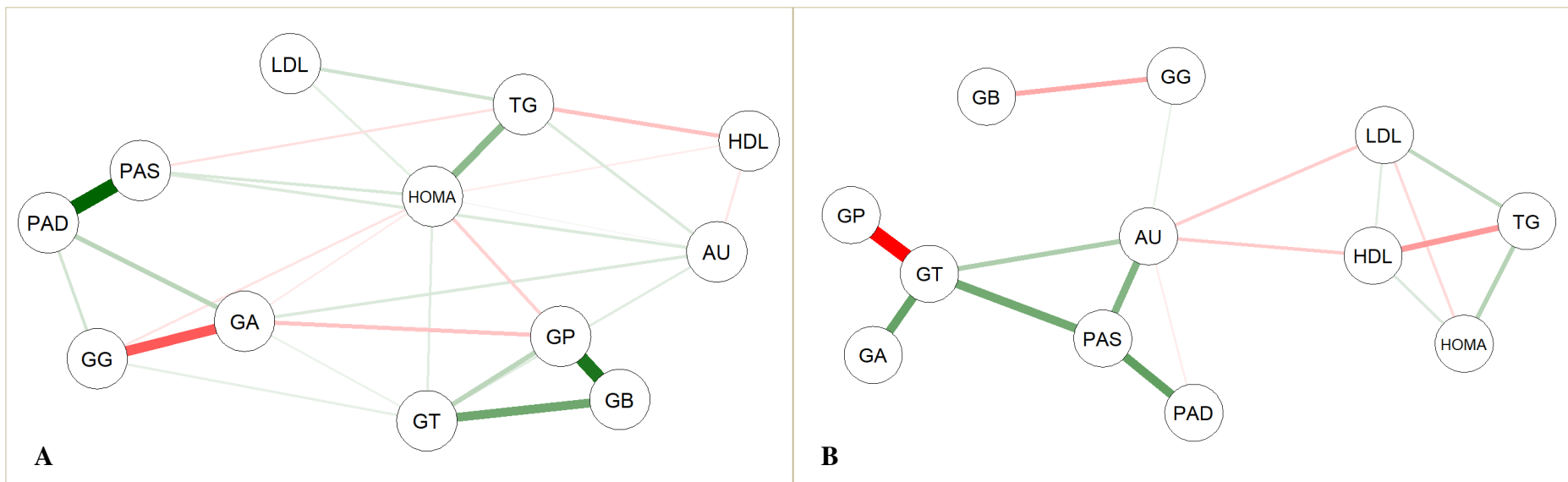
Variáveis explicativas (%)	Coefficiente ( $\beta$ )	IC 95%	p*	R <sup>2</sup> ajustado	Teste F P
<b>Colesterol Total (mg/dL)</b>					
Gordura ginoide	0,5891	0,3109 – 0,8673	<0,0001	0,1152	<0,0001
<b>Pressão arterial diastólica (mmHg)</b>					
Gordura total	0,1917	0,1037 – 0,2797	<0,0001	0,0743	<0,0001
<b>Pressão arterial sistólica (mmHg)</b>					
Gordura total	0,1738	0,2019 – 0,3274	0,027	0,4442	<0,0001
Gordura do tronco	0,3744	0,1438 – 0,6050	0,002		
<b>HDL (mg/dL)</b>					
Gordura total	-0,8037	-1,4751 – -0,1322	0,019	0,0648	0,0001
Gordura do tronco	-0,4554	-0,7131 – -0,1977	0,001		
<b>Triglicérides (mg/dL)</b>					
Gordura total	1,0909	0,6885 – 1,4933	<0,0001	0,1590	<0,0001
Gordura das pernas	-1,0381	-1,6681 – -0,4081	0,001		
<b>HOMA-IR</b>					
Gordura total	0,0339	0,0192 – 0,0486	<0,0001	0,2513	<0,0001
Gordura do tronco	0,0825	0,0400 – 0,1251	<0,0001		
Gordura das pernas	0,0453	0,0030 – 0,0876	0,036		
<b>Ácido Úrico (mg/dL)</b>					
Gordura do tronco	0,1009	0,0666 – 0,1353	<0,0001	0,4191	<0,0001
Gordura das pernas	0,0749	0,0398 – 0,1109	<0,0001		
<b>LDL (mg/dL)</b>					
Gordura ginoide	0,4836	0,2465 – 0,7206	<0,0001	0,0916	<0,0001

\* Regressão Linear Múltipla.

Modelo ajustado por idade e atividade física.

Legenda: HDL: *High Density Lipoprotein*; HOMA-IR: *Homeostasis Model Assessment - Insulin Resistance*; LDL: *Low Density Lipoprotein*.

Os gráficos de rede mostram as relações entre todas as medidas de gordura corporal e fatores de risco cardiometabólico simultaneamente, para cada sexo. As linhas verdes indicam relação positiva e as linhas vermelhas mostram relação negativa. Além disso, quanto maior a espessura e mais escura a cor da linha, mais forte é a relação entre as variáveis<sup>(18, 19)</sup>. Observa-se que, para as meninas, as variáveis de localização da gordura mais importantes para o modelo foram a ginoide, androide, das pernas, braços e do tronco, entre os fatores de risco, a PAS e PAD, o HOMA-IR e TG. Para os meninos, a gordura da perna, tronco, androide, PAS, PAD e AU foram as variáveis mais importantes para o modelo (Figura 1).



**Figura 1.** Gráfico de rede da relação entre as localizações de gordura corporal e fatores de risco cardiometabólico, no sexo feminino (A) e no masculino (B). Viçosa-MG, Brasil (n = 801).

Linhas verdes representam relações positivas e vermelhas, negativas.

Legenda: AU: Ácido Úrico; %GA: Gordura Androide; %GG: Gordura Ginoide; HDL: *High Density Lipoprotein*; HOMA-IR: *Homeostasis Model Assessment – Insulin Resistance*; LDL: *Low Density Lipoprotein*; %GB: Gordura do Braço; %GP: Gordura da Perna; %GT: Gordura do Tronco; PAS: Pressão Arterial Sistólica; PAD: Pressão Arterial Diastólica; TG: Triglicerídeos.

Na tabela 3 estão apresentados os valores de área sob a curva do percentual de cada região de gordura corporal, demonstrando a capacidade de cada uma em prever alteração nos fatores de risco cardiometabólico.

Além disso, as regiões de gordura corporal foram comparadas entre si para verificar qual apresenta melhor desempenho para prever alteração em cada fator de risco (Material Suplementar; Figuras 1 e 2).

Nessa comparação entre as regiões de gordura corporal, para o sexo feminino, o percentual de gordura das pernas (%GP) foi superior ao de gordura andróide (%GA) para prever colesterol total (CT) elevado ( $p = 0,026$ ). Para os demais fatores de risco não houve diferença entre as regiões de gordura (Tabela 3).

Para o sexo masculino, o %GA mostrou ser superior ao %GP e ao %GT ( $p = 0,025$  e  $p = 0,001$ , respectivamente) para prever o CT elevado; superior ao %GT para prever o LDL elevado ( $p = 0,004$ ); superior ao %GB para prever o TG elevado ( $p = 0,004$ ), e por fim, superior ao %GB e ao %GP ( $p = 0,005$  e  $p = 0,027$ , respectivamente), para prever o HOMA-IR elevado (Tabela 3). Por sua vez, o %GG foi superior ao %GT para prever valores elevados de CT ( $p = 0,029$ ) e LDL ( $p = 0,025$ ), e superior também ao %GB para prever o HOMA-IR elevado ( $p = 0,033$ ). Ainda, o %GT foi superior ao %GP para prever a PA elevada ( $p = 0,043$ ), e para prever valores elevados do HOMA-IR, foi superior o %GP ( $p = <0,001$ ), e o %GB ( $p = 0,041$ ). Por fim, o percentual de gordura total (%GC) foi superior ao %GT para prever o LDL elevado ( $p = 0,025$ ), e para prever valores elevados de CT, foi superior ao %GP ( $p = 0,018$ ) e ao %GT ( $p = 0,003$ ) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Capacidade das localizações de gordura corporal em predizer alterações nos fatores de risco cardiometabólico, em adolescentes. Viçosa-MG, Brasil, (n = 801).

<b>Sexo Feminino</b>						
	<b>CT ASC (IC95%)</b>	<b>LDL ASC (IC95%)</b>	<b>HDL ASC (IC95%)</b>	<b>TG ASC (IC95%)</b>	<b>PA ASC (IC95%)</b>	<b>HOMA-IR ASC (IC95%)</b>
<b>%GA</b>	0,564* (0,20 - 0,608)	0,5576* (0,532 - 0,620)	0,652* (0,609 - 0,694)	0,615* (0,572 - 0,658)	0,631* (0,587 - 0,673)	0,637* (0,593 - 0,679)
<b>%GG</b>	0,553 (0,508 - 0,596)	0,557 (0,512 - 0,601)	0,620* (0,576 - 0,662)	0,595* (0,551 - 0,638)	0,611 (0,567 - 0,653)	0,604* (0,560 - 0,647)
<b>%GB</b>	0,534 (0,490 - 0,578)	0,542 (0,498 - 0,586)	0,515 (0,470 - 0,559)	0,541 (0,496 - 0,585)	0,523 (0,478 - 0,567)	0,543 (0,498 - 0,587)
<b>%GP</b>	0,581* (0,537 - 0,624)	0,616* (0,572 - 0,658)	0,590* (0,546 - 0,633)	0,558 (0,513 - 0,601)	0,555 (0,511 - 0,599)	0,601* (0,556 - 0,643)
<b>%GT</b>	0,515 (0,471 - 0,559)	0,491 (0,446 - 0,535)	0,552 (0,508 - 0,596)	0,548 (0,503 - 0,592)	0,645* (0,601 - 0,687)	0,557* (0,513 - 0,601)
<b>%GC</b>	0,538 (0,494 - 0,583)	0,543 (0,499 - 0,587)	0,638* (0,595 - 0,680)	0,598 (0,554 - 0,641)	0,623* (0,579 - 0,665)	0,611* (0,567 - 0,653)
<b>Sexo Masculino</b>						
	<b>CT ASC (IC95%)</b>	<b>LDL ASC (IC95%)</b>	<b>HDL ASC (IC95%)</b>	<b>TG ASC (IC95%)</b>	<b>PA ASC (IC95%)</b>	<b>HOMA-IR ASC (IC95%)</b>
<b>%GA</b>	0,635* (0,577 - 0,690)	0,653* (0,595 - 0,707)	0,534 (0,475 - 0,592)	0,765* (0,721 - 0,812)	0,594 (0,535 - 0,650)	0,738* (0,684 - 0,788)
<b>%GG</b>	0,660* (0,603 - 0,714)	0,678* (0,621 - 0,731)	0,513 (0,454 - 0,571)	0,733* (0,679 - 0,783)	0,587 (0,529 - 0,644)	0,736* (0,682 - 0,786)
<b>%GB</b>	0,576* (0,518 - 0,634)	0,582* (0,524 - 0,639)	0,548 (0,490 - 0,606)	0,614* (0,556 - 0,670)	0,604 (0,546 - 0,660)	0,586* (0,528 - 0,643)
<b>%GP</b>	0,531 (0,472 - 0,589)	0,561 (0,502 - 0,618)	0,568* (0,509 - 0,625)	0,701* (0,645 - 0,753)	0,508 (0,450 - 0,567)	0,630* (0,572 - 0,685)
<b>%GT</b>	0,508 (0,449 - 0,566)	0,532 (0,473 - 0,590)	0,567 (0,508 - 0,625)	0,729* (0,674 - 0,779)	0,587 (0,528 - 0,644)	0,690* (0,634 - 0,742)
<b>%GC</b>	0,663* (0,606 - 0,717)	0,532 (0,473 - 0,590)	0,529 (0,470 - 0,587)	0,741* (0,687 - 0,790)	0,573 (0,514 - 0,630)	0,732* (0,677 - 0,781)

Curva ROC. \*p < 0,05.

Legenda: %GA: Gordura Androide; %GC: Gordura Corporal Total; %GG: Gordura Ginoide; HDL: *High Density Lipoprotein*; HOMA-IR: *Homeostasis Model Assessment – Insulin Resistance*; LDL: *Low Density Lipoprotein*; %GB: Gordura do Braço; %GP: Gordura da Perna; %GT: Gordura do Tronco; PAS: Pressão Arterial Sistólica; PAD: Pressão Arterial Diastólica; TG: Triglicerídeos.

## DISCUSSÃO

Este estudo mostrou que a localização da gordura corporal influencia a expressão dos fatores de risco cardiometabólico nos adolescentes de ambos os sexos. Nas meninas, o incremento de 1% de gordura ginoide foi capaz de aumentar o CT, LDL e ácido úrico, já o aumento de 1% da gordura androide provocou aumento no CT, PAS, PAD e no ácido úrico, e a redução de 1% da gordura nessa região androide levou também à redução do HDL e do HOMA-IR. Nos meninos, a influência da localização da gordura foi mais marcante, envolvendo três localizações, a saber: o aumento de 1% da gordura ginoide aumentou o CT, LDL e HDL,

o aumento de 1% da gordura do tronco aumentou a PAS, o HOMA-IR, o AU e reduziu o HDL, e por fim, o incremento de 1% da gordura nas pernas aumentou o HOMA-IR, o AU e reduziu o TG.

As primeiras investigações referentes ao tecido adiposo, este era considerado como um tecido homogêneo que respondia ao metabolismo de maneira semelhante ao longo do corpo, contudo, décadas de estudos mostraram que as respostas são diferentes de acordo com a localização em que esse tecido se encontra, levando a implicações clínicas distintas <sup>(20)</sup>. Apesar das muitas discussões sobre o assunto, ainda há escassez dessas pesquisas voltadas para os adolescentes.

A compreensão sobre a influência da localização da gordura corporal em adolescentes é importante para direcionar abordagens terapêuticas mais adequadas no combate a obesidade, especialmente ao se considerar a elevada prevalência dessa condição na adolescência, e seus riscos a médio e longo prazo para esses indivíduos <sup>(6)</sup>.

A literatura descreve que os depósitos de gordura apresentam diferentes funções biológicas de acordo com o local em que se concentram. Os locais que geralmente apresentam maior acúmulo de adiposidade são aqueles abaixo da pele, chamado de subcutâneo, e aqueles ao redor dos órgãos, chamado visceral <sup>(21-24)</sup>. O maior percentual de acúmulo da gordura no corpo tem sido de tecido adiposo subcutâneo, nas áreas abdominal e glúteo femoral, formando o padrão corporal conhecido como “ginoide”. O tecido visceral, por sua vez, localiza-se intra-abdômem, constituindo um padrão corporal chamado “androide” e é capaz de drenar seus componentes (como adipocinas e ácidos graxos livres) para a circulação portal, onde irá afetar todo o metabolismo <sup>(21, 25)</sup>. Assim, a atividade metabólica do tecido adiposo subcutâneo tem sido associada a piores valores de lipídios, insulina e proteína c-reativa, enquanto o tecido visceral está mais relacionado a desregulação na homeostase da glicose <sup>(23-25)</sup>.

Essas diferenças se devem a algumas características específicas, como diferença na gravidade da inflamação adiposa, armazenamento e renovação de lipídeos, secreção de adipocinas e ação endócrina. Nesse sentido, a adiposidade das regiões inferiores mostra ser menos suscetível a secreção aumentada de ácidos graxos livres, o que faz esse tecido ter menor lipotoxicidade que o localizado na região abdominal <sup>(26-29)</sup>.

É importante considerar também que o risco cardiometabólico difere em relação a localização da gordura corporal nas diferentes regiões anatômicas do corpo <sup>(30)</sup>. Em adultos o tecido adiposo localizado nas regiões periféricas, como coxa e pernas, que seria indicativo de uma forma corporal ginoide, não está associado ao risco de síndrome metabólica <sup>(9)</sup>.

Investigações voltadas para fisiologia mostraram que a gordura visceral, quando comparada à gordura ginóide localizada na parte inferior do corpo, apresenta maior resistência à insulina. Em virtude da maior expressão de beta-adrenoceptores nesse tecido, há maior suscetibilidade à lipólise promovida pelas catecolaminas, além de ter maior atividade lipolítica, que resulta em maior secreção de ácido graxos circulantes e de citocinas pró-inflamatórias. Acredita-se que o efeito considerado protetor, ou de menor risco de complicações advindo da gordura ginóide e da gordura das pernas, se devam à maior capacidade das mesmas em armazenar ácidos graxos livres e secretar adipocitocinas anti-inflamatórias. Ou seja, são capazes de atuarem como reservatório de gordura a fim de proteger outros locais do corpo da deposição de gordura ectópica, como por exemplo, fígado e músculo <sup>(31-34)</sup>.

Vasan e colaboradores <sup>(35)</sup> avaliaram a relação da adiposidade total e por região com fatores de risco cardiometabólico em 4.950 adultos de ambos os sexos do Reino Unido. Os autores verificaram que o acúmulo de gordura na região androide estava associado com risco aumentado de hipertrigliceridemia (homens: OR=5,01; IC95%: 3,25-7,69 e mulheres: OR=4,15; IC95%: 2,52-6,82), glicose em jejum alterada (homens: OR=1,93; IC95%: 1,30-2,88 e mulheres: OR=2,69; IC95%: 1,67-4,34), hipertensão (homens: OR=2,65; IC95%: 1,63-4,31 e mulheres: OR=2,38; IC95%: 1,37-4,16) e resistência à insulina (homens: OR=3,89; IC95%: 2,51-6,02 e mulheres: OR=3,43; IC95%: 2,27-5,18). Ainda, a gordura visceral se associou a hipertrigliceridemia (homens: OR=3,64; IC95%: 2,82-4,70 e mulheres: OR=3,57; IC95%: 2,67-4,78), glicose em jejum alterada (homens: OR=1,69; IC95%: 1,36-2,11 e mulheres: OR=2,39; IC95%: 1,83-3,13), hipertensão (homens: OR=2,49; IC95%: 1,88-3,31 e mulheres: OR=2,22; IC95%: 1,63-3,02) e resistência à insulina (homens: OR=2,36; IC95%: 1,83-3,02 e mulheres: OR=2,84; IC95%: 2,24-3,60). Em contraste, observaram que a adiposidade ginoide e da perna teve menor probabilidade de alterar os fatores de risco cardiometabólico, com todos os valores de *odds ratio* menores que 1.

Revisão da literatura <sup>(33)</sup>, que incluiu 21 estudos realizados com adultos de ambos os sexos, mostrou que a gordura gluteofemoral, medida pelo perímetro da coxa, do quadril ou massa de tecido adiposo da perna, pode ter efeitos protetores em relação a fatores de risco cardiometabólico. Visto que esteve associada a valores mais baixos de LDL, triglicérides, pressão arterial, glicemia de jejum, insulina e maior HDL. Uma possível explicação para esse fato é que as regiões do quadril e da perna funcionam como um armazenamento para a gordura subcutânea em excesso, de forma a proteger os outros tecidos da exposição excessiva da adiposidade <sup>(33)</sup>.

Ressalta-se que em adolescentes a relação entre a localização da gordura corporal e o risco cardiometabólico ainda é incerto. Nessa fase da adolescência ocorrem mudanças na distribuição de gordura, principalmente durante a puberdade <sup>(36)</sup>. Nesse contexto, estudos mostram que a gordura corporal total e a localizada em diferentes regiões predizem fatores de risco cardiometabólico de forma semelhante na infância e adolescência <sup>(37-39)</sup>, contudo, estudos mostram que a gordura androide pode ser um indicador importante de risco cardiometabólico também nessas faixas etárias <sup>(32, 40)</sup>.

Apresentamos neste estudo as localizações de gordura, mostrando que a adiposidade de algumas regiões do corpo interferiu mais que outras. Nos fatores de risco cardiometabólico, em ambos os sexos, sendo mais expressivo no sexo masculino, o qual apresentou maior número de comparações. Para as meninas, apenas o %GP foi superior ao %GA para prever o CT elevado. Já, para os meninos, o %GA, quando comparado ao %GP, %GT, e %GB, apresentou maior capacidade em prever valores aumentados de diferentes fatores, como CT, LDL, TG, PA e HOMA-ir, elevados. O %GG também foi superior ao %GT e ao %GB para prever valores elevados de CT, LDL, e HOMA-IR. Por fim, o %GT foi superior ao %GP e ao %GB para prever PA e HOMA-IR elevados. Estes resultados demonstram que há diferenças na forma como a localização da gordura corporal se comporta em adolescentes dependendo do sexo.

Assim, se faz importante considerar as diferenças da composição corporal entre os sexos. De acordo com Zore et al. <sup>(41)</sup>, em seu estudo de revisão sistemática, o cromossomo sexual pode ter papel no desenvolvimento dos fatores cardiometabólicos, e os hormônios gonadais forte influência no armazenamento de gordura, e o risco de doenças cardiovasculares e diabetes tipo 2 entre homens e mulheres.

Ressalta-se, ainda, que as curvas ROC mostraram diferença entre o %GP e %GA em relação a predição de CT elevado, no sexo feminino. O que mostra que a adiposidade em excesso em meninas prediz alterações nos demais fatores de risco avaliados, independente da localização. Ao contrário dos meninos, em que se verificou que houve diferenças no desempenho em prever alterações nos fatores de risco, dependendo da região da gordura. Isso pode ser devido ao aumento fisiológico de gordura nessa faixa etária, que ocorre de forma mais intensa no sexo feminino, enquanto os meninos apresentam maior ganho de massa muscular <sup>(42, 43)</sup>.

Deve-se considerar que as medidas regionais de gordura corporal podem apresentar relações diferentes dependendo do grau de adiposidade total <sup>(44, 45)</sup>. Hetherington-Rauth e colaboradores <sup>(46)</sup> avaliaram 239 crianças e adolescentes de 9 a 12 anos de idade do Arizona e

constatarem que as medidas de gordura corporal total, ginoide, androide, do tronco e das pernas se relacionaram de forma semelhante a fatores de risco cardiometabólico (Insulina, HOMA-IR, triglicérides, HDL e LDL). Ainda, após ajuste para o %GC total, o %GA, tronco e pernas permaneceram preditores de insulina de jejum alterada, HOMA-IR, TG e HDL, enquanto o %GC ginoide permaneceu um preditor de insulina de jejum e HOMA-IR alterada. Entretanto, a correlação %GC total com a insulina de jejum e o HOMA-IR foi maior do que as correlações das medidas regionais. Por fim, %GG e das pernas apresentaram correlação negativa com HOMA-IR, insulina de jejum, TG e LDL, e positiva com HDL. Todas as outras medidas de adiposidade foram positivamente correlacionadas com cada fator de risco, exceto para HDL, o qual foi negativamente correlacionado.

Diante desse contexto, torna-se necessário entender como a localização da gordura corporal interfere no desenvolvimento de fatores de risco cardiometabólicos em adolescentes, a fim de avaliar o desenvolvimento e o impacto das doenças metabólicas, nesses indivíduos. Embora essa avaliação seja de extrema importância, a literatura não apresenta estudos suficientes que tratam da localização de gordura em adolescentes, o que é preocupante considerando a crescente prevalência de obesidade nesse público e, sobretudo, a possibilidade de sua manutenção ou agravamento na vida adulta.

O estudo apresenta algumas limitações como o uso de banco de dados secundários, que impossibilita a checagem ou substituição de dados perdidos, o que levou à não inclusão de alguns indivíduos e redução da amostra total, por dados faltantes. Além disso, foram avaliados adolescentes de um único município.

No entanto, ressalta-se que este trabalho foi realizado com um número amostral expressivo e compreende adolescentes de todas as fases, abrangendo toda a faixa etária de 10 a 19 anos e de ambos os sexos. Ainda, utilizou-se um método considerado padrão ouro na avaliação da composição corporal (DEXA). Ademais, não há muitos estudos na literatura que avaliem a localização da gordura corporal em adolescentes, assim, este estudo torna-se importante, pois se estabelece como precedente para pesquisas futuras relacionadas a este tema.

## **CONCLUSÃO**

O aumento na gordura corporal leva ao desenvolvimento de alterações no perfil lipídico, na pressão arterial e ácido úrico, além de resistência à insulina. É importante destacar que para os adolescentes, apenas o percentual de gordura da perna se mostrou superior ao percentual de

gordura androide na predição de colesterol total elevado. Enquanto que para os meninos, o percentual de gordura androide apresentou melhor desempenho para predizer quatro, dos seis fatores de risco cardiometabólico avaliados. Estes resultados demonstram que a localização da gordura corporal pode influenciar mais as alterações no perfil lipídico, ácido úrico e pressão arterial nos meninos do que nas meninas.

Enfim, esta pesquisa mostra a necessidade de mais estudos que investiguem como a localização de gordura corporal influencia na presença de fatores de risco cardiometabólico na adolescência, especialmente estudos longitudinais, para que se obtenha resultados que possibilitarão melhor avaliação dessa população por parte dos profissionais da saúde, a fim de se alcançar um diagnóstico mais completo, buscando sempre a melhora da saúde e qualidade de vida dos adolescentes.

**Agradecimentos:** Ao Programa de Pós-graduação em Ciência da Nutrição; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - Minas Gerais (FAPEMIG), e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pela concessão da bolsa de Doutorado, o que possibilita a dedicação integral à pesquisa.

**Conflito de interesse:** Nenhum

Autoria: NSM participou da formulação da questão de pesquisa, delineamento do estudo, realização do estudo, análise dos dados, interpretação dos achados e redação do artigo. ARFR participou da interpretação dos achados e revisão do artigo. FMA participou da análise dos dados, interpretação dos achados e revisão do artigo. DCM participou da formulação da questão de pesquisa e revisão do artigo. VSSG participou da formulação da questão de pesquisa e revisão do artigo. SCCF participou da formulação da questão de pesquisa e revisão do artigo. SEP participou da formulação da questão, delineamento do estudo, revisão do artigo de todas as etapas da pesquisa

## **REFERÊNCIAS**

1. James WPT. (2008) The epidemiology of obesity: the size of the problem. *J Intern Med* 263(4):336-352.

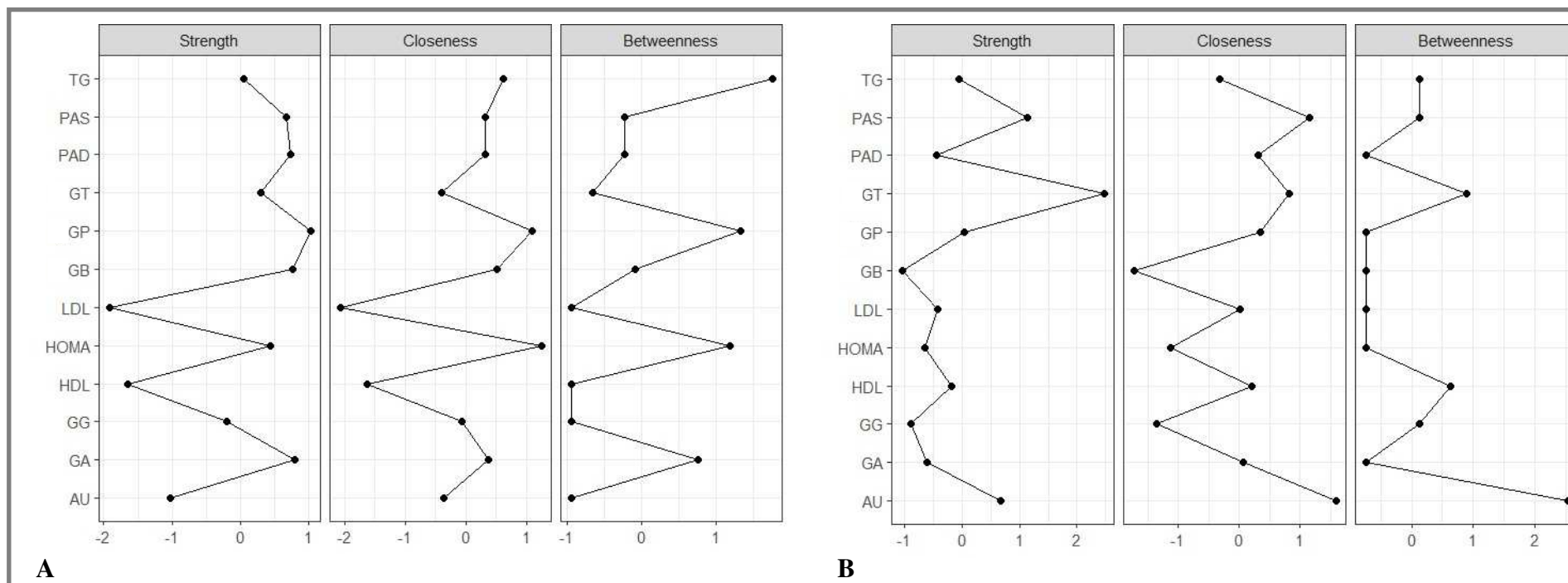
2. Stevens GA, Singh GM, Lu Y, et al. (2012) National, regional, and global trends in adult overweight and obesity prevalences. *Population health metrics* 10(1):22.
3. Lim SS, Vos T, Flaxman AD, et al. (2012) A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet* 380(9859):2224–60.
4. Drozd D, Alvarez-Pitti J, Wójcik M, et al. (2021) Obesity and cardiometabolic risk factoris: from childhood to adulthood. *Nutrients* 13(11).
5. Bakhtiyari M, Kazemian E, Kabir K, et al. (2022) Contribution of obesity adn cardiometabolic risk factors in developing cardiovascular disease: a population-based cohort study. *Scientific Reports* 12(1544).
6. Juonala M, Magnussen CG, Berenson GS, et al. (2011) Childhood adiposity, adult adiposity, and cardiovascular risk factors. *New England Journal of Medicine* 365:1876-1885.
7. Usui C, Asak M, Kawano H, et al. (2010) Visceral fat is a strong predictor of insulin resistance regardless of cardiorespiratory fitness in non-diabetic people. *Journal of nutritional science and vitaminology* 56, 109–116.
8. Shen W, Punyanitya M, Chen J, et al. (2006) Waist Circumference Correlates with Metabolic Syndrome Indicators Better Than Percentage Fat. *Obesity (Silver Spring, Md.)* 14, 727–736.
9. Park SY, Kwon KY, Kim JH, et al (2014). Association between appendicular fat mass and metabolic risk factors. *Korean J Fam Med*, 35, 182–189.
10. Oliveira BBR, Coelho CG, Barreto SM, et al. (2022) Body fat distribution and its risk for cardiovascular events in 10 years: Brazilian Longitudinal Study of Adult Health (ELSA-Brasil). *Cad. Saúde Pública* 38(2).
11. Blaak, E. (2001) Gender differences in fat metabolismo. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 4(6):499-502.
12. Palmer BF, Clegg DJ. (2015) The sexual dimorphism of obesity. *Molecular and Cellular Endocrinology* 402:113-119.
13. Barbosa KBF. Métodos para avaliação do consumo alimentar e sua relação com marcadores de risco para a síndrome metabólica em adolescentes do sexo. (Dissertação de Mestrado). 2006. 246 f. Universidade Federal de Viçosa, 2006.
14. Barroso WKS, Rodrigues CIS, Bortolotto LA, et al. (2021) Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial – 2020. *Arq Bras Cardiol* 116(3):516-658.

15. Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor BA, Treacher DF, Turner RC. Homeostasis model assessment: insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*. 1985;28:412-19.
16. Institute of Medicine. (2002) *Dietary Reference Intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids*. DC: The National Academy Press: Washington.
17. Mishra P, Pandey CM, Singh U, et al. (2019) Descriptive statistics and normality tests for statistical data. *Ann Card Anaesth* 22(1):67-72.
18. Hevey D. (2018) Network analysis: a brief overview and tutorial. *Health Psychology and Behavioral Medicine* 6(1):301-328.
19. Leme DEC, Alves EVC, Lemos VCO, et al. (2020) Análise de redes: uma abordagem de estatística multivariada para pesquisas em ciências da saúde. *Geriatr Gerontol Aging* 14(1): 43-51.
20. Frank AP, Santos RS, Palmer BF, et al. (2019) Determinants of body fat distribution in humans may provide insight about obesity-related health risks. *Journal of Lipid Research*. 60(10): 1710-1719.
21. Pischon TH, Boeing K, Hoffmann M. et al. (2008) General and abdominal adiposity and risk of death in Europe. *N. Engl. J. Med.* 359: 2105–2120. 12.
22. Zong GZ, Zhang Q, Yang H, et al. (2016) Total and regional adiposity measured by dual-energy X-ray absorptiometry and mortality in NHANES 1999–2006. *Obesity (Silver Spring)*. 24: 2414–2421. 13.
23. Gesta S, Tseng YH, Kahn CR. (2007) Developmental origin of fat: tracking obesity to its source. *Cell*. 131: 242–256.
24. Ibrahim MM. (2010) Subcutaneous and visceral adipose tissue: structural and functional differences. *Obes. Rev.* 11: 11–18.
25. Karastergiou K, Smith SR, Greenberg AS, et al. (2012) Sex differences in human adipose tissues - the biology of pear shape. *Biol. Sex Differ.* 3: 13
26. Karpe F, Pinnick KE. (2015) Biology of upper-body and lower-body adipose tissue: link to whole-body phenotypes. *Nat Rev Endocrinol* 11:90-100.
27. Tchkonja T, Thomou T, Zhu Y, et al. (2013) Mechanisms and metabolic implications of regional differences among fat depots. *Cell Metab* 17:644-56.

28. Lotta LA, Wittemans LBL, Zuber V, et al (2018). Association of genetic variants related to gluteofemoral vs abdominal fat distribution with type 2 diabetes, coronary disease, and cardiovascular risk factors. *JAMA* 320:2553-63.
29. Lüscher TF. (2019) Novel insights into body fat distribution and cardiometabolic risk. *Eur Heart J* 40:2833-6.
30. Piché M-E, Poirier P, Lemieux I, et al. (2018) Overview of Epidemiology and Contribution of Obesity and Body Fat Distribution to Cardiovascular Disease: An Update. *Progress in Cardiovascular Diseases* 61:103-113.
31. Snijder MB, Dekker JM, Visser M, et al. (2004) Trunk fat and leg fat have independent and opposite associations with fasting and postload glucose levels: the Hoorn study. *Diabetes Care* 27:372–377.
32. Aucouturier J, Meyer M, Thivel D, et al. (2009) Effect of android to gynoid fat ratio on insulin resistance in obese youth. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, 163, 826–831.
33. Manolopoulos KN, Karpe F, Frayn KN. (2010) Gluteofemoral body fat as a determinant of metabolic health. *International Journal of Obesity* 34: 949-959.
34. Després J-P. (2012) Body fat distribution and risk of cardiovascular disease: an update. *Circulation* 126(10):1301-13.
35. Vasan SK, Osmond C, Canoy D, et al. (2018) Comparison of regional fat measurements by dual-energy X-ray absorptiometry and conventional anthropometry and their association with markers of diabetes and cardiovascular disease risk. *International Journal of Obesity* 42:850-857.
36. Staiano AE, Katzmarzyk PT. (2012) Ethnic and sex differences in body fat and visceral and subcutaneous adiposity in children and adolescents. *International Journal of Obesity* 36(10):1261-9.
37. Cruz ML, Bergman RN, Goran M. (2002) Unique effect of visceral fat on insulin sensitivity in obese Hispanic children with a family history of type 2 diabetes. *Diabetes Care* 25(9):1631-6.
38. Tershakovec AM. (2003) Body composition and metabolic factors in obese children and adolescents. *International journal of obesity and related metabolic disorders* 27(1):19-24.
39. Aristizabal JC, Barona J, Hoyos M, et al. (2015) Association between anthropometric indices and cardiometabolic risk factors in pre-school children. *BMC Pediatr* 15(170).

40. Samsell L, Regier M, Walton C, et al. (2014) Importance of android/gynoid fat ratio in predicting metabolic and cardiovascular disease risk in normal weight as well as overweight and obese children. *Journal of Obesity*.
41. Zore T, Palafox M, Reue K. (2018) Sex differences in obesity, lipid metabolism, and inflammation - a role for the sex chromosomes? *Mol Metab* 15:35-44.
42. Campagna VN, Souza ASL. (2006) Corpo e imagem corporal no início da adolescência feminina. *Bol. Psicol* 56:9-35.
43. Miranda VPN, Faria FR, Faria ER, et al. (2014) Maturação somática e composição corporal em adolescentes eutrófios do sexo feminino com ou sem adequação da gordura corporal. *Rev. Paul. Pediatr* 32(1):78-84.
44. Caprio S, Hyman LD, McCarthy S, et al. (1996) Fat distribution and cardiovascular risk factors in obese adolescent girls: importance of the intraabdominal fat depot. *The American Journal of Clinical Nutrition* 64(1).
45. Ball GDC, McCargar LJ. (2003) Childhood obesity in Canada: a review of prevalence estimates and risk factors for cardiovascular diseases and type 2 diabetes. *Canadian journal of applied physiology* 28(1):117-140.
46. Hetherington-Rauth M, Bea JW, Lee VR, et al. (2018) Relationship between fat distribution and cardiometabolic risk in Hispanic girls. *Am J Hum Biol* 30(5).

## Material Suplementar 1

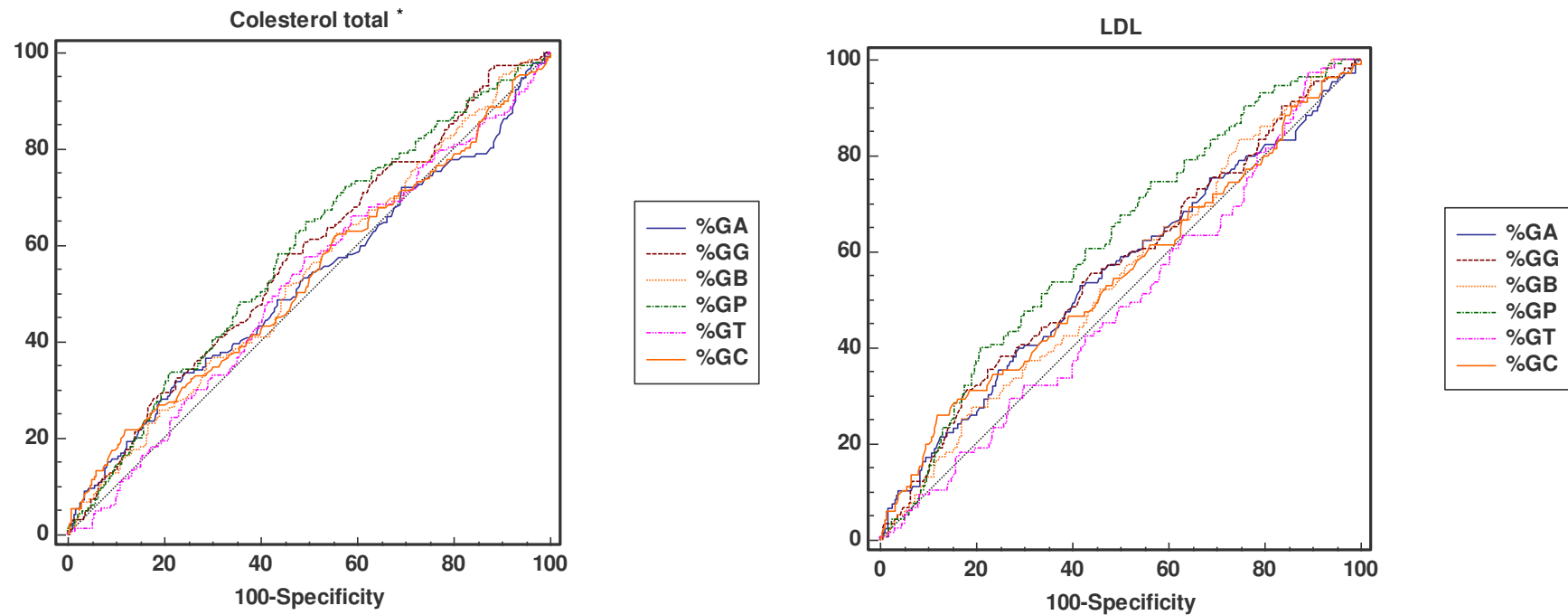


**Figura 1.** Gráficos de centralidade referentes às análises de rede da relação entre as medidas de gordura corporal e fatores de risco cardiometabólico, para os sexos feminino (A) e masculino (B). Viçosa-MG, Brasil, 2010 a 2015 (n = 801).

*Strength* (força): “Deriva da soma de todos os caminhos que conectam um nodo aos demais e baseia-se na média dos pesos das correlações, sendo o índice de centralidade mais importante”<sup>(19; p. 47)</sup>; *Closeness* (proximidade): “Uma medida obtida pelo inverso da distância de um nodo com todos os demais da rede, ou seja, o quão próximo o nodo está dos demais e quão central ele é”<sup>(19; p. 47)</sup>; *Betweenness* (grau de conectividade): “Representa o número de vezes que um nodo faz parte do caminho mais curto entre todos os pares de nodos conectados da rede”<sup>(19; p. 47)</sup>.

Legenda: AU: Ácido Úrico; %GA: Gordura Androide; %GG: Gordura Ginoide; HDL: *High Density Lipoprotein*; HOMA-IR: *Homeostasis Model Assessment – Insulin Resistance*; LDL: *Low Density Lipoprotein*; %GB: Gordura do Braço; %GP: Gordura da Perna; %GT: Gordura do Tronco; PAS: Pressão Arterial Sistólica; PAD: Pressão Arterial Diastólica; TG: Triglicerídeos.

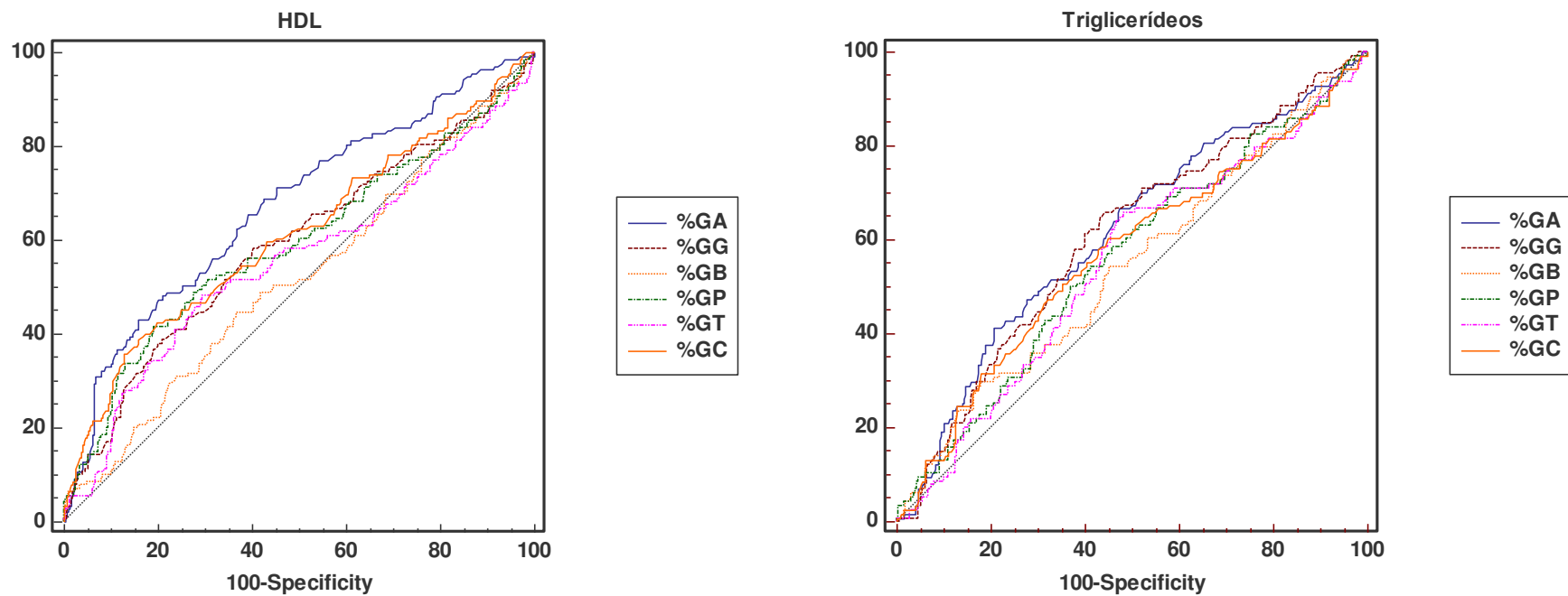
## Material Suplementar 2



**Figura 1.** Comparação da capacidade das localizações de gordura corporal para prever as alterações nos fatores de risco cardiometabólico, no sexo feminino. Viçosa-MG, Brasil (n = 507). Continua.

Legenda: GA: Gordura Androide; GC: Gordura Total GG: Gordura Ginoide; HDL: *High Density Lipoprotein*; HOMA-IR: *Homeostasis Model Assessment – Insulin Resistance*; LDL: *Low Density Lipoprotein*; GB: Gordura do Braço; GP: Gordura da Perna; GT: Gordura do Tronco.

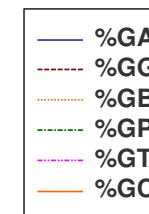
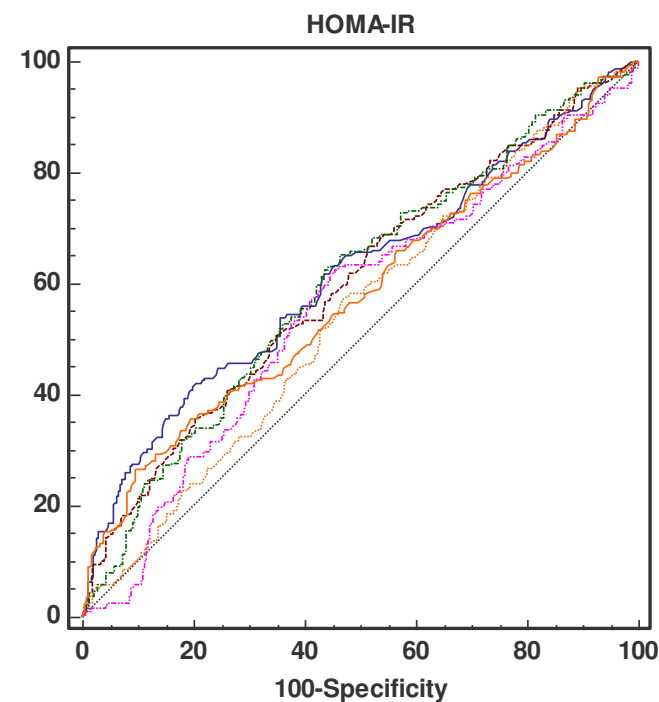
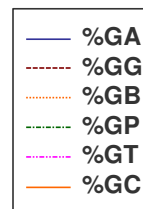
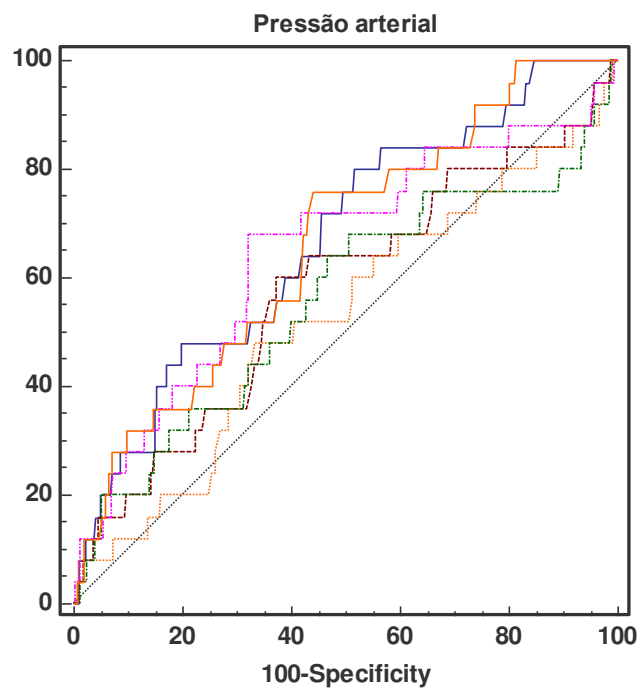
\* %GP > %GA; p = 0,026.



**Figura 1.** Comparação da capacidade das localizações de gordura corporal para prever as alterações nos fatores de risco cardiometabólico, no sexo feminino. Viçosa-MG, Brasil (n = 507). Continuação.

Legenda: GA: Gordura Androide; GC: Gordura Total GG: Gordura Ginoide; HDL: *High Density Lipoprotein*; HOMA-IR: *Homeostasis Model Assessment – Insulin Resistance*; LDL: *Low Density Lipoprotein*; GB: Gordura do Braço; GP: Gordura da Perna; GT: Gordura do Tronco.

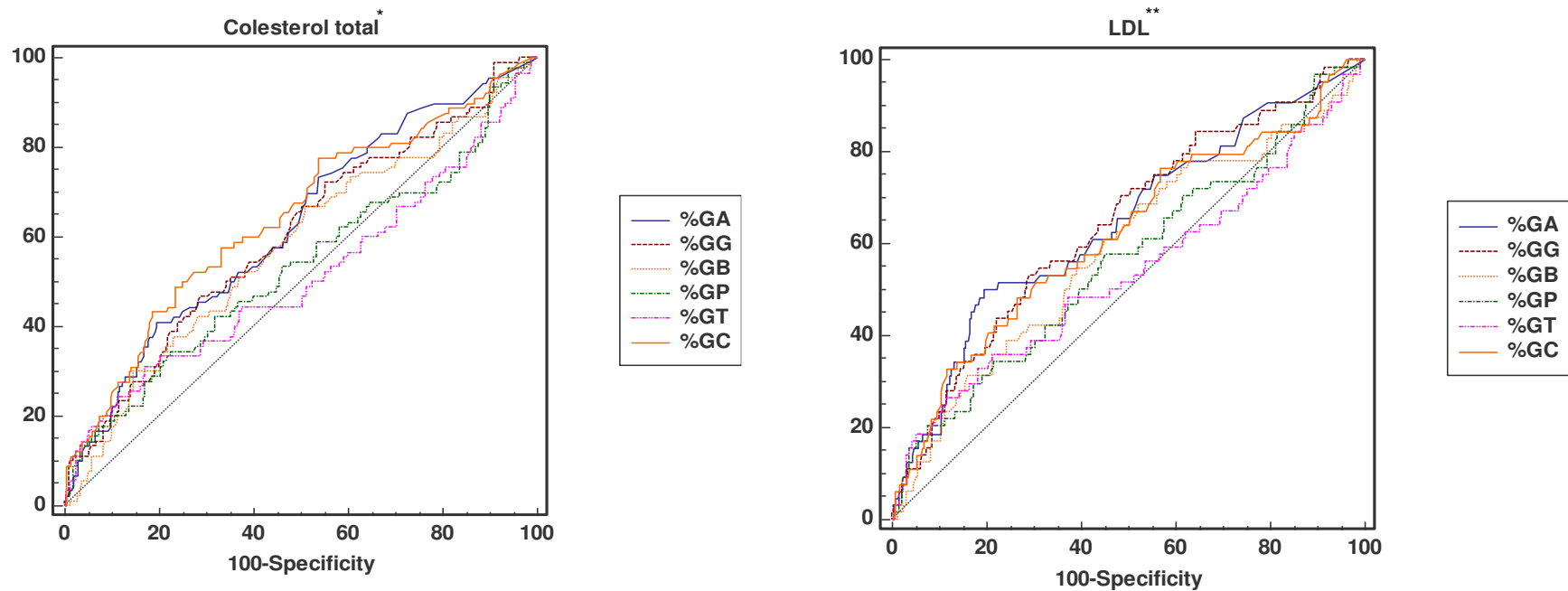
\* %GP > %GA; p = 0,026.



**Figura 1.** Comparação da capacidade das localizações de gordura corporal para prever as alterações nos fatores de risco cardiometabólico, no sexo feminino. Viçosa-MG, Brasil (n = 507). Continuação.

Legenda: GA: Gordura Androide; GC: Gordura Total GG: Gordura Ginoide; HDL: *High Density Lipoprotein*; HOMA-IR: *Homeostasis Model Assessment – Insulin Resistance*; LDL: *Low Density Lipoprotein*; GB: Gordura do Braço; GP: Gordura da Perna; GT: Gordura do Tronco.

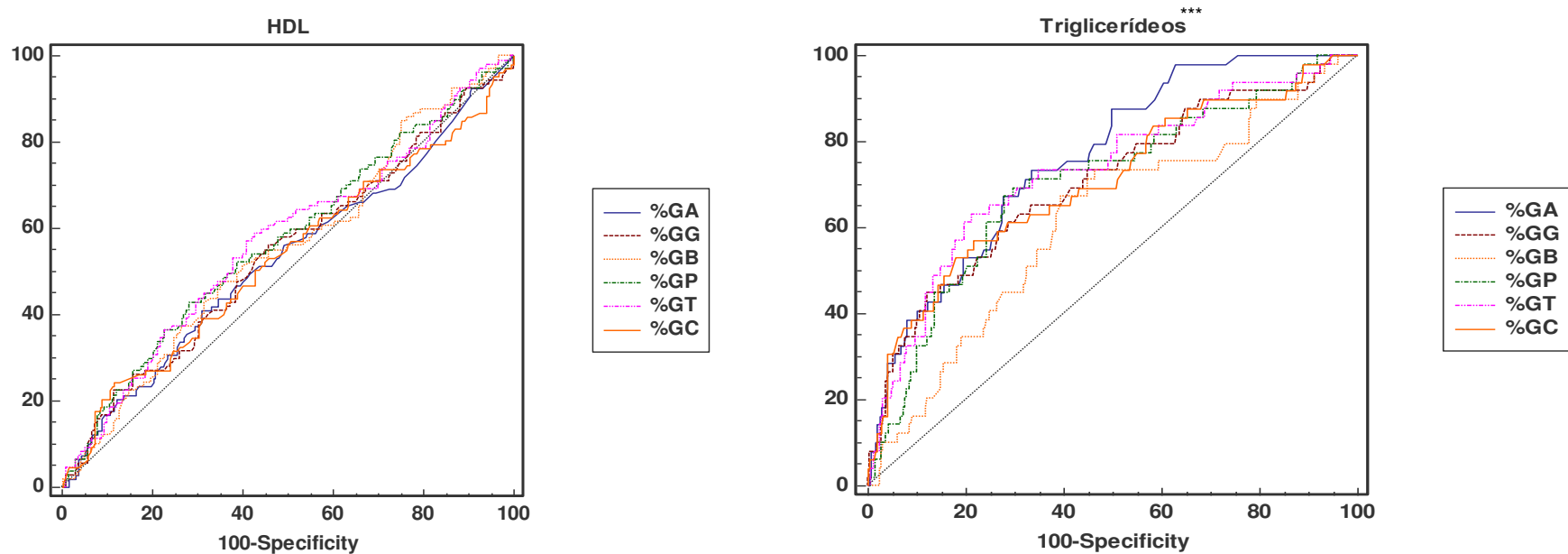
\* %GP > %GA; p = 0,026.



**Figura 2.** Comparação da capacidade das localizações de gordura corporal para prever as alterações nos fatores de risco cardiometabólico, no sexo masculino. Viçosa-MG, Brasil (n = 294). Continua.

Legenda: GA: Gordura Androide; GC: Gordura Total GG: Gordura Ginoide; HDL: *High Density Lipoprotein*; HOMA-IR: *Homeostasis Model Assessment – Insulin Resistance*; LDL: *Low Density Lipoprotein*; GB: Gordura do Braço; GP: Gordura da Perna; GT: Gordura do Tronco.

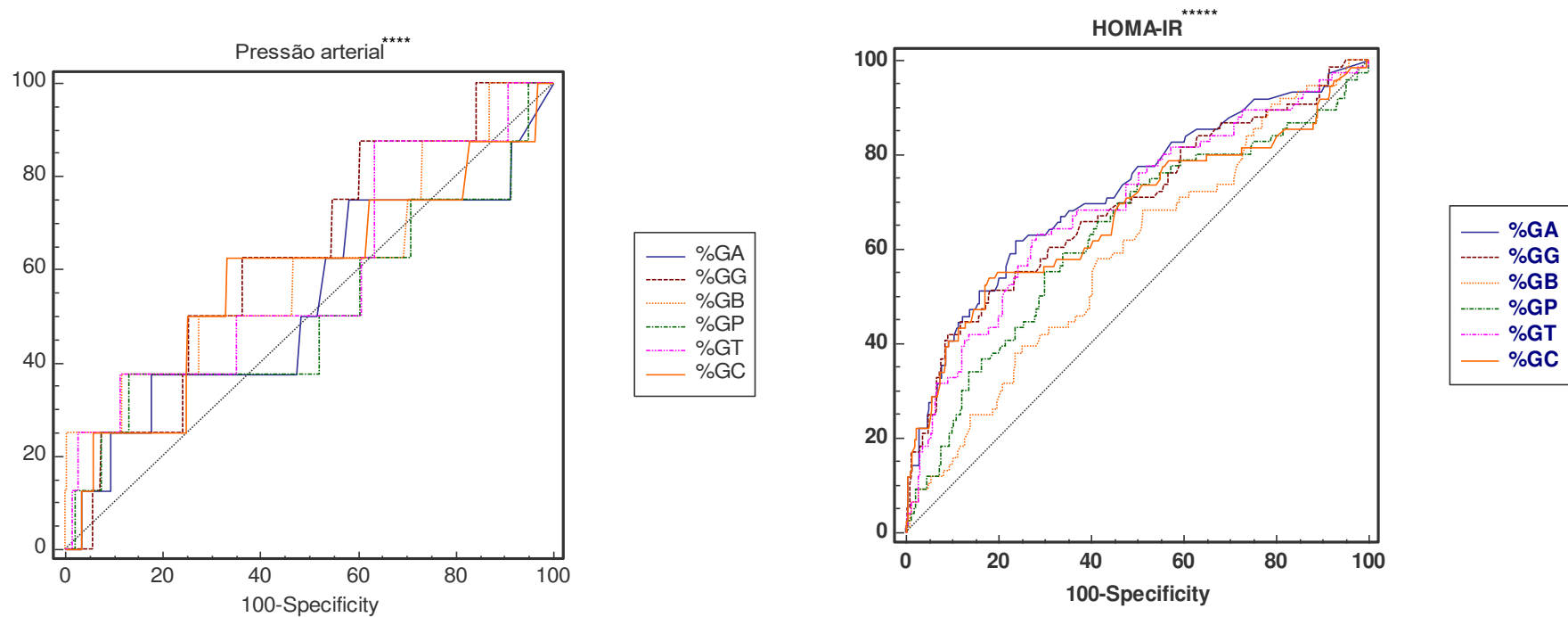
\* %GA > %GP: p = 0,025; GA > GT; p = 0,001; GG > GT; p = 0,029; GC > GP; p = 0,018; GC > GT; p = 0,003. \*\* %GA > %GT: p = 0,004; GG > GT; p = 0,025. \*\*\* %GA > %GB: p = 0,007. \*\*\*\* %GT > %GP: p = 0,043. \*\*\*\*\* %GA > %GB: p = 0,005; GA > GP; p = 0,027; GG > GB; p = 0,033; GT > GB; p = 0,041; GT > GP; p = <0,001.



**Figura 2.** Comparação da capacidade das localizações de gordura corporal para prever as alterações nos fatores de risco cardiometabólico, no sexo masculino. Viçosa-MG, Brasil (n = 294). Continuação.

Legenda: GA: Gordura Androide; GC: Gordura Total GG: Gordura Ginoide; HDL: *High Density Lipoprotein*; HOMA-IR: *Homeostasis Model Assessment – Insulin Resistance*; LDL: *Low Density Lipoprotein*; GB: Gordura do Braço; GP: Gordura da Perna; GT: Gordura do Tronco.

\* %GA > %GP: p = 0,025; GA > GT; p = 0,001; GG > GT; p = 0,029; GC > GP; p = 0,018; GC > GT; p = 0,003. \*\* %GA > %GT: p = 0,004; GG > GT; p = 0,025. \*\*\* %GA > %GB: p = 0,007. \*\*\*\* %GT > %GP: p = 0,043. \*\*\*\*\* %GA > %GB: p = 0,005; GA > GP; p = 0,027; GG > GB; p = 0,033; GT > GB; p = 0,041; GT > GP; p = <0,001.



**Figura 2.** Comparação da capacidade das localizações de gordura corporal para prever as alterações nos fatores de risco cardiometabólico, no sexo masculino. Viçosa-MG, Brasil (n = 294). Continuação.

Legenda: GA: Gordura Androide; GC: Gordura Total GG: Gordura Ginoide; HDL: *High Density Lipoprotein*; HOMA-IR: *Homeostasis Model Assessment – Insulin Resistance*; LDL: *Low Density Lipoprotein*; GB: Gordura do Braço; GP: Gordura da Perna; GT: Gordura do Tronco.

\* %GA > %GP: p = 0,025; GA > GT; p = 0,001; GG > GT; p = 0,029; GC > GP; p = 0,018; GC > GT; p = 0,003. \*\* %GA > %GT: p = 0,004; GG > GT; p = 0,025. \*\*\* %GA > %GB: p = 0,007. \*\*\*\* %GT > %GP: p = 0,043. \*\*\*\*\* %GA > %GB: p = 0,005; GA > GP; p = 0,027; GG > GB; p = 0,033; GT > GB; p = 0,041; GT > GP; p = <0,001.

## 5. CONCLUSÕES

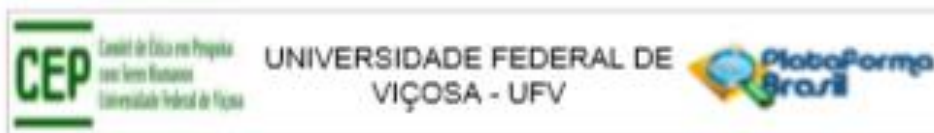
A importância de se examinar a adiposidade corporal tem sido cada vez mais discutida pois, apesar do IMC ser um método fácil e amplamente utilizado, não é capaz de fornecer uma avaliação completa do estado nutricional. Assim, avaliar a gordura corporal permite prever melhor os fatores de risco para doenças cardiometabólicas já em idades precoces, como na adolescência.

Os achados deste estudo confirmaram a importância da avaliação da gordura corporal em adolescentes, mostrando que em excesso a adiposidade corporal promove aumento do colesterol total, LDL, triglicerídeos, ácido úrico e pressão arterial, além de redução do HDL, independente do sexo. Ainda, os resultados aqui apresentados mostraram que para além do percentual de gordura corporal, a sua localização tem importante influência sobre os fatores de risco, especialmente no sexo masculino, pois altera o perfil lipídico, o ácido úrico e a pressão arterial, mais do que no sexo feminino, nessa faixa etária estudada.

Frente a isso, compreende-se a necessidade de se realizar, já nessa fase da vida, avaliação e o acompanhamento do estado nutricional, e não apenas com avaliação do IMC, mas da gordura corporal, para que se identifique adolescentes com risco cardiometabólico, e para que haja diagnóstico e tratamento precoce da obesidade de forma a prevenir doenças atuais e futuras. Sabe-se que o IMC é uma ferramenta mais prática e possível de ser realizada em qualquer serviço de saúde, contudo, frente aos resultados mostrados, percebe-se a grande necessidade de que os profissionais estejam capacitados e tenham recursos para realizar avaliação da gordura corporal, mesmo que com medidas mais simples, como as dobras cutâneas, medidas e índices antropométricos, bem como a bioimpedância.

Espera-se que os resultados aqui apresentados colaborem para que se estabeleça consenso de que a avaliação do percentual e, principalmente, da localização da gordura corporal deva ser realizada desde idades precoces e ser, portanto, considerada nos serviços de atendimento à saúde e nutrição do adolescente para que intervenções adequadas sejam direcionadas. Destaca-se ainda, a necessidade de mais estudos que investiguem como a localização de gordura corporal influencia na presença de fatores de risco cardiometabólico na adolescência, especialmente estudos longitudinais, de forma a se obter resultados que possibilitarão uma melhor avaliação dessa população por parte dos profissionais da saúde, a fim de se estabelecer um diagnóstico mais completo, buscando sempre a melhora da saúde e qualidade de vida dos adolescentes.

## ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS DA UFV



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** CAPACIDADE PREDITIVA DE ÍNDICES DE ADIPOSIDADE CORPORAL PARA FATORES DE RISCO CARDIOMETABÓLICO EM ADOLESCENTES

**Pesquisador:** Sivia Eloza Priore

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 96351718.7.0000.5153

**Instituição Proponente:** Departamento de Nutrição e Saúde

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 2.879.661

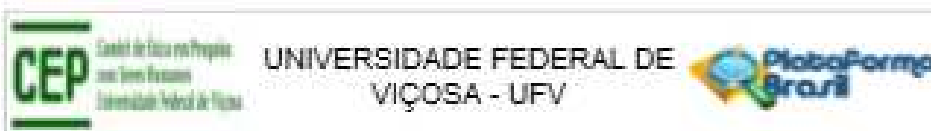
#### Apresentação do Projeto:

O presente projeto foi enquadrado como pertencente à Área Temática: Ciências da Saúde

Conforme resumo apresentado no formulário online da Plataforma: A adolescência é um período de vulnerabilidade para ocorrência de excesso de peso. A obesidade, sendo a doença crônica não transmissível mais prevalente entre crianças e adolescentes, está relacionada a ocorrência de complicações na vida adulta, inclusive o desenvolvimento de doenças

cardiometabólicas. Antropometria é um método eficaz para avaliar a situação nutricional de indivíduos. Índices antropométricos utilizados na avaliação do excesso de peso podem ter bom desempenho na identificação de risco cardiometabólico. Sendo assim, esse estudo tem como objetivo avaliar a capacidade de índices de adiposidade corporal (IC, IAC e BRI) na predição da adiposidade corporal e fatores de risco cardiometabólico em adolescentes em diferentes estados nutricionais. Será um estudo transversal, com 2369 adolescentes. Serão utilizados dados secundários de pesquisas realizadas em Viçosa-MG, aprovadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFV. Serão avaliadas medidas antropométricas e percentual de gordura corporal. Os índices de adiposidade corporal, Índice de Massa Corporal, relação cintura/estatura, relação cintura/quadril, Índice de Conicidade, Índice de Adiposidade Corporal e Body Roundness Index serão calculados. Serão avaliados pressão arterial e parâmetros bioquímicos. O risco cardiometabólico será identificado avaliando-se cada fator de risco individualmente e agrupados.

**Endereço:** Universidade Federal de Viçosa, Avenida P.H. Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes  
**Cidade:** Campus Universitário **CEP:** 36.570-900  
**UF:** MG **Município:** VIÇOSA  
**Telefone:** (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br



Continuação do Projeto: 2023/2024

As análises estatísticas serão realizadas com os softwares Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) for Windows, versão 20.0, STATA, versão 13.0 e MedCalc versão 8.3 e será adotado como nível de significância estatística valor de  $p < 0,05$ .

#### Objetivo da Pesquisa:

De acordo com os pesquisadores,

Objetivo primário: Avaliar a capacidade de índices de adiposidade corporal (IC, IAC e BRI) na predição da adiposidade corporal e fatores de risco cardiometabólico em adolescentes em diferentes estados nutricionais.

Objetivo secundário:

- Comparar índices de adiposidade corporal total (IMC, IAC) e central (RCE, IC e BRI) de adolescentes, segundo sexo e período da adolescência;
- Verificar a capacidade dos índices em estimar a gordura corporal em adolescentes, utilizando o DEXA como medida de referência;
- Verificar a associação da distribuição de gordura corporal (total e central) e os fatores de risco cardiometabólico em adolescentes, segundo sexo e período da adolescência;
- Avaliar a relação de cada índice de adiposidade corporal total (IMC, IAC) e central (RCE, IC e BRI) com cada fator de risco cardiometabólico;
- Identificar o índice que possui melhor capacidade para estimar gordura corporal e prever fatores de risco cardiometabólico em adolescentes, e criar pontos de corte para o mesmo, segundo sexo, período da adolescência e estado nutricional;
- Criar modelo de predição para risco cardiometabólico.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os pesquisadores apresentam no formulário online da Plataforma os seguintes Riscos: Devido a natureza do projeto em utilizar dados secundários de pesquisas já realizadas e aprovadas pelo CEP/UFV, o risco foi inerente às coletas de dados realizadas pelos respectivos pesquisadores.

e os seguintes Benefícios: A análise dos dados secundários permitirá conhecer a situação nutricional de adolescentes do município de Viçosa-MG, bem como sua associação com fatores de risco cardiometabólicos. Serão avaliados novos índices de adiposidade corporal, a fim de identificar qual possui melhor capacidade para estimar gordura corporal e prever fatores de risco.

<b>Endereço:</b>	Universidade Federal de Viçosa, Avenida PPH Itália s/n, Bairro Arthur Bernardes		
<b>Bairro:</b>	Campus Universitário	<b>CEP:</b>	36.270-000
<b>UF:</b>	MG	<b>Município:</b>	VIÇOSA
<b>Telefone:</b>	(31)3899-2402	<b>Email:</b>	var@ufv.br



Contribuição de Faesit: 2.073.001

cardiometabólico, e serão criados pontos de corte para este índice, para serem utilizados na população adolescente. Dessa forma, será possível realizar uma avaliação da situação nutricional de forma fácil, prática, barata e mais fidedigna nesta faixa etária, possibilitando intervenções precoces a fim de mudar hábitos alimentares e de estilo de vida para prevenir o desenvolvimento de doenças cardiometabólicas.

**Avaliação:** Todos os participantes de todas as pesquisas cujos bancos de dados foram incluídos neste estudo, assinarão o TCLE quando as respectivas coletas de dados foram realizadas. E só participarão das pesquisas aquelas que devolverem os termos devidamente assinados. Este projeto utilizará dados secundários de pesquisas já realizadas e aprovadas pelo CEP/UFV, por isso predispõe dispensa de TCLE.

#### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

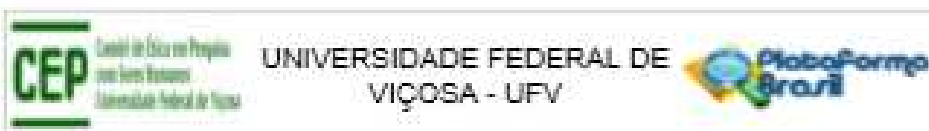
Os pesquisadores propõe avaliar os índices de adiposidade corporal: Índice de Cintura (IC) e Body Roundness Index (BRI), que estimam gordura corporal central, e o Índice de Adiposidade Corporal (IAC), que reflete gordura corporal total. Apresentam boa capacidade para estimar o percentual de gordura corporal e para prever fatores de risco cardiometabólico em adolescentes de ambos os sexos, em qualquer período da adolescência e em diferentes estados nutricionais, quando comparados ao DEXA, e quando avaliados pela combinação dos valores de sensibilidade e 1-especificidade gerados pela curva ROC (Receiver Operating Characteristic):- São melhores que outros índices ou medidas antropométricas na estimativa de gordura corporal total (IAC e pregas cutâneas) e central (IC, RCE) e na predição de fatores de risco cardiometabólico em adolescentes de ambos os sexos, nos diferentes períodos da adolescência e em diferentes estados nutricionais;- Não apresentam diferenças na estimativa do percentual de gordura corporal total e central comparados a outros métodos de avaliação de composição corporal (DEXA, Bioimpedância). (Incluir os métodos para se obter o que pretende).

Será um estudo transversal, que terá o indivíduo como objeto de estudo. A população do estudo será composta por 2360 adolescentes de ambos os sexos, de 10 a 19 anos de idade, compreendendo os três períodos da adolescência: inicial, intermediária e final. Estes residiam nas zonas urbana ou rural do município de Viçosa-MG quando as coletas foram realizadas. Os dados que serão utilizados nesse estudo são secundários, provenientes

de 12 bancos de dados derivados de dissertações e teses desenvolvidas na cidade de Viçosa-MG, por pesquisadores do Programa de Pós-graduação em Ciência da Nutrição da Universidade Federal

**Endereço:** Universidade Federal de Viçosa, Avenida Du Róis em, Bairro Arthur Bernardes  
**Cidade:** Campus Universitário **CEP:** 36.570-000  
**UF:** MG **Município:** VIÇOSA  
**Telefone:** (31)3899-2602 **E-mail:** pesquisa@ufv.br

Página 12 de 18

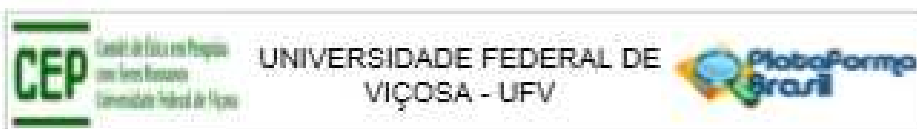


Continuação do Parecer: 2.073.029

de Viçosa. Todas estas pesquisas foram aprovadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFV. As coletas dos dados foram realizadas nos anos de 2002 a 2017. Foi realizada uma seleção a partir da análise de cada banco de dados incluído no estudo. Em caso de adolescentes que foram avaliados em mais de uma pesquisa, foram mantidos aqueles com dados mais completos, e somente foram excluídos os que estavam no mesmo período da adolescência em todas as avaliações. Serão analisadas informações sociodemográficas (sexo, idade, local de residência (zona urbana ou rural), série que estava cursando e escola (pública ou privada) que estava matriculada); dados de antropometria (peso, estatura, perímetros da cintura, quadril e pescoço, pregas cutâneas, gordura corporal avaliado por bioimpedância), pressão arterial e parâmetros bioquímicos (hemograma completo, perfil lipídico, glicemia de jejum e ácido úrico), serão calculados os índices: estaturalidade, relação cintura/estatura, relação cintura/quadril, índice de massa corporal, índice de adiposidade corporal, índice de concidade e body roundness index. Os fatores de risco cardiometabólico avaliados serão: - Obesidade: percentual de gordura corporal, IMC; - Hipertensão arterial; - Dislipidemia: colesterol total, LDL e triglicéridos elevados, HDL baixo; - Resistência à insulina: HOMA-IR, índice TyG; - Diabetes: glicemia de jejum. O risco cardiometabólico será identificado avaliando-se cada fator de risco individualmente e agrupados da seguinte forma; nenhuma alteração, uma alteração, duas alterações a três ou mais alterações. Será realizado o cálculo do poder do estudo para garantir a significância das análises e assegurar a variabilidade e a significância dos resultados. Todas as pesquisas, cujos bancos de dados serão incluídos nesse estudo, foram submetidas ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (CEP/UFV), de acordo com a Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012 do Conselho Nacional de Saúde, e foram aprovadas. No entanto, o presente projeto será submetido ao CEP/UFV a fim de obter um parecer único de aprovação. Os participantes de todas as pesquisas, e seus responsáveis, foram informados sobre os objetivos das mesmas e receberam os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), em caso de adolescentes com 16 ou 18 anos, e de Assentimento (TA), para aqueles menores de 16 anos. Foram incluídos nas pesquisas apenas os adolescentes que entregaram os termos devidamente assinados. A participação dos adolescentes foi voluntária, dessa forma, eles poderiam abandonar as pesquisas a qualquer momento, sem nenhuma prejuízo, e seus dados foram mantidos em sigilo.

**Coderepo:** Universidade Federal de Viçosa, Avenida Pivô nº 47, 35160-010, Viçosa - Minas Gerais  
**Setor:** Campus Universitário **CEP:** 35170-000  
**UF:** MG **Município:** VIÇOSA  
**Telefone:** (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br





Continuação do Parecer: 2479.001

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PIB - INFORMAÇÕES BÁSICAS DO PROJETO - 1183024.pdf	20/08/2018 13:01:39		Aceito
Parecer Anterior	Pareceres.pdf	20/08/2018 12:00:28	Silva Erika Priore	Aceito
Cronograma	Cronograma.docx	20/08/2018 12:58:41	Silva Erika Priore	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.docx	20/08/2018 12:59:33	Silva Erika Priore	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	20/08/2018 12:58:15	Silva Erika Priore	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Aprovação da CONEP:**

Não

VIÇOSA, 06 de Setembro de 2018

Assinado por:

HELEN HERMANA MIRANDA HERMSDORFF  
(Coordenador)

**Endereço:** Universidade Federal de Viçosa, Avenida PPH Itália s/n, Bairro Arthur Bernardes  
**Bairro:** Campus Universitário **CEP:** 36.370-000  
**UF:** MG **Município:** VIÇOSA  
**Telefone:** (31)3899-2402 **E-mail:** [cep@ufv.br](mailto:cep@ufv.br)

18/09/2018 10:10