



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE
DOUTORADO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

MÁRCIA FERREIRA CÂNDIDO DE SOUZA

**IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS DE CORTE DA
CIRCUNFERÊNCIA DO PESCOÇO PARA DETERMINAÇÃO
DOS NÍVEIS DE EXCESSO DE PESO E PREDIÇÃO DO
RISCO CARDIOMETABÓLICO EM ADOLESCENTES**

**ARACAJU
2016**

MÁRCIA FERREIRA CÂNDIDO DE SOUZA

**IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS DE CORTE DA
CIRCUNFERÊNCIA DO PESCOÇO PARA
DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE EXCESSO DE
PESO E PREDIÇÃO DO RISCO
CARDIOMETABÓLICO EM ADOLESCENTES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Queiroz Gurgel

**ARACAJU
2016**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA BISAU
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

S729 Souza, Márcia Ferreira Cândido de
Identificação de pontos de corte da circunferência do pescoço para
determinação dos níveis excesso de peso e predição do risco
cardiometabólico em adolescentes / Márcia Ferreira Cândido de Souza;
orientador Ricardo Queiroz Gurgel. – Aracaju, 2016.
67 f.: il.

Tese (doutorado em Ciências da Saúde) – Universidade Federal de
Sergipe, 2016.

1. Doenças Cardiovasculares. 2. Adolescente. 3. Pescoço. 4.
Obesidade. I. Gurgel, Ricardo Queiroz, orient. II. Título.

CDU 616.12

MÁRCIA FERREIRA CÂNDIDO DE SOUZA

**IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS DE CORTE DA
CIRCUNFERÊNCIA DO PESCOÇO PARA
DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE EXCESSO DE
PESO E PREDIÇÃO DO RISCO
CARDIOMETABÓLICO EM ADOLESCENTES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ciências da Saúde da Universidade Federal de
Sergipe como requisito parcial à obtenção do grau
de Doutor em Ciências da Saúde.

Aprovada em: ____/____/____

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Queiroz Gurgel

1º Examinadora: Profa. Dra. Danielle Góes da Silva

2º Examinadora: Profa. Dra. Raquel Simões Mendes Netto

3º Examinador: Prof. Dr. Manuel Hermínio de Aguiar Oliveira

4º Examinadora: Profa. Dra. Elenilde Gomes Santos

PARECER

*Ao meu pai que foi o espírito mais sábio, inteligente,
curioso e interessado pelos conhecimentos na área da
nutrição, que eu já conheci. Dedico a você toda
minha vida de estudos e o meu eterno amor.*

AGRADECIMENTOS

- Agradeço a **Deus**, que segurou a minha mão para que fosse possível a escrita dessa tese diante dos momentos de desafio vividos nesse último ano.
- A **minha mãe** que é um exemplo de força, resistência e que me ensinou a valorizar o estudo como única coisa que realmente diferencia os homens na conquista de sua independência e espaço profissional. Há pouco tempo, perdemos o grande amor de nossas vidas, mas, você me deu uma lição de superação. Deus lhe proteja e ilumine!
- Ao meu esposo e companheiro incondicional **Edson** que não mede esforços no apoio a todas as minhas decisões profissionais e pessoais e por se sentir tão feliz quanto eu, por mais essa conquista. Esse é o verdadeiro sentido de estar junto de alguém: ajudar na caminhada e evolução do outro. Obrigada para sempre!
- Aos meus filhos **Rafael e Isadora** que, desde a infância, sempre disponibilizaram uma parte do tempo que poderíamos passar juntos, para que eu conseguisse mais umas horinhas nos meus atribulados dias e me dedicasse aos estudos. Tenho muito orgulho dos filhos solidários que criei para o mundo. Deus os abençoe!
- Aos **meus irmãos**, pessoas muito especiais, que sempre torceram por mim.
- Ao meu orientador, **Prof. Dr. Ricardo Queiroz Gurgel**, pelo acolhimento desde o mestrado, confiança em meu trabalho e pela paciência, neste último ano, quando as adversidades se tornaram um desafio para que o presente estudo fosse concluído.
- Às **residentes nutricionistas do Hospital Universitário de Sergipe**, desde a primeira turma da Residência Multiprofissional, que me deram apoio e cobertura durante a pesquisa e elaboração da tese.
- Aos **estagiários de Nutrição** que colaboraram de forma incansável na coleta de dados.
- A coordenadora do meu setor de trabalho e amiga **Dra. Lúcia Élide** por todo o apoio pessoal e profissional para que eu conseguisse finalizar este trabalho.
- À direção do Hospital Universitário, especialmente a **Dra. Ana Paula Lemos e ao Dr. Raimundo Saturnino**. Vocês são aquelas pessoas que vale à pena encontrar pelo caminho...
- À coordenação nacional do **Projeto ERICA** pela liberação da minha participação na coleta de dados nas escolas durante a realização do projeto em Aracaju e N. Sra. do Socorro. Agradeço a excelente receptividade da equipe de supervisores do projeto.
- Aos **adolescentes** participantes que gentilmente se dispuseram a colaborar com a pesquisa. Que esse trabalho se constitua em uma estratégia para melhoria na assistência à saúde de todos vocês.

*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu,
mas, pensar o que ninguém ainda pensou sobre
aquilo que todo mundo vê.” (Arthur Schopenhauer)*

RESUMO

Identificação dos Pontos de Corte da Circunferência do Pescoço para Determinação dos Níveis de Excesso de Peso e Predição do Risco Cardiometabólico em Adolescentes, Márcia Ferreira Cândido de Souza, Aracaju, 2016.

A circunferência do pescoço elevada pode indicar excesso de peso e risco cardiometabólico. Baseado nessa evidência, a presente tese tem como objetivo identificar os pontos de corte da circunferência do pescoço (CP) para determinação dos níveis de excesso de peso e predição do risco cardiometabólico em adolescentes. Foi realizado um estudo transversal com adolescentes de 12 a 17 anos de escolas públicas e privadas de Aracaju e Nossa Senhora do Socorro, em Sergipe. Foram coletados dados demográficos, antropométricos, bioquímicos e mensurada a pressão arterial (PA) dos adolescentes do estudo. O risco cardiometabólico foi avaliado segundo os critérios do escore de risco *PDAY*. Para a análise descritiva foram calculadas as medianas, médias, desvios-padrão e frequências das variáveis antropométricas, demográficas, bioquímicas e pressão arterial. Foi utilizado o testes de Mann-Whitney para comparação dos dados entre os grupos de adolescentes por gênero e faixa etária. O coeficiente de correlação de Spearman e a análise de regressão múltipla foram utilizados para avaliar a associação entre a CP e as variáveis antropométricas, bioquímicas e PA. Foi analisada por meio da curva ROC a validade preditiva da CP na identificação dos níveis de excesso de peso e do risco cardiometabólico. A amostra foi composta por 1474 adolescentes com idade média de $14,59 \pm 1,57$ anos, sendo 55,3% do sexo feminino. A CP correlacionou-se positivamente com outros indicadores de adiposidade como a circunferência da cintura e o Índice de Massa Corporal. A CP foi o indicador antropométrico que mais se associou significativamente aos fatores de risco cardiometabólico (PA, HDL-colesterol, insulina, glicemia de jejum e hemoglobina glicosilada) e foi o único indicador que se associou significativamente com a insulina ($p = 0,02$). Os pontos de corte da CP determinados pelo estudo para identificação de sobrepeso e obesidade para o sexo masculino na faixa etária de 12 a 14 anos foram, respectivamente, 34,1 cm e 34,9 cm; e para o sexo feminino 32,05 cm e 33,85 cm. Para o sexo masculino na faixa etária de 15 a 17 anos os pontos de corte para sobrepeso e obesidade foram, respectivamente, 36,8 cm e 38,4 cm; e para o sexo feminino 32,9 cm e 35,8 cm. Os pontos de corte da CP para predição do risco cardiometabólico foram os seguintes: estágio puberal (feminino: 31,02 cm; masculino: 32,17 cm) e pós puberal (feminino: 35,62 cm; masculino: 36,62 cm). A Circunferência do Pescoço apresentou correlação significativa com outros indicadores de adiposidade podendo ser utilizada para identificar adolescentes com excesso de peso e predizer o risco cardimetaabólico.

Descritores: Adolescente; Pescoço; Obesidade; Doenças Cardiovasculares.

ABSTRACT

Identification Neck Circumference Cut-off Points in Determination Weight Excess and Prediction of Cardiometabolic Risk in Adolescents, Marcia Ferreira Cândido de Souza, Aracaju, 2016

High neck circumference can indicate weight excess and metabolic risk. Based in this evidence, the present work has as purpose identify the cut-off points of neck circumference (NC) for the determination of overweight and prediction of cardiometabolic risk in adolescents. A transversal study with students between 12 and 17 years old in public and private schools of Aracaju and Nossa Senhora do Socorro, Sergipe was carried out. Demographic, anthropometric (weight, height, body mass index (BMI), neck circumference (NP) and waist circumference (WC)) biochemical, blood pressure (BP) data of the adolescents studied were collected. Cardiometabolic risk were evaluated according to the PDAY risk score criteria. For descriptive analysis the median, mean, standard deviation and frequencies of the variables anthropometric, demographic, biochemical and BP were calculated. The Mann-Whitney test for comparison of data among groups of adolescents by gender and age. The Spearman correlation coefficient and multiple regression analysis were used to evaluate the association between CP and the anthropometric, biochemical and BP. From ROC curve the predictive validity of NC on the identification of overweight and cardiometabolic risk was analyzed. The samples were composed of 1474 teenagers with average age of 14.59 ± 1.57 years, being 55.3 % of females. NC was positively correlated with other adipose indicators (BP, HDL-cholesterol, insulin, fasting glycemia and glycosylated hemoglobin) and was the only indicator that significantly associated insulin ($p=0.02$). the cut-off points of NC determined by the study for the identification of overweight and obesity in males of 12 to 14 years old were, respectively, 34.1 cm and 34.9 cm for males and 32.05 and 33.85 for females. For males of 15 to 17 years old, the cut-off point for overweight and obesity were 36.8 cm and 38.4 cm, and for females were 32.9 cm and 35.8 cm. The NC cut-off points for cardiometabolic risk prediction were: puberal stage (feminino: 31.02 cm; male: 32.17 cm) and post puberal (female: 35.62 cm; male: 36.62 cm). NC presented significant correlation with other adiposity indicators being used to identify adolescents with weight excess and cardiometabolic risk.

Descriptors: adolescents, neck, obesity, cardiovascular diseases

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Figura 1 - Local anatômico para mensuração da circunferência do pescoço.....	28
Quadro 1 - Métodos da análise laboratorial e valores de referência utilizados no estudo.....	29
Quadro 2 - Escore com base nos fatores de risco modificáveis e não modificáveis do <i>Pathobiological Determinants of Atherosclerosis in Youth (PDAY)</i>	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Epidemiologia do Excesso de Peso em Adolescentes	13
2.2 Excesso de Peso e Risco Cardiometabólico na Adolescência	15
2.3 Avaliação do Risco Cardiometabólico na Adolescência	17
2.4 Indicadores Antropométricos na Avaliação do Excesso de Peso e do Risco Cardiometabólico	18
2.4.1 Índice de Massa Corporal	18
2.4.2 Circunferência da Cintura	18
2.4.3 Circunferência do Pescoço	20
OBJETIVOS	23
3.1 Objetivo Geral	23
3.2 Objetivos Específicos	23
4 CASUÍSTICA E MÉTODOS	24
4.1 Desenho do Estudo	24
4.2 Amostra do Estudo	25
4.2.1 Critérios de Exclusão	25
4.3 Coleta de dados	25
4.3.1 Dados Antropométricos	26
4.3.2 Dados Bioquímicos	28
4.4 Classificação do Risco Cardiometabólico	28
4.5 Análise Estatística	29
4.6 Aspectos Éticos	31
5 RESULTADOS	32
5.1 Artigo 1	33
5.2 Artigo 2	41
6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

O excesso de peso na população do Brasil apresentou um crescimento de 23% na última década¹, resultando em um significativo aumento da incidência e prevalência desse distúrbio nutricional que atinge, indiscriminadamente, raça, sexo, idade e nível socioeconômico². Portanto, quanto maior for essa prevalência, maior é o interesse no estudo de grupos populacionais mais vulneráveis, como os adolescentes, pela maior probabilidade de manterem o padrão de obesidade na vida adulta³.

O Estudo de Riscos Cardiovasculares em Adolescentes (ERICA) realizado em 2013 com 73.339 estudantes brasileiros na faixa etária de 12 a 17 anos, demonstrou que a prevalência de excesso de peso nessa população foi 25,5 %, sendo que, 17,1 % dos adolescentes apresentaram sobrepeso e 8,4 % obesidade⁴.

Em decorrência do aumento de excesso de peso na adolescência, estima-se que em 2020, o excedente anual na incidência de doença cardíaca coronariana será de 15%, sem que a prevalência de obesidade aumente⁵. Isso porque a obesidade e o excesso de peso são condições capazes de alterar a função do endotélio vascular⁶, por serem caracterizadas por um baixo grau de inflamação crônica e subclínica⁷. Portanto, é importante a identificação de variáveis capazes de prever a progressão da doença cardíaca coronariana em indivíduos com excesso de peso⁸.

O estudo multicêntrico *Pathobiological Determinants of Atherosclerosis in Youth* (PDAY)⁹ documentou a história natural da aterosclerose e a relação com fatores de risco para doenças cardiovasculares (DCV). Após o estudo das autópsias de indivíduos entre 15 e 34 anos, os autores confirmaram a origem da aterosclerose na infância e adolescência e a prevalência de estrias gordurosas e placas fibrosas de rápida progressão nas artérias, nessa faixa etária⁹.

A partir dessas evidências, quanto mais precoce for a identificação de depósitos de gordura corporal considerados indicadores do risco cardiometabólico, melhor será a resposta ao tratamento. Métodos de diagnósticos sofisticados como a tomografia computadorizada, a ressonância magnética, ultra-sonografia e o DEXA (*Dual-energy X-ray absorptiometry*) fazem a mensuração da adiposidade visceral, a avaliação da composição corporal e da distribuição de gordura, porém, possuem alto custo, tornando inviável o uso desse tipo de tecnologia no diagnóstico da obesidade e do risco cardiometabólico pelo Sistema Único de Saúde brasileiro¹⁰.

Atualmente, com referenciais internacionais padronizados, o Índice de Massa Corporal (IMC) é a medida mais utilizada para o diagnóstico de sobrepeso e obesidade em crianças e

adolescentes, porém, não é capaz de avaliar o risco de complicações metabólicas, pois não permite avaliar a distribuição da gordura corporal¹¹.

A medida da Circunferência da Cintura (CC) tem sido utilizada no diagnóstico de síndrome metabólica (SM), na predição da resistência à insulina (RI) e na avaliação de fatores de risco para doenças cardiovasculares em adolescentes¹², porém, existem limitações nessa faixa etária, como a ausência de metodologia padrão sobre o local da aferição^{13,14,15,16}.

Como alternativa à CC, estudos têm sugerido a utilização da Circunferência do Pescoço (CP) como indicador antropométrico na avaliação da gordura corporal, por ser uma medida mais simples, prática, padronizada, não influenciada pela distensão abdominal pós-prandial ou por movimentos respiratórios, e que fornece resultados consistentes para indicar o acúmulo de gordura subcutânea na parte superior do corpo^{17,18}.

A medida da CP é considerada um melhor parâmetro de avaliação do risco cardiometabólico quando comparada à gordura abdominal, possivelmente, pelo fato da gordura visceral não ser a principal fonte das concentrações circulantes de ácidos graxos livres¹⁹, sendo a região superior do corpo responsável por uma maior liberação desse tipo de gordura, principalmente em indivíduos obesos²⁰.

São poucos os estudos epidemiológicos com adolescentes que utilizaram a CP como indicador antropométrico na avaliação do excesso de peso e do risco cardiometabólico, sendo raro o uso dessa medida na prática clínica, pois há desconhecimento da sua importância por parte dos profissionais de saúde, apesar da sua fácil aplicabilidade, baixo custo e pouca exposição do avaliado²⁰.

Baseado nestas evidências e na necessidade de estudo de indicadores antropométricos de fácil aplicabilidade e baixo custo que possam ser utilizados na prática clínica e em estudos epidemiológicos como marcadores de excesso de peso e do risco cardiometabólico, é que o presente estudo tem como objetivo determinar os pontos de corte da circunferência do pescoço (CP) para identificação dos níveis de excesso de peso e predição do risco cardiometabólico em adolescentes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Epidemiologia do excesso de peso em adolescentes

2.1.1 Prevalência de excesso de peso na adolescência

O excesso de peso constitui o sexto fator de risco mais importante para a carga global de doenças em face de sua associação com diversas Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT)²¹. Dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) estimam para o ano de 2020 cerca de cinco milhões de óbitos no mundo atribuídos ao excesso de peso²²

A análise da Pesquisa sobre Orçamento Familiar (POF) realizada no período de 2008-2009 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), demonstrou que 21,5% dos adolescentes brasileiros apresentaram sobrepeso ou obesidade e, constatou um aumento marcante no excesso de peso nas últimas três décadas entre a população jovem brasileira²³.

O sobrepeso em adolescentes de 10 a 19 anos obteve crescimento contínuo nos últimos 34 anos, sendo mais perceptível no sexo masculino, cuja prevalência passou de 3,7% no período de 1974-1975 para 21,7% em 2008-2009. Entre as adolescentes do sexo feminino, as estatísticas mais que dobraram, passando de 7,6% para 19,0%, entre 1974-1975 e 2008-2009. Quanto à obesidade, esse incremento mostrou também tendência ascendente, indo de 0,4% para 5,9% entre os adolescentes do sexo masculino e de 0,7% para 4,0% no sexo feminino, no mesmo período²³.

O Estudo de Riscos Cardiovasculares em Adolescentes (ERICA) realizado em 2013 com 73.339 estudantes brasileiros na faixa etária de 12 a 17 anos demonstrou que a prevalência de excesso de peso nessa população foi 25,5%, sendo 17,1% referente ao sobrepeso e 8,4% à obesidade. Os resultados do estudo mostraram que 24,0% dos adolescentes brasileiros que frequentavam escolas em municípios com mais de 100 mil habitantes, no período da pesquisa, apresentaram pressão arterial elevada e que adolescentes com obesidade tiveram maior prevalência de hipertensão arterial⁴.

2.1.2 Etiologia do excesso de peso.

Os fatores relacionados ao sobrepeso e à obesidade na adolescência vão desde as características presentes na gestação e no início da vida do indivíduo, como o peso pré-gestacional materno, o fumo durante a gestação e o estado nutricional na infância^{24,25} até os fatores ambientais no decorrer do crescimento e desenvolvimento, como as mudanças no padrão de alimentação e de atividade física, ocorridas em diversas sociedades, que são reconhecidamente os determinantes que mais contribuem para o aumento do excesso de peso nessa população²⁶.

No estudo²⁷ sobre a influência dos fatores biológicos e ambientais no sobrepeso e obesidade, os autores destacaram o papel do desenvolvimento econômico e do processo de urbanização sobre as modificações no estilo de vida da população, traduzidas por padrões alimentares inadequados e modelo de ocupação predominantemente sedentário. As comodidades oferecidas pelo mundo moderno, tais como aparelhos de televisão, telefones sem fio, *videogames*, computadores, controle remoto, entre outros, têm favorecido a redução do gasto energético²⁷.

A adoção de hábitos alimentares conhecidos como "ocidentais", que consistem em uma alimentação rica em gorduras, especialmente de origem animal, açúcar refinado e reduzida ingestão de carboidratos complexos e fibras, tem sido apontada como condição favorecedora para o estoque energético. Além disso, a falta de informação associada à ausência de políticas de saúde que atendam adequadamente à população torna ainda mais grave e preocupante a epidemia de obesidade instalada no país²⁷.

2.1.3 O excesso de peso e suas consequências na adolescência.

O aumento da incidência de excesso de peso no Brasil é ainda mais preocupante porque, frequentemente, não se apresenta de forma isolada, mas, como uma condição favorável para a ocorrência de morbidades associadas²⁸.

O estado nutricional do adolescente é de particular interesse, pois, a presença de obesidade nesta faixa etária tem sido associada ao aparecimento precoce de hipertensão arterial, dislipidemias, aumento da ocorrência de diabetes tipo 2, distúrbios psicológicos e alterações no aparelho locomotor²⁹.

Os efeitos do excesso de peso em idade precoce poderão ser observados em longo prazo, pelo risco aumentado de mortalidade, especialmente, por doença coronariana nos adultos que foram obesos durante a infância e a adolescência^{30,31}.

Além disso, estudos têm demonstrado que a probabilidade de crianças e adolescentes com elevado índice de massa corporal apresentarem excesso de peso aos 35 anos, aumenta significativamente, à medida que, ocorre o aumento da idade. A probabilidade de adolescentes

que apresentam obesidade aos 18 anos desenvolverem esse distúrbio na vida adulta é de 34% para os homens e 37% para as mulheres³².

Outra consequência importante relacionada à obesidade, diz respeito ao custo financeiro elevado que esse distúrbio e suas morbidades associadas representam para o sistema de saúde e para a sociedade. Os custos diretos com hospitalizações no Brasil indicam que os percentuais despendidos são similares aos de países desenvolvidos³³.

Estima-se que o custo do tratamento da obesidade corresponda, nos países industrializados, a um percentual que varia entre 2% a 8% do gasto total com a saúde. No Brasil, aproximadamente 1 bilhão e 100 milhões de reais são gastos a cada ano com internações hospitalares, consultas médicas e remédios para o tratamento do excesso de peso e de doenças associadas. O Sistema Único de Saúde (SUS) destina 600 milhões de reais para as internações relativas à obesidade e esse valor equivale a 12% do que o governo brasileiro despende anualmente com todas as outras doenças³³.

2.2 Excesso de peso e risco cardiometabólico na adolescência

A prevalência de excesso de peso na infância e na adolescência traz consequências em curto e longo prazo, por estar associada a um perfil lipídico anormal, com aumento da concentração de colesterol total, triglicérides e LDL e pela diminuição de HDL³⁴.

A formação da placa aterosclerótica inicia-se com a agressão ao endotélio vascular devido a diversos fatores de risco como elevação de lipoproteínas aterogênicas (LDL, IDL, VLDL, remanescentes de quilomícrons), hipertensão arterial e tabagismo³⁵. Os fatores de risco apresentam uma infinidade de combinações que aceleram a aterogênese, levando a eventos cardiovasculares,³⁶ desde o nascimento até a velhice³⁷.

As evidências de que a aterosclerose tem seu início em fases precoces da vida e sua progressão para estágios mais avançados podem ser observadas em adultos jovens foram demonstradas desde 1953, no estudo de autópsias em soldados da Guerra da Coréia, com média de idade de 22 anos, onde foi observada a presença de aterosclerose coronariana significativa em 77% dos casos³⁸.

Posteriormente, estes achados foram confirmados em um estudo feito em soldados que morreram na Guerra do Vietnã, uma população essencialmente jovem que apresentou lesão aterosclerótica em 45% dos casos³⁹.

Outro estudo demonstrou que estrias gordurosas, precursoras das placas ateroscleróticas, aparecem na camada íntima da aorta aos 3 anos de idade e nas coronárias, durante a adolescência.

A aterosclerose passou, então gradualmente, de um modelo de doença crônico-degenerativa e, exclusiva em pacientes com idade avançada, para um modelo de doença inflamatória crônica subclínica, presente desde a infância⁴⁰.

A possibilidade de complicações cardiovasculares não depende de um elemento em particular, mas, da presença concomitante de características individuais capazes de incrementar esta eventualidade – sintomática ou não - dos órgãos alvo e das complicações clínicas associadas. O efeito de diferentes fatores de risco é sinérgico e multiplicativo, amplificando, consideravelmente, o risco cardiovascular⁴¹.

O estudo de Bogalusa demonstrou que os fatores de risco presentes *ante mortem*, como elevações do IMC, da pressão arterial sistólica (PAS), do colesterol LDL-C, dos triglicérides e a presença de tabagismo correlacionaram-se positivamente com as lesões ateroscleróticas definidas por anatomopatologia. Além disso, a extensão das lesões ateroscleróticas observadas em artérias coronarianas era maior nos jovens com múltiplos fatores de risco⁴².

No Brasil, o Estudo do Rio de Janeiro demonstrou em diversas etapas, a forte associação entre pressão arterial e maiores valores de índices antropométricos, destacando que esta associação em avaliação longitudinal de adolescentes por 10 anos foi capaz de marcar uma maior agregação de outros fatores de risco cardiovascular, na fase adulta jovem⁴³.

Não há consenso em termos de definição do risco cardiometabólico em crianças e adolescentes, devido às alterações que se verificam durante o crescimento e desenvolvimento e as diferenças que se observam entre os gêneros e as diversas etnias, existindo apenas orientações para os seus componentes individuais⁴⁴.

Desta forma, os critérios utilizados nos estudos com crianças e adolescentes são normalmente adaptados das definições aplicadas em adultos com reformulação dos pontos de corte⁴⁵. Dois exemplos de estudos que determinaram pontos de corte que foram utilizados em vários outros estudos realizados, posteriormente, para investigação de Síndrome Metabólica (SM) em crianças e adolescentes são: o consenso sobre SM publicado pela *International Diabetes Federation (IDF)*⁴⁶ e o estudo de Jolliffe e Janssen (2007)⁴⁷.

A *IDF* apresentou como critério principal, a obrigatoriedade em qualquer idade, da presença de obesidade definida como um perímetro abdominal igual ou acima do percentil 90 (P 90) específico para idade, sexo e etnia. Porém, para crianças com idades inferiores a 10 anos, a *IDF* recomendou que não se efetuasse o diagnóstico de SM. Não foram atribuídos valores de referência para os outros parâmetros, de modo que, quando uma criança com idade inferior a 10 anos apresentar um perímetro abdominal maior ou igual ao percentil 90, deverá apenas ser aconselhada a perder peso (medidas preventivas)⁴⁶.

Para o diagnóstico da SM em crianças com idade compreendida entre 10 e 16 anos, além da presença de obesidade, são necessários pelo menos mais dois critérios que apresentam os mesmos pontos de corte utilizados para adultos (pressão arterial sistólica ≥ 130 mmHg ou pressão arterial diastólica ≥ 85 mmHg, triglicerídeos ≥ 150 mg/dL, colesterol-HDL < 40 mg/dL, glicemia em jejum ≥ 100 mg/dL, em jejum). E para crianças com idade superior aos 16 anos, a *IDF* aconselha a avaliar todos os critérios por meio dos pontos de corte estabelecidos para a idade adulta, inclusive, para a obesidade⁴⁶.

A definição proposta por Jolliffe and Janssen (2007)⁴⁷ baseia-se nas definições da SM do *United States National Cholesterol Education Program / Adult Treatment Panel III* (NCEP/ATP III) e *IDF*⁴⁶ estabelecidas para adultos.

Estudos afirmam que não há a possibilidade da formação de um consenso na definição do risco cardiometabólico na infância e adolescência, pois as alterações fisiológicas são muito variáveis nessas fases da vida e os pontos de corte nunca apresentarão especificidade e sensibilidade suficientes para realização de um diagnóstico. Os pesquisadores defendem, assim, que o tratamento preventivo seja feito consoante a cada fator de risco individualmente (perda de peso ou manutenção deste, dietas adequadas, prevenção de tabagismo, entre outros)^{48,49}.

2.3. Avaliação do risco cardiometabólico na adolescência: o escore de risco *Pathobiological Determinants of Atherosclerosis in Youth (PDAY)*

O *Pathobiological Determinants of Atherosclerosis in Youth (PDAY)*⁹ foi um estudo multicêntrico iniciado para documentar a história natural da aterosclerose, bem como a relação com fatores de risco para DCV (sexo, idade, concentrações de lipoproteínas séricas, tabagismo, hipertensão, obesidade e hiperglicemia). O estudo iniciado em 1987 incluiu mais de 3000 casos de autópsia e confirmou a origem da aterosclerose na adolescência e a prevalência de estrias gordurosas e placas fibrosas de rápida progressão nessa faixa etária⁵⁰.

A amostra do *PDAY* foi composta de indivíduos de 15 a 34 anos de idade que foram a óbito por causas externas (acidentes, homicídios ou suicídios) e foram autopsiados dentro de 72 horas. Foram examinadas as artérias, coronária direita e a aorta, e foram observadas estrias gordurosas na aorta de 20% dos sujeitos com idade entre 15 e 19 anos e em 40% daqueles com idade entre 30 e 34 anos; e nas artérias coronária direita em 10% dos indivíduos com idade entre 15 e 19 anos e, em cerca de 30% daqueles com idade entre 30 e 34 anos, no momento do óbito⁵¹.

A partir do estudo dessas autópsias, o *PDAY* desenvolveu escores de risco para prever a presença de lesões avançadas nas artérias coronárias e/ou na aorta abdominal de adolescentes e

jovens adultos⁵¹ baseado no *Framingham Risk Score (FRS)*⁵² diferindo-se, principalmente, pela sua aplicação em adolescentes e pelo fato de que o FRS tem a finalidade de estimar em 10 anos o risco de eventos cardiovasculares em indivíduos não previamente diagnosticados com doença coronariana, enquanto que, o *PDAY* estima a probabilidade de lesões ateroscleróticas em indivíduos jovens⁹.

Trata-se de um algoritmo de risco global com múltiplos fatores de risco como idade, sexo, tabagismo, pressão arterial sistólica (PAS), colesterol total e lipoproteína de alta densidade-colesterol (HDL-c)⁹.

Além dos fatores de risco cardiometabólico, as modificações sociais da vida moderna trouxeram alterações e outros fatores que predis põem à obesidade e precisam ser avaliados individualmente. Os fatores genéticos, o aumento das doenças crônicas degenerativas, dos transtornos alimentares, a cultura, a transição nutricional e o estilo de vida tem influência significativa na prevalência crescente da obesidade⁵³.

2.4 Indicadores antropométricos na avaliação do excesso de peso e do risco cardiometabólico

A facilidade no emprego do método antropométrico, aliada a sua inocuidade, ao baixo custo e às restrições culturais, uma vez que emprega medidas externas das dimensões corporais, faz deste método o de maior aplicabilidade na prática clínica e nos estudos epidemiológicos que abrangem grandes amostras⁵⁴. Dessa forma, a avaliação antropométrica pode auxiliar na avaliação do excesso de gordura corpórea e, conseqüentemente, na identificação precoce do risco cardiometabólico^{55,56}.

2.4.1 Índice de Massa Corporal

Adolphe Quetelet, matemático, astrônomo e estatístico belga nascido na cidade Ghent em 1796, foi o pioneiro a estudar as características físicas do homem e as habilidades sociais. Entre 1831 e 1832 ele realizou o que foi avaliado como o primeiro estudo transversal em recém-nascidos e crianças a partir da altura e do peso. Seu intuito era definir as características do “homem médio”, distribuindo os indivíduos em torno de um padrão⁵⁷.

Quetelet observou que o crescimento e desenvolvimento humano, exceto nas fases de crescimento acelerado, como após o nascimento e durante a puberdade, são caracterizados pela relação de que o peso aumenta com o quadrado da altura, definindo o Índice de Quetelet⁵⁷.

Posteriormente, em 1972, Ancel Keys denominou o Índice de Quetelet como Índice de Massa Corporal (IMC)⁵⁸.

O IMC é um parâmetro de fácil mensuração para classificar o estado nutricional. No entanto, é considerada uma medida imprecisa de obesidade, pois indivíduos com peso saudável e predomínio de massa magra podem ser classificados erroneamente como sobrepeso ou obesos⁵⁹.

Garn *et al.*⁶⁰ enumeraram três limitações para o uso do IMC: a correlação com a estatura; a correlação com a massa livre de gordura, principalmente, nos homens; e a influência da proporcionalidade corporal (relação tamanho das pernas/tronco), ou seja, um indivíduo com um menor comprimento da perna apresenta um valor de IMC maior, em cerca de cinco unidades. Essas limitações inviabilizam a utilização do IMC como indicador de gordura corporal.

Mclaren⁶¹ sugeriu que o IMC não seja utilizado em estudos sobre obesidade, pois este índice não expressa a distribuição de gordura corporal androide e ginecoide que são de grande importância na avaliação clínica do obeso, visto que, a primeira se caracteriza por apresentar acúmulo de gordura na região abdominal mais comum os homens e a segunda por apresentar acúmulo de gordura na região inferior do corpo (nádegas, quadris e coxas) mais comum nas mulheres.

Estudo de base populacional realizado em Lausanne, na Suíça, com o objetivo de comparar a acurácia dos diversos indicadores antropométricos, como o IMC, circunferência da cintura (CC), relação cintura/quadril (RCQ) e percentual de gordura corporal utilizando testes de diagnóstico para risco elevado de desenvolvimento de doenças cardiovasculares, concluiu que a definição de obesidade através do percentual de gordura corporal seguida pela CC está mais relacionada com o risco de doenças cardiovasculares quando comparada ao IMC e RCQ⁶².

2.4.2 Circunferência da Cintura

O primeiro estudo relacionando o acúmulo de gordura na região abdominal com os danos consequentes da obesidade foi realizado pelo médico francês Jean Vague, em 1947⁶³.

A circunferência da cintura (CC) é um índice mensurado no ponto médio entre a última costela e a crista ilíaca, porém, sua correta mensuração em pacientes obesos é difícil e gera constrangimentos no ambiente clínico entre profissional e paciente, pois a localização da última costela e da crista ilíaca nesses pacientes é de difícil acesso⁶⁴.

A CC pode variar com fatores como a respiração, posição do corpo, forma abdominal, presença de ascite e hérnia^{65,66}. Além disso, quando não há viabilidade em se encontrar o ponto médio, a CC é medida em diversos pontos anatômicos sem uma padronização entre diferentes

estudos clínicos^{67,68}. Diversos locais de medição são relatados (menor perímetro, sobre a cicatriz umbilical, sobre a crista ilíaca, entre outros) e o local exato escolhido influencia os valores⁶⁷.

Outro fator que interfere na mensuração da CC, o volume abdominal que varia durante o dia e em condições de saúde, tais como, a obesidade grave, lipoabdominoplastia, gravidez, grande perda de peso, além de não ser aplicável para estudos em populações que usam roupas pesadas ou em baixas temperaturas^{66,68}.

É considerada pela literatura a medida que melhor representa a distribuição de gordura visceral e esse tipo de gordura tem maior relação com alterações metabólicas como a hipertensão arterial, a dislipidemia e com a síndrome metabólica^{69,70,71}.

Entretanto, mesmo sendo amplamente utilizada no diagnóstico da síndrome metabólica, para prever a resistência à insulina (RI) e na avaliação de fatores de risco para doenças cardiovasculares em adolescentes¹³, também apresenta limitações nessa faixa etária, tais como, ausência de metodologia padrão para o local da aferição^{13,14,15}, falta de padrão internacional de referência devido à variação étnica, ausência de ponto de corte para risco cardiovascular e metabólico e dificuldades práticas no momento da aferição, especialmente devido à necessidade de remoção de roupas¹⁶.

No geral, os estudos que associaram os indicadores antropométricos ao risco cardiometabólico encontraram importantes valores de correlação entre o IMC e a CC, e por isso, sugerem o uso conjunto das técnicas para diagnóstico de obesidade e obesidade central, principalmente em escolares, ao mesmo tempo em que demonstram que o uso isolado de qualquer um dos métodos é ineficaz na determinação do padrão de gordura corporal⁷².

2.4.3 Circunferência do Pescoço

Jean Vague⁶³, além de ter realizado o primeiro estudo sobre o acúmulo de gordura na região abdominal, também foi o primeiro pesquisador a perceber que diferentes morfologias corporais ou tipos de distribuição de gordura estão relacionados com os riscos de saúde associados com a obesidade. Em 1956 ele usou uma dobra da pele do pescoço em seu índice de diferenciação masculina para avaliar a distribuição da gordura na parte superior do corpo⁷³.

A aferição da CP apresenta algumas vantagens em relação a CC: boa confiabilidade inter e intra observador; não ser influenciada pelo horário de avaliação (período pré-prandial e pós-prandial); ser aferida em superfície mais estável e exposta do corpo; apresentar maior facilidade para o examinador e examinado, especialmente no inverno e em locais com pouca privacidade; é mais aceitável socialmente⁷⁴.

Inicialmente, a CP foi associada com a Síndrome da Apnéia Obstrutiva do Sono (SAOS), doença respiratória fortemente relacionada com resistência à insulina, fatores de risco cardiometabólico e SM⁷⁵. A obesidade causa deposição de gordura visceral e subcutânea, inclusive no pescoço, e a maioria dos pacientes com SAOS são obesos ou possuem sobrepeso. A CP desses pacientes foi fortemente associada ao grau de severidade da doença obstrutiva, mas, a prevalência da síndrome metabólica não mostrou associação com a gravidade da SAOS⁷⁶.

A partir destes resultados foi questionada a possível causalidade da SAOS no desenvolvimento direto de fatores de risco cardiometabólico ou se seria apenas um correlato devido a sua forte associação com a obesidade e, consequentemente, com a CP aumentada⁷⁶. Desde então, vários estudos internacionais confirmam a associação da CP com fatores de risco cardiometabólico^{75,78,79,80}.

O excesso de gordura corporal é um importante fator de risco cardiometabólico, pois está associado à incidência de diabetes, doenças cardiovasculares e morte precoce⁸¹. Mais de 85% da gordura total do corpo é subcutânea e quando localizada no segmento inferior do corpo parece não desempenhar papel na patogênese das doenças cardiovasculares⁸², sendo esse papel melhor desempenhado pela gordura visceral⁸³.

Porém, o acúmulo de gordura subcutânea no segmento superior do corpo vem sendo associado aos fatores de risco cardiometabólico devido a uma maior liberação de ácidos graxos livres sistemicamente, particularmente em indivíduos obesos^{79,80,82}, que pode levar a um aumento dos marcadores de estresse oxidativo⁸⁴ e provocar lesão endotelial vascular⁸⁵.

A gordura acumulada no pescoço é essencialmente subcutânea e, por isto, a CP vem sendo considerada em estudos como uma medida antropométrica preditiva para resistência à insulina e para o risco cardiometabólico, devido a maior atividade lipolítica desse compartimento de gordura^{66,86} e por ser uma medida simples, prática, não influenciada pela distensão abdominal pós-prandial ou por movimentos respiratórios como a CC^{16,17,18}, além de ser uma medida independente, ou seja, não precisa ser associada a outra medida antropométrica para avaliar o estado nutricional de indivíduos^{20,87}.

Alguns estudos estabeleceram pontos de corte da CP para adultos com o objetivo de identificar indivíduos com risco cardiometabólico. O estudo de Yan *et al.*⁸⁰ determinou os seguintes pontos de corte da CP para identificar o risco de sobrepeso em chineses adultos diabéticos: 38 cm para homens e 35 cm para as mulheres. A medida da CP, no quartil mais alto, dobrou o risco de SM e obesidade comparado ao quartil mais baixo, em ambos os sexos.

Em Campinas, os pontos de corte da CP foram 39,6 cm para homens e 36,1 cm para mulheres para predizer a SM em adultos⁶⁶. Homens com CP maior que 37 cm e mulheres com mais de 34 cm apresentaram uma maior prevalência de SM na Índia⁸⁸.

Poucos estudos no mundo identificaram pontos de corte da CP para determinação do excesso de peso e do risco cardiometabólico em adolescentes. Destacam-se como referências os estudos de Hatipoglu *et al.*¹⁶, Nafiu *et al.*¹⁷, Lou *et al.*¹⁸ que determinaram os pontos de corte para identificação de excesso de peso e o estudo brasileiro de Silva *et al.*⁷⁴ para predição de resistência à insulina.

O estudo de Hatipoglu *et al.*¹⁶ foi realizado na Turquia com 967 crianças e adolescentes de 6 a 18 anos. Os pontos de corte da CP encontrados pelos autores para excesso de peso foram: Meninos pré-púberes: 29,0 cm; Púberes: 32,5 cm; Meninas pré-púberes: 28,0 cm; Púberes: 31,0 cm. O estudo de Nafiu *et al.*¹⁷ foi realizado nos Estados Unidos com 1.102 crianças e adolescentes de 6 a 18 anos submetidos a cirurgias eletivas e encontrou os seguintes pontos de corte da CP também para identificação de sobrepeso e obesidade, respectivamente: 28,5 e 39,0 cm para os meninos e 27,0 e 34,6 cm para meninas.

O estudo de Lou *et al.*¹⁸ foi realizado na China com 2.847 crianças e adolescentes da etnia Han, na faixa etária de 7 a 12 anos. Foram identificados os seguintes pontos de corte da CP para sobrepeso e obesidade, respectivamente: 27,4 e 31,3 cm para os meninos e 26,3 e 31,4 cm para meninas.

O estudo de Silva *et al.*⁷⁴ em Campinas, no estado de São Paulo, foi parte de uma investigação maior, o Brazilian Metabolic Syndrome Study (BRAMS). Participaram da amostra 388 adolescentes de 10 a 19 anos de Campinas, no estado de São Paulo. Os pontos de corte da CP para identificação de resistência à insulina encontrados pelos autores foram: *Meninos* pré-púberes: 30,3 cm; Púberes: 34,8 cm. *Meninas* pré-púberes: 32,0 cm; Púberes: 34,1 cm.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

- Determinar os pontos de corte da circunferência do pescoço que identificam os níveis de excesso de peso e predizem o risco cardiometabólico em adolescentes.

3.2 Objetivos Específicos

- Investigar as associações entre a circunferência do pescoço e o índice de massa corporal, circunferência da cintura, pressão arterial sistólica, pressão arterial diastólica e componentes bioquímicos do risco cardiometabólico dos adolescentes da amostra.
- Identificar por meio do cálculo de pontos do Escore de Risco PDAY, os adolescentes que apresentam fatores de risco cardiometabólico.
- Calcular por meio de métodos estatísticos pertinentes a sensibilidade e especificidade da CP em determinar pontos de corte para identificação de excesso de peso e predição do risco cardiometabólico nos adolescentes do estudo.

4 CASUÍSTICA E MÉTODOS

4.1 Desenho do estudo

Foi realizado um estudo transversal com adolescentes participantes de um estudo multicêntrico nacional realizado por pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro intitulado Estudo de Riscos Cardiovasculares em Adolescentes (ERICA), cujo objetivo foi estimar a prevalência de fatores de risco cardiovascular em adolescentes brasileiros. Foram avaliados no ERICA 73.339 estudantes na faixa etária entre 12 e 17 anos, de 1.248 escolas públicas e privadas, distribuídas por 124 municípios brasileiros com mais de 100 mil habitantes em 1º de julho de 2009 (dado populacional mais recente à época das definições básicas do ERICA)⁸⁹.

A amostra foi dividida em 32 estratos, constituídos pelos 27 municípios de capital das unidades da federação e por cinco conjuntos dos demais municípios, do interior, de mais de 100 mil habitantes, de cada uma das cinco macrorregiões do País. Assim, a amostra tem representatividade para o conjunto de municípios de médio e grande porte no nível nacional, regional e para as capitais e o Distrito Federal. Foram selecionados conglomerados em três níveis: escolas, combinações de ano e turno e turmas⁸⁹.

Considerando que a grande maioria das escolas tem três ou mais turmas dos turnos e anos selecionados para o estudo (7º, 8º e 9º ano do ensino fundamental e 1º, 2º e 3º ano do ensino médio), decidiu-se fixar a seleção de três turmas por escola. Para alcançar este objetivo e, ao mesmo tempo, manter um bom espalhamento da amostra ao longo dos turnos e anos, foram selecionadas inicialmente em cada escola três combinações de turno (manhã x tarde) e ano (EF-7, EF-8, EF-9, EM-1, EM-2, EM-3), onde EF corresponde ao Ensino Fundamental (7º ao 9º ano) e EM corresponde ao Ensino Médio (1º ao 3º ano)⁸⁹.

A média de alunos por turma, considerando uma perda de 15 %, ficou em torno de 20 alunos. Com esses parâmetros, foram obtidos os tamanhos das amostras de escolas e de turmas em cada estrato, dividindo o tamanho da amostra de alunos por 60 e 20⁸⁹.

Os pesos amostrais foram calculados pelo produto dos inversos das probabilidades de inclusão em cada estágio de seleção da amostra e foram calibrados considerando as estimativas de população de adolescentes matriculados em escolas localizadas nos estratos geográficos considerados, por sexo e idade. A análise foi ajustada para considerar o desenho amostral, com o

uso de rotinas estatísticas para amostragem complexa que consideram as fontes de variabilidade e a calibração com estimativas populacionais⁸⁹.

O cálculo do tamanho amostral considerou a prevalência esperada de Síndrome Metabólica em adolescentes de 4,0%, com erro máximo de 0,9% e com nível de confiança de 95%, além de um efeito de aglomeração de 2,97⁸⁹.

4.2 Amostra do estudo

A população do presente estudo corresponde a uma sub-amostra do projeto ERICA correspondente a um conjunto de adolescentes de 12 a 17 anos, matriculados em escolas de dois municípios do estado de Sergipe, no nordeste brasileiro, que foram a capital Aracaju e o município de Nossa Senhora do Socorro. A amostra tem representatividade local.

No processo de amostragem para o projeto ERICA no estado de Sergipe foram selecionadas 29 escolas municipais públicas e privadas, sendo 26 em Aracaju e 03 em Nossa Senhora do Socorro, onde foi realizado um levantamento das turmas e alunos das séries elegíveis (7º, 8º e 9º ano do ensino fundamental e 1º, 2º e 3º ano do ensino médio) que possibilitou a seleção de três turmas por escola. Nas turmas selecionadas foram avaliados todos os alunos que assinaram o Termo de Consentimento concordando em participar e estiveram presentes no dia da coleta de dados.

4.2.1 Critérios de exclusão

Para o presente estudo foram considerados critérios de exclusão indivíduos que relataram: presença de massas cervicais ou deformidades no pescoço, bócio, atraso no desenvolvimento neuropsicomotor, síndromes genéticas, hepatopatia, nefropatia, distúrbios metabólicos (tais como, hipotireoidismo e hipertireoidismo) e uso de corticoide sistêmico.

4.3 Coleta de dados

Os dados foram coletados nas escolas dos municípios selecionados, por uma equipe treinada previamente para o Projeto ERICA composta por profissionais da área da saúde de nível superior (supervisores) e por profissionais de nível médio (antropometristas e entrevistadores) e por uma equipe de alunos de graduação em Nutrição treinados para realização da mensuração da CP, pois essa medida não estava incluída na coleta de dados do ERICA.

A maturação sexual foi definida por auto-avaliação, de acordo com os critérios propostos por Tanner⁹⁰. Para a auto-classificação nos estágios pré puberal, puberal e pós puberal, os adolescentes observavam imagens com etapas de desenvolvimento dos seios, para o sexo feminino e dos genitais externos, para o sexo masculino, e registravam a resposta equivalente em um coletor eletrônico de dados, o *personal digital assistant* (PDA).

4.3.1 Dados Antropométricos e Pressão Arterial:

Foram coletados pela equipe do Projeto Erica os dados antropométricos referentes ao peso, altura, circunferência da cintura (CC) e a mensuração da pressão arterial (PA).

Para aferição do peso foi utilizada uma balança digital da marca Líder®, modelo P150m, capacidade de 200 kg e precisão de 50 g. Os adolescentes foram pesados sem os sapatos e foram retiradas as peças extras de vestuário ou objetos dos bolsos do uniforme escolar. Os mesmos se posicionaram com os pés unidos no centro da balança, corpo ereto, o peso distribuído igualmente sobre os dois pés, imóveis, com os braços relaxados ao longo do corpo, cabeça na posição anatômica e de costas para o visor.

Para medida da altura foi utilizado um estadiômetro portátil e desmontável, da marca Altuxata®, com resolução em milímetros e estatura máxima de 213 cm. Para realização da medida da estatura, os adolescentes retiraram os sapatos, penteados ou adornos da cabeça. Os mesmos foram posicionados no centro do equipamento, em pé, imóveis, eretos, com os braços relaxados ao longo do corpo e a coluna vertebral encostada na régua do estadiômetro com o Plano de Frankfurt paralelo à base.

Para análise dos dados antropométricos de peso e altura dos adolescentes foi calculado o Índice de Massa Corporal por Idade (IMC/I) segundo os pontos de corte das curvas da Organização Mundial de Saúde (2007)⁹¹. Os pontos de corte adotados foram: escore-Z < -3 (muito baixo peso); escore-Z $\geq$ -3 e < -2 (baixo peso); escore-Z $\geq$ -2 e $\leq$ 1 (eutrofia); escore-Z > 1 (sobrepeso) e $\leq$ 2; escore-Z > 2 (obesidade).

Para medida da CC foi utilizada uma fita métrica inelástica em fibra de vidro da marca Sanny®, com resolução em milímetros e extensão de 1,5 metros. Para aferição dessa medida o adolescente foi colocado de pé, ereto, mantendo o abdômen relaxado e os braços cruzados sobre o tórax. A medida foi realizada no ponto médio entre o nível da margem costal inferior, da última costela falsa e o ponto mais alto da crista ilíaca, na linha axilar média. Para análise da CC foram utilizados os critérios de referência de normalidade do IDF⁴⁶ adotados pelo estudo ERICA:

< 16 anos: $\leq$ Percentil 90

≥ 16 anos, sexo masculino: ≤ 90 cm

≥ 16 anos, sexo feminino: ≤ 80 cm

Para a medição da CP a equipe de pesquisadores do presente estudo composta por alunos de graduação em Nutrição, devidamente treinados para padronização da técnica, utilizaram uma fita métrica inelástica em fibra de vidro da marca *Sanny®*, com resolução em milímetros e extensão de 1,5 metros.

A medida da CP foi realizada com o adolescente em pé e a cabeça posicionada no plano horizontal de Frankfurt. O pesquisador efetuou a palpação do pescoço do adolescente para localizar a cartilagem cricóide, onde posicionou a fita métrica exercendo pressão mínima no momento da tomada da medida para melhor contato da fita com a pele⁹² (Figura 1).

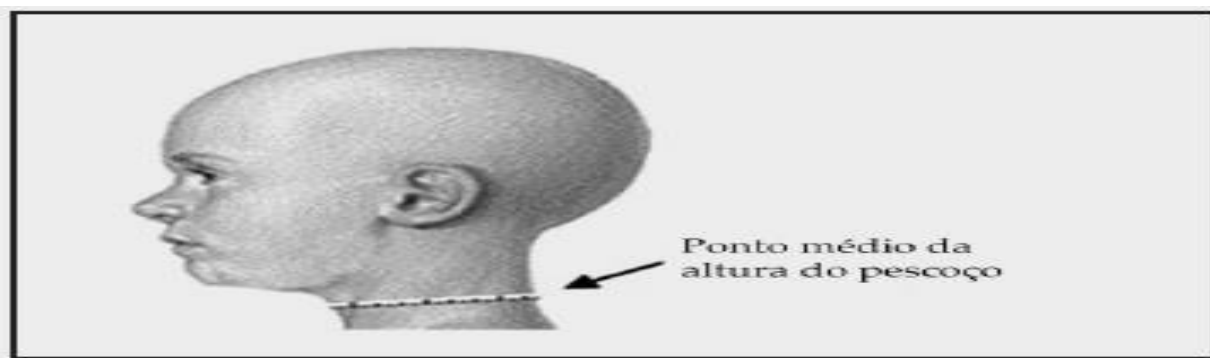


Figura 1. Local anatômico para mensuração da circunferência do pescoço.

Fonte: Vasques *et al.*⁹³

Para medida da pressão arterial foi utilizado o aparelho da marca *Omron®*, modelo 705-CP, validado para uso em adolescentes. Para a mensuração da PA o adolescente se manteve sentado, com os pés no chão e a pressão só foi medida após 5 minutos de repouso. A aferição foi realizada no braço direito estendido, apoiado na mesa e na altura do coração. Foram realizadas três medidas consecutivas para cada indivíduo, com intervalo de três minutos entre elas. A primeira medida foi descartada e utilizou-se a média das duas últimas medidas⁹⁴.

Os adolescentes foram classificados como: normotensos, se a pressão arterial sistólica e a diastólica eram mais baixas que os valores do percentil 90 para sua estatura, sexo e idade; pré-hipertensos (PH), se a pressão sistólica ou a diastólica encontravam-se entre os percentis 90 e 95 ou com a pressão arterial sistólica maior ou igual a 120 mmHg ou a diastólica maior ou igual a 80 mmHg, mas com percentil menor que 95; e, hipertensos, se a pressão arterial sistólica ou a diastólica correspondia ao percentil 95 ou superior⁹⁴.

4.3.2 Dados bioquímicos

As coletas para análises foram realizadas nas escolas por um único laboratório contratado para o estudo ERICA que seguiu as normas de qualidade vigentes e exigidas para sua qualificação. Os adolescentes foram orientados a ficar em jejum por 12 horas antes da coleta e um questionário foi aplicado antes do exame para confirmar o cumprimento do jejum. Apenas os alunos do período da manhã participaram da coleta, devido à necessidade do jejum, e esse preparo só era viável para os adolescentes que frequentavam a escola neste período do dia.

Os métodos utilizados e os valores de referência para Glicemia, Hemoglobina Glicosilada, Insulina, Colesterol Total, Triglicerídeos LDL-c e HDL-c foram semelhantes aos do projeto ERICA e estão descritos no Quadro 2.

Quadro 1. Métodos da análise laboratorial e valores de referência utilizados no estudo.

Exames Bioquímicos	Método ^a	Valores de referência		
		Desejável	Limítrofe	Elevado
Triglicerídeos (mg/dL) ^b	Cinética enzimática	< 100	100-129	≥ 130
Colesterol Total (mg/dL) ^b	Cinética enzimática	< 150	150-169	≥ 170
LDL-c (mg/dL) ^b	Equação de Friedewald	< 100	100-129	≥ 130
HDL-c (mg/dL) ^b	Ensaio colorimétrico enzimático	≥ 45	-	-
Glicemia de Jejum (mg/dL) ^c	Método enzimático GOD-PAP	70-99	100-125,9	≥ 126
Hemoglobina Glicada (%) ^c	Cromatografia de troca iônica	≤ 5,7	-	≥ 5,7
Insulina (mU/L) ^c	Quimiluminescência	< 15	15-20	≥ 20

LDL-c: colesterol associado à lipoproteína de baixa densidade; HDL-c: colesterol associado à lipoproteína de alta densidade

^a Sociedade Brasileira de Patologia⁹⁵.

^b V Brazilian Guidelines on Dyslipidemias and Prevention of Atherosclerosis⁹⁶.

^c American Diabetes Association⁹⁷.

Fonte: Faria Neto *et al.*⁹⁸.

Com os valores de glicemia e insulinemia de jejum foi calculado o índice HOMA-IR, obtido através de fórmula pré-estabelecida: $HOMA-IR = (Insulinemia \text{ de jejum} \times Glicemia \text{ de jejum}) / 22,5$. Os pontos de corte adotados foram os propostos por Rocco *et al.*⁹⁹ em um estudo brasileiro de base escolar e correspondem a 1,65 para meninas e 1,95 para meninos.

4.4 Classificação do Risco Cardiometabólico segundo o *Pathobiological Determinants of Atherosclerosis in Youth (PDAY)*

4.4.1 Pontuação do Escore de Risco PDAY

Para avaliação do risco cardiometabólico dos adolescentes da amostra foi utilizado o escore de risco *PDAY*⁹, construído a partir da soma de pontos equivalentes aos fatores de risco modificáveis e não modificáveis individuais: idade, sexo, colesterol não HDL, colesterol HDL, tabagismo, pressão arterial, IMC, glicemia de jejum e hemoglobina glicosilada.

A estratificação do risco foi baseada no total de pontos referentes aos fatores de risco modificáveis e não modificáveis (Quadro 2), classificando-se a seguir em três categorias de risco para lesões ateroscleróticas avançadas nas artérias coronárias: baixo risco (pontuação ≤ 0); risco intermediário (pontuação ≥ 1 e ≤ 4) e alto risco (pontuação ≥ 5).

Quadro 2. Escore com base nos fatores de risco modificáveis e não modificáveis do *Pathobiological Determinants of Atherosclerosis in Youth (PDAY)*.

IDADE (ANOS)	PONTOS	TABAGISMO	PONTOS
10-19	0	Sem tabagismo	0
20-24	5	Tabagista	1
25-29	10	PRESSÃO ARTERIAL (PA)	
30-34	15	Normotenso	0
SEXO		PA Elevada	4
Masculino	0	OBESIDADE (IMC)	
Feminino	- 1	<i>Sexo Masculino</i>	
NÃO HDL-c		$IMC \leq 30 \text{ kg/m}^2$	0
< 130 mg/dL	0	$IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$	6
130-159 mg/dL	2	<i>Sexo Feminino</i>	
160-189 mg/dL	4	$IMC \leq 30 \text{ kg/m}^2$	0
190-219 mg/dL	6	$IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$	0
$\geq 220 \text{ mg/dL}$	8	HIPERGLICEMIA	
HDL-c		Glicemia de Jejum < 126 mg/dl e Hemoglobina Glicosilada < 6,5%	0
< 40 mg/dL	1	Glicemia de Jejum $\geq 126 \text{ mg/dl}$ e Hemoglobina Glicosilada $\geq 6,5\%$	5
40-59 mg/dL	0		
$\geq 60 \text{ mg/dL}$	- 1	TOTAL DE PONTOS	

Fonte: McMahan *et al.*¹⁰⁰

4.5 Análise Estatística

Os dados foram analisados através do programa *R Core Team* 2016. Para a análise descritiva foram calculadas as médias, desvios-padrão, medianas relativos à idade, variáveis antropométricas, bioquímicas e pressão arterial. Os dados de classificação do estado nutricional, gênero e classificação do risco cardiometabólico de acordo com o *PDAY* foram apresentados por meio de frequências. Foi utilizado o teste de Mann-Whitney para comparar as medianas referentes às variáveis antropométricas, bioquímicas e pressão arterial entre os grupos de adolescentes divididos por gênero, faixa etária ou estágio puberal e o teste do Qui-quadrado de

Pearson para comparação dos dados referentes a classificação do estado nutricional e do risco cardiometabólico de acordo com o *PDAY*.

O Coeficiente de correlação de Spearman foi utilizado para avaliar a associação entre a CP e CC, IMC, valores dos exames bioquímicos e pressão arterial. A análise de regressão logística múltipla foi utilizada para avaliar a chance (odds ratio) de desenvolvimento do risco cardiometabólico de acordo com o aumento da CP em comparação ao IMC e a CC.

Foi analisada através da curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*) a validade preditiva da CP, bem como, a determinação dos pontos de corte para a identificação de sobrepeso ou obesidade e risco cardiometabólico nos adolescentes da amostra. Para cada ponto de corte foram calculados valores de sensibilidade e especificidade, que foram dispostos no gráfico da curva ROC, que apresenta no eixo das ordenadas os valores de sensibilidade e nas abscissas o complemento da especificidade¹⁰¹.

A área sob a curva (*AUC*) descreve a probabilidade de identificar corretamente indivíduos que são verdadeiro-positivos e indivíduos que não são. Uma pontuação ótima terá uma *AUC* com valor de 1,0. Portanto, quanto mais próximo de 1,0 maiores serão a sensibilidade e a especificidade¹⁰¹.

Na análise dos pontos de corte para determinação dos níveis de excesso de peso nos adolescentes do estudo, os pacientes com resultados verdadeiro-positivos foram aqueles com altos valores de IMC e CP; verdadeiros-negativos aqueles com valores de IMC e CP baixos; falsos-positivos aqueles indivíduos com elevados valores de CP elevados e IMC baixos e falso-negativos aqueles com baixos valores de CP e elevados de IMC.

Na análise dos pontos de corte para determinação do risco cardiometabólico, os pacientes com resultados verdadeiro-positivos foram aqueles com altos valores de CP e classificados de acordo com o Escore de Risco *PDAY* com pontuação igual ou acima de 5, ou seja, a partir do alto risco; verdadeiros-negativos aqueles com valores de CP e *PDAY* baixos; falsos-positivos aqueles indivíduos com elevados valores de CP e baixos valores de pontuação no *PDAY* e falso-negativos aqueles com baixos valores de CP e *PDAY* com valores elevados de pontuação.

A sensibilidade foi calculada como verdadeiros positivos (verdadeiro-positivos + falso-negativos) e a especificidade como verdadeiros negativos (verdadeiro-negativos + falso-positivos). O valor preditivo positivo (VPP) foi definido como a percentagem de indivíduos com elevados valores de IMC e CP e *PDAY* e CP.

Valor preditivo negativo (VPN) foi definido como a percentagem de indivíduos com baixos valores de IMC e CP e *PDAY* e CP. Quanto maior foi a incidência de pacientes com valores elevados de IMC e CP e *PDAY* e CP maior foi o VPP e menor o VPN, e vice-versa.

Os testes utilizados para calcular o ponto de corte ótimo foram: Máxima Eficiência (maximiza os verdadeiros positivos e verdadeiros negativos), Youden (maximiza eficiência e sensibilidade simultaneamente) e Maximização do Kappa de Cohen (maximiza a concordância entre o valor previsto e o valor esperado)¹⁰¹.

A normalidade foi verificada utilizando-se o teste Kolmogorov-Smirnov e o nível de significância adotado para todos os testes do estudo foi de 5% ($p < 0,05$).

4.6 Aspectos Éticos

O projeto ERICA foi aprovado em âmbito central pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Estudo de Saúde Coletiva da Universidade Federal do Rio de Janeiro sob o nº 0027.0.239.000-08 e em âmbito local pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Sergipe sob o registro **CAAE** 05185212.2.2033.5546. O presente estudo é um adendo do projeto aprovado em âmbito local.

Os adolescentes que apresentaram alterações nos resultados dos exames realizados foram encaminhados, de acordo com a gravidade, para a unidade básica de saúde de referência do seu domicílio ou para o serviço de ambulatório do Hospital Universitário de Sergipe.

5 RESULTADOS

Os resultados serão apresentados no formato de dois artigos originais. O primeiro artigo intitulado “*Neck circumference as screening measure for identifying adolescents with overweight and obesity*”, foi submetido e publicado no *Journal of Human and Growth and Develoment* e teve como objetivo a identificação de pontos de corte da Circunferência do Pescoço (CP) para determinação dos níveis de excesso de peso em adolescentes.

O segundo artigo intitulado “*Neck Circumference Cut-off Point in Adolescents Cardiometabolic Prediction According to PDAY Risk Score Criteria*” foi submetido ao *Journal of Adolescent Health* e tem como objetivo a determinação de pontos de corte da circunferência do pescoço para predição do risco cardiometabólico em adolescentes.

Neck circumference as screening measure for identifying adolescents with overweight and obesity

Márcia Ferreira Cândido de Souza¹, Ricardo Queiroz Gurgel², Íkaro Daniel de Carvalho Barreto³, Saravanan Shanmugam⁴

DOI: <http://dx.doi.org/10.7322/jhgd.119302>

Abstract

Objective: To study the neck circumference (NC) cut-off points for identifying excess body weight levels in adolescents from age between 12-17 years.

Methods: Cross-sectional study was conducted using the data from a Brazilian multicentric project called Study of Cardiovascular Risks in Adolescents – ERICA, which included adolescents with age between 12-17 years' residents in two Brazilian cities from the Northeast part of Brazil. Anthropometric measurements and blood pressure data were collected from the adolescent's sample. The mean average in between the adolescents' groups was compared using the Mann-Whitney. The correlation was estimated by Spearman correlation coefficient to evaluate the association between the NC and other anthropometric variables like age, waist circumference (WC), body mass index (BMI) and blood pressure. The ROC curve was used to analyze the predictive validation of NC as well as to determine the cut-off point of overweight and obesity identification among the adolescents.

Results: This study comprised 1474 adolescents with a mean age of 14.59 ± 1.57 years, in which 55.3% were female. It was found a positive correlation between NC and WC; NC and BMI. The cutoff point for overweight according to the NC for male adolescents aged 12 to 14 years was equivalent to 34.1 cm and for females 32.05 cm. The adolescent male aged 15 to 17 years group the cutoff point was 36.85 cm and for women 32.95 cm. The cutoffs points for obesity according to the NC for male adolescents aged 12 to 14 years was 34.9 cm and for females 33.85 cm. In the age group 15-17 years, the cutoff point for obesity for males was 38.4 cm and for females 35.85 cm.

Conclusions: The neck circumference represented significant correlation among waist circumference and body mass index well established indicators of adiposity and can identify adolescents with high body mass index.

Key words: obesity, anthropometric, neck, adolescent nutrition.

INTRODUCTION

The increasing weight in the age group 10-19 years was evidenced in recent decades in countries with different socioeconomic development stages. Regarding obesity numbers among Brazilian male adolescents, the rate has increased from 3.7% to 21.7% and among women from 7.6% to 19.0 % between the years of 1975 to 2009¹.

An important strategy to control obesity in Brazil would be to develop a practical method of diagnosis for

this disease which is low cost, simple and reliable for the assessment of adolescents, especially in primary care.

There are numerous anthropometric methods used to evaluate overweight and obesity. Some techniques are applicable for primary health care, like weight and height measurement, waist and hip circumference and the calculation in between these measurements; however, there is still controversy about the effectiveness of some methods for measuring overweight/obesity in children and adolescents².

1. Hospital Universitário da Universidade Federal de Sergipe. Aracaju (SE), Brasil.

2. Núcleo de Pós-Graduação em Ciências da Saúde. Universidade Federal de Sergipe. Aracaju (SE), Brasil.

3. Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada - PPGBEA – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Pernambuco, Brasil.

4. Departamento de Farmácia. Universidade Federal de Sergipe. Aracaju (SE), Brasil.

Corresponding author: Email: marciacandido@ufs.br

Suggested citation: Souza MFC, Gurgel RQ, Barreto IDC, Saravanan S. Neck circumference as screening measure for identifying adolescents with overweight and obesity. *J Hum Growth Dev.* 26(2): 260-266. Doi: <http://dx.doi.org/10.7322/jhgd.119302>.

Manuscript submitted: Feb 2 2016, accepted for publication Feb 29 2016.

Body Mass Index is considered to be the main anthropometric measure for evaluating overweight due to its low cost and ease of application³, but despite these advantages, several studies have shown numerous points of disagreement about its application to the correct diagnosis of obesity composition^{4,5}.

Vague⁶ was the first researcher to realize that different body morphology and body fat distribution type are related to the health risks associated with obesity. He used the neck skin fold in its male differentiation index to assess the fat distribution in the upper body. From Vague study⁶, neck circumference (NC) has been investigated as a screening instrument for overweight individuals because it is easy to measure, low cost; it is not invasive and does not vary throughout the day as it happens with waist circumference⁶. In addition, neck circumference correlates with several studies with other anthropometric measurements related to fat and cardiovascular risk factors.⁷⁻⁹

There is a lack of studies that evaluate NC in adolescents. Therefore, considering the ease of obtaining the NC in epidemiological studies and clinical practice and also the importance of early identification of overweight for prevention of metabolic disorders and diseases in adulthood, the aim of the present study is to measure the NC cut-off points for identification of overweight levels in adolescents from two cities of Northeast part of Brazil.

METHODS

Study design

A cross-sectional study was conducted using data from a national multicenter project named as The Study of Cardiovascular Risks in Adolescents (ERICA)¹⁰. The main objective of this research was to estimate the prevalence of cardiovascular risk factors in Brazilian adolescents. In that multicenter study, over 75 thousand students aged between 12 and 17 years were evaluated from 1,248 public and private schools, all distributed in 121 Brazilian municipalities with over 100 thousand inhabitants.

Study sample

The population from this study corresponds to a subsample from ERICA's project which consists of adolescents aged 12 to 17 years, enrolled in schools from two cities Aracaju and Nossa Senhora do Socorro from the State of Sergipe, Brazilian Northeast. The sample may be considered to have local representativity.

For ERICA's Project sample procedure in Sergipe, twenty nine public and private schools were selected, twenty six located in Aracaju and three in Nossa Senhora do Socorro, the second municipality with over 100,000 inhabitants in Sergipe State. A survey using class year as a proxy of age took place in order to select eligible classes (7th, 8th, 9th years of elementary school and 1st, 2nd and 3rd years of high school) and which allowed three classes to be chosen from each school.

In each selected class, every student evaluated had signed the Informed Consent Form agreeing to participate and be present at the data collecting day.

Groups by age

The adolescents were divided into two groups with different age levels for evaluation of results determination. Group 1 was composed with individuals aging between 12 to 14 years and the Group 2 aging between 15 to 17 years.

Exclusion Criteria

The exclusion criteria presented by individuals in this present study were: neck mass presence or neck deformities, goiter, psychomotor retardation, genetic syndromes, liver and kidney disease, metabolic disorders (such as hypothyroidism and hyperthyroidism) and the use of systemic corticosteroid.

Data collection

All necessary information about this study was collected from schools of the selected municipalities by a previous trained team for the ERICA's project. Anthropometric measurements such as, weight, height, Body Mass Index (BMI) and waist circumference (WC), Blood pressure (BP) data was collected. In addition to the anthropometric data and BP collected by ERICA's team, researchers also measured neck circumference (NC) of the adolescents in the sample. Weight was calculated using an electronic digital scale (Lider®), model P150m, 200 kg of capacity and 50 g of precision. For body weight measurement, all adolescents were evaluated without shoes or any extra clothing nor objects in their school uniform pockets. They were positioned in the middle of the scale, both feet together, standing upright, weight evenly on both feet, motionless, arms relaxed alongside, head in anatomical position and back to the display.

Height was determined by a portable and retractable stadiometer (Altuxata®), with resolution in millimeters and maximum range of 213 centimeters. For height measurement, adolescents removed their shoes and headresses. They were positioned in the middle of the equipment, standing motionless, erect with arms relaxed alongside and leaning in the stadiometer ruler with the Frankfurt plane parallel to the base.

For body weight and height analyses, Body Mass Index for age (BMI/age) was calculated according to the World Health Organization's (WHO) cutoff points as reference. The cutoff points were: Z-score < -3 (malnutrition); Z-score ≥ -3 and < -2 (low weight); Z-score ≥ -2 and ≤ 1 (normal weight); Z-score > 1 (overweight) and ≤ 2; Z-score > 2 (obesity).

For waist circumference (WC) it was used an inelastic fiber glass anthropometric tape (Sanny®) with resolution in millimeters and length of 1.5 meters. WC was measured with the adolescent in the standing- upright position, with abdomen relaxed and arms crossed over the chest. The measurement was done at the midpoint between the lower costal border, from the last rib and the iliac crest, in the axillary midline.

Blood pressure was measured using a digital device Omron®, 705-IT, validated for use in adolescents. For this measurement, the adolescent remained sitting with their feet on the floor and the pressure was only measured after 5 minutes of rest. The measurement was taken with the extended right arm resting on the table at heart level. Three

consecutive measures for each individual were taken between each, with three minutes intervals. The first reading was discarded and used the average of the last two.

Neck circumference (NC) was measured by the team of researchers comprised dietitians and nutrition graduate students, properly trained for technical standardization, using an inelastic fiberglass tape (Sanny®), with resolution in millimeters and extension 1.5 meters. The NC measurement was carried out with the child standing and head positioned in the Frankfurt horizontal plane. The researcher made the teenager's neck palpation to locate the cricoid cartilage, which positioned the tape exerting minimum pressure at the time of taking the measure for better contact of the tape with the skin.

Ethical issues

The ERICA project was approved by the Research Ethics Committees (REC) of the Institute of Collective Health Studies of the Universidade Federal do Rio de Janeiro, under No. 0027.0.239.000-08 and locally by the Research Ethics Committee of the Universidade Federal de Sergipe under the register number CAAE 05185212.2.2033.5546.

Statistical analyses

Data were analyzed using the R program. For descriptive analysis, mean and standard deviations were calculated relating to age, anthropometric variables and blood pressure. Mann-Whitney test was used to compare the averages between groups of adolescents by gender and age.

The Spearman correlation coefficient was used to assess the association between NC and other continuous variables such as age, WC, BMI and blood pressure.

NC predictive validity was analyzed by ROC curves (Receiver Operating Characteristic) as well as the determination of cutoff points for identifying overweight and obesity in adolescents in the sample.

For each cutoff point, sensitivity (SE) and specificity (SP) values were calculated and placed in the ROC curve graph which shows on the ordinate axis the sensitivity and the abscissas complement of specificity. The area

under curve (AUC) describes the probability of correctly identified individuals that are true positives and those that are not. The higher "cutoff point" greater specificity of the test and the lower the sensitivity. The smaller the "cutoff point" greater sensitivity and is lower specificity. A good score will have an AUC value of 1. Therefore, the closer to 1.0 the higher sensitivity and specificity will be¹¹.

For this study, patients were considered as true-positive results those with high BMI and NC values; true-negative those with low BMI and NC values; false positives those individuals with high NC values and low BMI and false-negative those with low NC values and high BMI. Sensitivity was calculated as true positives (true positives + false negatives) and specificity as true negatives (true negatives + false positives).

The positive predictive value (PPV) was defined as the percentage of subjects with high BMI and NC. Negative predictive value (NPV) was defined as the percentage of subjects with low BMI and NC. The higher the incidence of patients with a high BMI and NC values, higher is the PPV and lower is the NPV and vice versa.

The tests used to calculate the optimal cutoff points were: Maximum Efficiency (maximizes the true positives and true negatives), Youden (maximizes efficiency and sensitivity simultaneously) and Maximizing Cohen's kappa (maximizing the correlation between the predicted value and the expected value). Normality was verified using the Kolmogorov-Smirnov test and significance level of 5% (p < 0.05).

RESULTS

A total of 1474 adolescents met the inclusion criteria for this study with mean age 14.59 ± 1.57 years, in which 55.3% were female. Regarding the education level, 51.8 % of adolescents were attending high school and 50.3% went to public schools. The classification of nutritional status according to BMI showed that 3.8% of adolescents were underweight and 10.4% were obese. The general characterization of adolescents of the sample is described in Table 1.

Table 1: Characterization by age group of the adolescent sample enrolled in public and private schools in Sergipe, Brazil.

VARIABLES	AGE GROUP		
	12-14 years (M + SD) a	15-17 years (M + SD) a	Total (M + SD) a
Age (years)	13.17 + 0.78	15.9 + 0.77	14.59 + 1.57
School Level	n (%)	n (%)	n (%)
Primary school (5 th to 9 th grade)	334 (47.1)	376 (49.2)	710 (48.1)
High school (1 st to 3 rd grade)	375 (52.9)	389 (50.8)	764 (51.8)
School type			
Public School	352 (49.6)	390 (51)	742 (50.3)
Private School	357 (50.4)	375 (49)	732 (49.7)
Nutricional Status			
Low weight	22 (3.1)	34 (4.4)	56 (3.8)
Normal weight	497 (70.1)	547 (71.5)	1044 (70.8)
Overweight	107 (15.1)	115 (15)	222 (15.0)
Obesity	83 (5.6)	69 (4.7)	152 (10.4)

aM = Mean; SD = Standard-Deviation

The medium height, SAP and NC were significantly higher in males in both age groups and beyond these anthropometric indicators in the group of 15 to 17 years, male adolescents also had an average weight and waist circumference significantly higher. The averages for the

anthropometric and blood pressure of adolescents stratified by age group are shown in Table 2.

The NC average was significantly higher in male teenagers in all nutritional state gaps according to BMI (Table 3).

Table 2: Average values of anthropometric indicators and arterial pressure by gender and age in Sergipe, Brazil.

Variable	12-14 years					15-17 years				
	Male N = 307		Female N = 402			Male N = 351		Female N = 414		
	M1	DP2	M1	DP2	p*	M1	DP2	M1	DP2	p*
Weight	53.42	14.00	51.14	10.63	0.10	65.02	14.66	56.69	12.25	< 0.001
Height	162.37	9.98	158.26	5.90	< 0.001	172.66	6.94	160.83	6.06	< 0.001
WC ^a	70.54	11.45	68.74	8.37	0.11	74.87	11.29	71.19	8.87	< 0.001
SAP ^b	110.14	12.52	105.71	10.44	< 0.001	117.91	12.07	108.53	11.36	< 0.001
DAP ^c	66.17	8.83	66.17	7.48	0.42	67.91	8.45	67.54	7.99	< 0.32
NC ^d	32.31	3.09	30.47	2.21	< 0.001	34.93	2.57	31.28	2.20	< 0.001
BMI	20.04	3.90	20.35	3.70	0.11	21.75	4.46	21.86	4.22	0.44

* Teste de Mann-Whitney ($p < 0.05$).

1 M = Medium; 2SD = Standard-Deviation; ^aWC = Waist Circumference; ^bSAP = Systolic Arterial Pressure; ^cDAP = Diastolic Arterial Pressure; ^dNC = Neck Circumference; eBMI = Body Mass Index

Table 3: Neck Circumference (NC) average of teenagers from the samples according to BMI and gender.

BMI Classification	Gender					
	M ^a	Male NC	SD ^a	M ^a	Female NC	DP ^a
Low Weight	31.53		2.28	28.32		1.88
Eutrophic	33.04		2.69	30.28		1.72
Overweight	34.74		2.38	32.31		1.80
Obesity	36.74		2.30	34.54		2.36

* Mann-Whitney test; 1 M = Medium; 2SD = Standard Deviation

Table 4. Correlation between Neck Circumference and Age, Waist Circumference, BMI and Blood Pressure.

VARIABLES	Neck Circumference	
	12-14 Ages (N = 458) r (p)*	15-17 Ages (N = 494) r (p)*
Waist Circumference	0.692 (< 0.001)	0.619 (< 0.001)
Body Mass Index	0.658 (< 0.001)	0.494 (< 0.001)
Systolic Arterial Pressure	0.514 (< 0.001)	0.530 (< 0.001)
Diastolic Arterial Pressure	0.286 (< 0.001)	0.198 (< 0.001)

* Spearman Coefficient Correlation.

The group of 12 to 14 years old presented a positive correlation between NC and WC ($r = 0.692$; $p < 0.001$); NC and BMI ($r = 0.658$; $p < 0.001$) and NC and Systolic Arterial Pressure ($r = 0.514$; $p < 0.001$); and in the age group between 15 and 17 years old the NC and WC ($r = 0.619$; $p < 0.001$); NC and BMI ($r = 0.494$; $p < 0.001$) and NC and Systolic Arterial Pressure ($r = 0.530$; $p < 0.001$). Table 2 presented all values found in the analysis of associations between the anthropometric variables Blood Pressure and NC.

The cutoff points for the determination of overweight according to NC for male teenagers in the age group of 12 to 14 years old were 34.1 cm and for female

32.05. Further, male teenagers in the group of 15 to 17 years old were 36.85 cm and the female 32.95 cm.

Considering cutoff points for the determination of obesity according to NC for male teenagers in the age group of 12 to 14 years old was 34.9 cm and female 33.85 cm. Meanwhile, male teenagers in the group of 15 to 17 years old the cutoff point for obesity was 38.4 cm and females 35.85 cm.

Table 5 presented the AUC and optimal cutoff points for NC equivalents to overweight, and obesity according to BMI classification for each of the age groups, including the sensibility (SE), PPV, specificity (SP) and corresponding NPV

Table 5. Cutoff points of Neck Circumference (NC) for the determination of overweight and obesity in female and male teenagers according to age groups

		AUC	Cutoff	SE	SP	PPV	NPV	PPV/ NPV	ACC
Overweight	Male								
	12-14	81.8	34.10	59	89	69	84	0.82	74
	15-17	85.2	36.85	58	91	67	87	0.77	75
	Female								
	12-14	89	32.05	60	94	80	87	0.92	77
Obesity	15-17	86.7	32.95	63	95	79	89	0.89	79
	Male								
	12-14	84.5	34.90	70	89	52	95	0.55	80
	15-17	89.3	38.40	59	99	92	95	0.97	79
	Female								
	12-14	94.8	33.85	59	99	88	96	0.92	79
	15-17	91.1	35.85	47	98	71	96	0.74	73

AUC = Area Under Curve; SE = Sensitivity; SP = Specificity; PPV = Positive Predictive Value; NPV = Negative Predictive Value; ACC = Accuracy.

DISCUSSION

Older male adolescents presented higher values for weight, height, WC, NC and SAP. NC was significantly correlated with all anthropometric indicators and with SAP, similar to the results found by Fitch et al.¹², Tibana et al.¹³, Stabe et al.¹⁴ Frizon and Buscaini¹⁵ and Silva et al.¹⁶

Based on these results, NC can be used as a simple measure in routine clinical practice, and be considered as a relevant anthropometric value, being able to identify obesity levels, becoming an efficient strategy to detect this nutritional disorder in public health.

Related to NC cutoff points, we used as reference the BMI/age according to WHO curves (2007). Nafiu et al.¹⁷ determined the cutoff points of NC for the identification of children with overweight and obesity based on the BMI classification and growth graphics of Centers for Disease Control and Prevention (CDC)¹⁸.

Comparing the results of sensibility and specificity, our study represented a lower sensibility in both ages groups for teenagers versus the 82.5% for all male and 79.7% for female teenagers found by Nafiu et al.¹⁷ But specificity is higher for all group ages and for both sex than the values found by the cited authors.¹⁷

The study described by Nafiu et al.¹⁷ did not present the predominance of NC over BMI, considering the traditional overweight classification method. According to Kim et al.¹⁹, this limitation is due to the fact that the CDC graphics are not precise enough to serve as reference method for the development of a group of cutoff points, because they have included a group of children, 70% of the total sample, that were submitted to various surgery outpatient clinics in a pediatric hospital. Therefore, the cutoff points developed in this particular group of children do not classify precisely overweight and obesity when submitted to healthy children.¹⁹

The present study also presented a higher specificity for all group ages and for both sexes versus the 85.0 %

of male teenagers and 91.3% of female teenagers, found in a study with healthy children.¹⁹

Related to the study developed by Kim et al.¹⁹, the relatively small number of individuals participating (92) may limit analysis and stratification of the results by age and may not precisely compare the NC with other anthropometric values, being compared with BMI.

In our population, obesity prevalence (10.4 %) was above the one found in ERICA study¹⁰ for the Brazilian northeast area (7.4 %) and national prevalence (8.4 %).²⁰

This elevated percentage of obese teenagers represents an important detection of this damage to health in students both in private and public schools, in the cities studied.

Salvador et al. found a low prevalence of nutritional deficiencies and high prevalence of indicators associated to obesity in individuals aged 8 to 17 years old in schools located at 3 administrative regions in the city of Vitória, Brazil²¹. In many countries such as Brazil, that went through rapid economic growth, many individuals were exposed to food privation during infancy, entering the adolescence in a completely different scenario of food availability, specially of ultra-processed food, which are highly associated with obesity risk.²²

The results here obtained could show that NC measurement is an important tool to identify overweight and obese teenagers. The observed results are consistent, since a higher precision of the classification cutoff points of NC in healthy populations, a more representative quantification of individuals in different age groups was seen and when compared to the references used. This is the first study to propose and analyze precision of cutoff points in the NC measurements of overweight and obesity in a sample of Brazilian teenagers.

The neck circumference represented significant correlation among waist circumference and body mass index well established indicators of adiposity and can identify adolescents with high body mass index.

■ REFERENCES

1. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009. Aquisição alimentar domiciliar per capita Brasil e grandes regiões. Rio de Janeiro: IBGE; 2010.
2. Hingorjo MR, Qureshi MA, Mehdi A. Neck circumference as a useful marker of obesity: A comparison with body mass index and waist circumference. *J Pak Med Assoc.* 2012; 62(1):36-40.
3. Giugliano R, Melo ALP. Diagnosis of overweight and obesity in schoolchildren: use of body mass index international standard. *J Pediatr (Rio J.)* 2004; 80(2):129-34. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0021-75572004000200010>
4. Pinto ICS, Arruda IKG, Diniz AS, Cavalcanti AMT. Prevalence of overweight and obesity, according to anthropometric parameters, and association with sexual maturation in adolescent students. *Cad Saúde Pública.* 2010;26(9):1727-37. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2010000900006>
5. Rezende FAC, Rosado LEFPL, Franceschini SCC, Rosado GP, Ribeiro RCL. Aplicabilidade do índice de massa corporal na avaliação da gordura corporal. *Rev Bras Med Esporte.* 2010;16(2):90-94. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-86922010000200002>
6. Vague J. The degree of masculine differentiation of obesities: a factor determining predisposition to diabetes, atherosclerosis, gout, and uric calculous disease. *Am J Clin Nutr.* 1956;4(1):20-34.
7. Hatipoglu N, Mazicioglu MM, Kurtoglu S, Kendirci M. Neck circumference: An additional tool of screening overweight and obesity in childhood. *Eur J Pediatr.* 2010;169(6):733-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00431-009-1104-z>
8. Yang GR, Yuan SY, Fu HJ, Wan G, Zhu LX, Bu XL, et al. Neck circumference positively related with central obesity, overweight, and metabolic syndrome in Chinese subjects with type 2 diabetes: Beijing Community Diabetes Study 4. *Diabetes Care.* 2010;33(11): 2465-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.2337/dc10-0798>
9. Mazici oglu MM, Kurtoglu S, Ozturk A, Hatipoglu N, Cidik B, Ustunbas HB. Percentiles and mean values for neck circumference in Turkish children aged 6-18 years. *Acta Paediatr.* 2010; 99(12): 1847-53. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1651-2227.2010.01949.x>
10. Bloch KV, Cardoso MA, Sichieri R. Estudo dos Riscos Cardiovasculares em Adolescentes (ERICA): resultados e potencialidade. *Rev Saúde Pública.* 2016; 50(Suppl.1): 2s. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S01518878.201605000SUPL1AP>.
11. Martinez EZ, Louzada-Neto F, Pereira BB. A curva ROC para testes diagnósticos. *Cad Saúde Pública.* 2003;11(1):7-31.
12. Fitch KV, Stanley TL, Looby SE, Rope AM, Grinspoon SK. Relationship between neck circumference and cardiometabolic parameters in HIV-infected and non HIV-infected adults. *Diabetes Care.* 2011; 34(4):1026-31. DOI: <http://dx.doi.org/10.2337/dc10-1983>
13. Tibana RA, Teixeira TG, Farias DL, Silva AO, Madrid B, Vieira A, et al. Relação da circunferência do pescoço com a força muscular relativa e os fatores de risco cardiovascular em mulheres sedentárias. *Einstein.* 2012;10(3):329-34. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-45082012000300013>
14. Stabe C, Vasques AC, Lima MM, Tambascia MA, Pareja JC, Yamanaka A, et al. Neck circumference as a simple tool for identifying the metabolic syndrome and insulin resistance: results from the Brazilian Metabolic Syndrome study (BRAMS). *Clin Endocrinol (Oxf).* 2013;78(6):874-81. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2265.2012.04487.x>
15. Frizon V, Boscaini C. Neck Circumference, Cardiovascular Disease Risk Factors and Food Consumption. *Rev Bras Cardiol.* 2013; 26(6):426-34.
16. Silva CC, Zambon MP, Vasques ACJ, Rodrigues AMB, Camilo DF, Antonio MARGM, et al. Circunferência do pescoço como um novo indicador antropométrico para predição de resistência à insulina e componentes da síndrome metabólica em adolescentes: Brazilian Metabolic Syndrome Study. *Rev Paul Pediatr.* 2014;32(2):221-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-0582201432210713>
17. Nafiu OO, Burke C, Lee J, Voepel-Lewis T, Malviya S, Tremper KK. Neck circumference as a screening measure for identifying children with high body mass index. *Pediatrics.* 2010;126(2):e306-10. DOI: <http://dx.doi.org/10.1542/peds.2010-0242>
18. Kuczmarski RJ, Ogden CL, Guo SS, Grummer-Strawn LM, Flegal KM, Mei Z, et al. 2000 CDC Growth Charts for the United States: methods and development. *Vital Health Stat.* 2002;11(246):1-190.
19. Kim Y, Lee J-M, Laurson K, Bai Y, Gaesser GA, Welk GJ. Accuracy of Neck Circumference in Classifying Overweight and Obese US Children. *ISRN Obes.* 2014; 781841. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/781841>
20. Bloch KV, Klein CH, Szklo M, Kuschner MCC, Abreu GA, Barufaldi LA, et al. ERICA: prevalências de hipertensão arterial e obesidade em adolescentes brasileiros. *Rev. Saúde Pública.* 2016;50(1):9s. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S01518-8787.2016050006685>
21. Salvador CCZ, Kitoko PM, Gambardella AMD. Nutritional status of children and adolescents: factors associated to overweight and fat accumulation. *J Hum Growth Dev.* 2014;24(3):313-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.7322/jhgd.88969>

This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated.

RESUMO

Objetivo: Identificar pontos de corte de acordo com a circunferência do pescoço (CP) para determinação dos níveis de excesso de peso em adolescentes.

Método: Estudo transversal com adolescentes entre 12 e 17 anos, residentes em dois municípios do nordeste brasileiro. Foram coletados dados antropométricos e Pressão Arterial (PA). Foi realizado o teste de Mann-Whitney para comparação dos dados e o Coeficiente de Correlação de Spearman para associação entre a CP e outras variáveis antropométricas como a idade, circunferência da cintura (CC), Índice de Massa Corporal (IMC) e a PA. Foi analisada a validade preditiva da CP na determinação de pontos de corte para identificação do excesso de peso nos adolescentes.

Resultados: A amostra foi composta por 1474 adolescentes com idade média de $14,59 \pm 1,57$ anos, sendo 55,3 % do gênero feminino. Foi encontrada uma correlação positiva entre CP e CC e CP e IMC. De acordo com a CP, os pontos de corte para identificação de sobrepeso na faixa etária entre 12 e 14 anos foi equivalente a 34,1 cm para meninos e 32,05 cm para meninas. Na faixa etária entre 15 e 17 anos foi 36,85 cm para meninos e 32,95 cm para meninas. Os pontos de corte para obesidade na faixa etária entre 12 e 14 anos foi 34,9 cm para meninos e 33,85 cm para meninas. Na faixa etária entre 15-17 anos, o ponto de corte para a obesidade foi 38,4 cm para meninos e 35,85 cm para meninas.

Conclusões: A Circunferência do Pescoço apresentou correlação significativa com a CC e o IMC, indicadores bem estabelecidos de adiposidade, podendo identificar adolescentes com sobrepeso e obesidade.

Palavras-chave: obesidade, antropometria, pescoço, nutrição do adolescente.

TITLE PAGE

TITLE OF ARTICLE: NECK CIRCUMFERENCE CUT-OFF POINT IN ADOLESCENTS CARDIOMETABOLIC PREDICTION

AUTHORS:

Márcia Ferreira Cândido de Souza (MFCS)¹

Ricardo Queiroz Gurgel (RQG)²

Íkaro Daniel de Carvalho Barreto (IDCB)³

INSTITUTION OF AUTHORS

1. Doctoral. Graduate Center Health Sciences. Federal University of Sergipe. Aracaju, Brazil.

2. Post doctoral. Graduate Center for Health Sciences. Federal University of Sergipe. Aracaju, Brazil.

3. Master. Graduate Program in Biometry and Applied Statistics. Rural Federal University of Pernambuco.

NAME OF RESPONSIBLE AUTHOR'S MAILING ADDRESS:

Márcia Ferreira Cândido de Souza.

Endereço: Rua Homero de Oliveira 325. Ed. Porto Fino Apto 402, Bairro 13 de Julho. Aracaju (SE), Brasil.

Telefone para contato: +55 79 98824-5892/ +55 79 3246-1116

Email: nutrimarciacandido@gmail.com

MFCS¹ - Designed and conducted research; Wrote paper; Analyzed data.

RQG² - Designed Research.

IDCB³ - Analyzed data and performed statistical analysis

All authors read and approved the final manuscript.

ABSTRACT

Objective: to identify the association between Neck Circumference and cardiometabolic risk and to determine the cut-off points of Neck Circumference for prediction of cardiometabolic risk in adolescents.

Methods: Cross sectional study with 904 students between 12 and 17 years of age in public and private schools of Aracaju and Nossa Senhora do Socorro, (Brazil). Demographic, anthropometric: weight, neck circumference (NC), body mass index (BMI) and waist circumference (WC)), biochemical, blood pressure (BP) data of the adolescents studied were collected. Cardiometabolic risk was evaluated according to the Pathobiological Determinants of Atherosclerosis in Youth Risk Score criteria. For descriptive analysis of the anthropometric, BP and biochemical variables we calculated median, minimum, maximum. Mann Withney and Chi-Square testes were used for comparison of data and the Spearman Correlation test and multiple regression analysis for association of the data. From ROC curve the predictive validity of NC on the identification of cardiometabolic risk was analyzed.

Results: NC was positively correlated with other adiposity anthropometric indicators (BMI and WC) and with cardiometabolic risk (BP, HDL-cholesterol, insulin, fasting glycemia and glycosylated hemoglobin), and was the only measurement significantly associated with insulin ($p = 0.02$). The cut-off points of NC for the cardiometabolic risk prediction according to the PDAY risk score were: pubertal stage (female: 31.02 cm; male: 32.17 cm) and for post pubertal stage (female: 35.62 cm; male 36.62 cm).

Conclusions: NC presented significant correlation with other adiposity indicators and may be used to identify adolescents with cardiometabolic risk independently of pubertal stage.

Key-words: adolescents, neck circumference, obesity, cut-off, cardiometabolic risk

INTRODUCTION

The Study Cardiovascular Risk in Adolescents (Portuguese acronym: ERICA) carried out in 2013 with 73.339 Brazilian students from 12 to 17 years old showed a 25.5% prevalence in overweight in this population [1]. This study also showed that adolescents with obesity had a higher prevalence in arterial hypertension. Therefore, the greater the prevalence of weight excess, the greater the interest in studying vulnerable groups, such as adolescents, because of the possible continuous trend to sustain obesity patterns [2] and risk factors associated in adulthood.

Information on cardiovascular disease (CVD) risk in adolescents is important as it may direct preventive strategies in early stages of the disturb. Additionally, it may provide a valuable insight into the etiology of inflammation, premature atherosclerosis and childhood adiposity [3].

The *Pathobiological Determinants of Atherosclerosis in Youth* (PDAY) [4] was a multicenter study which confirmed the origins of atherosclerosis in childhood and adolescence and the prevalence of fat stretch marks and more rapid progression of fibrous plates in this age group [5]. Atherosclerosis therefore, ceased to be a chronic degenerative disease exclusively of older patients, becoming a subclinical chronic inflammatory disease, present since childhood [6].

Over 85% of total body fat is subcutaneous and when located in the lower portion of the body it seems to play no role in the CVD pathogenesis [7]. However, the concentration of subcutaneous body fat on the upper portion of the body has been associated with CVD risk factors due to the higher free fatty acids systematic production, especially in obese individuals [8-11]

Fat deposited in the area of the neck is essentially subcutaneous and, therefore, Neck Circumference (NC) has been pointed as a predictive anthropometric measure for

insulin resistance and cardiometabolic risk due to the higher lipolytic activity of this fat storage [12, 13].

However, the epidemiologic studies on adolescents that use NC as anthropometric indicators of cardiometabolic risk are scarce, being rare their use in clinics because there is a lack of knowledge on their importance by health professionals, despite its easy application, low cost and little exposure of the individual.

Based on these data, the present study aims to identify the cut-off points of NC for the prediction of cardiometabolic risk in adolescents according to the *Pathobiological Determinants of Atherosclerosis in Youth* (PDAY) risk criteria.

METHODS

Study design

A cross-sectional study was conducted using data from a national study named as The Study of Cardiovascular Risks in Adolescents (Portuguese acronym: ERICA). The “ERICA” is a multicenter, school-based country-wide cross-sectional study funded by the Brazilian Ministry of Health, which aims at estimating the prevalence of cardiovascular risk factors and metabolic syndrome in adolescents (12-17 years) attending public and private schools of the 273 municipalities with over 100,000 inhabitants in Brazil [14].

The study population was stratified into 32 geographical strata (27 capitals and five sets with other municipalities in each macro-region of the country) and a sample of 1,251 schools was selected with probability proportional to size. In each school three combinations of shift (morning and afternoon) and grade were selected, and within each of these combinations, one class was selected [14].

Study Sample

The population of the present study corresponds to a subsample from ERICA's study (12 to 17 years), enrolled in schools from Aracaju and Nossa Senhora do Socorro, the only two municipalities with over 100,000 population in the State of Sergipe, Brazilian Northeast.

In the sampling process for ERICA study in the state of Sergipe, 29 public and private schools were chosen, with three classes in each school from both periods (morning and afternoon). In the classes selected, all students that signed the Consent Term agreeing to participate and be present on the data collection date were evaluated.

Exclusion Criteria

For this sub-analysis, the exclusion criteria were: neck mass presence or neck deformities, goiter, psychomotor retardation, genetic syndromes, liver disease, nephropathy, metabolic disturbances (hypothyroidism and hyperthyroidism) and systematic use of corticosteroid.

Data Collection

All necessary information about this study was collected from schools of the selected municipalities by a previous trained team for the ERICA's study and a team of graduate students in nutrition and nutritionists to measure neck circumference.

Sexual maturation was defined by self-assessment, according to the proposed criteria by Tanner [15]. For the pubertal stage classification (pre pubertal, pubertal and post pubertal), we considered the breasts in female and the male external genitalia.

Anthropometric Data and Blood Pressure

Anthropometric measurements such as, weight, height, body mass Index (BMI) and waist circumference (WC), blood pressure (BP) data was collected. In addition to the anthropometric data and BP collected by ERICA's team, researchers also measured neck circumference (NC) of the adolescents in the sample.

Weight was calculated using an electronic digital scale (Líder®), model P150m, 200 kg of capacity and 50 g of precision. For body weight measurement, all adolescents were evaluated without shoes or any extra clothing nor objects in their school uniform pockets. They were positioned in the middle of the scale, both feet together, standing upright, weight evenly on both feet, motionless, arms relaxed alongside, head in anatomical position and back to the display.

Height was determined by a portable and retractable stadiometer (Altuxata®), with resolution in millimeters and maximum range of 213 centimeters. For height measurement, adolescents removed their shoes and headdresses. They were positioned in the middle of the equipment, standing motionless, erect with arms relaxed alongside and leaning in the stadiometer ruler with the Frankfurt plane parallel to the base.

For body weight and height analyses, Body Mass Index for age (BMI/age) was calculated according to the World Health Organization's (WHO) cutoff points as reference. The cutoff points were: Z-score < -3 (malnutrition); Z-score ≥ -3 and < -2 (low weight); Z-score ≥ -2 and ≤ 1 (normal weight); Z-score > 1 (overweight) and ≤ 2 ; Z-score > 2 (obesity).

For waist circumference (WC) it was used an inelastic fiber glass anthropometric tape (Sanny®) with resolution in millimeters and length of 1.5 meters. WC was measured with the adolescent in the standing- upright position, with abdomen relaxed and arms crossed over the chest. The measurement was done at the midpoint between the lower costal border, from the last rib and the iliac crest, in the axillary midline.

For assessing the risk for increased WC were considered as cut-off points in accordance with the criteria from the International Diabetes Federation [16]: < 16 years: $\geq$ 90th percentile; $\geq$ 16 years: male: $\geq$ 90 cm; female: $\geq$ 80 cm.

Blood pressure was measured using a digital device Omron®, 705-IT, validated for use in adolescents. For this measurement, the adolescent remained sitting with their feet on the floor and the pressure was only measured after 5 minutes of rest. The measurement was taken with the extended right arm resting on the table at heart level. Three consecutive measures for each individual were taken between each, with three minutes intervals. The first reading was discarded and used the average of the last two [17].

The adolescents were classified as: normotensive, if systolic and diastolic blood pressure were lower than the values of the 90th percentile for height, sex and age; prehypertensive, if the systolic or diastolic blood pressure were between the 90th and 95th percentiles or systolic blood pressure greater than or equal to 120 mmHg or diastolic blood pressure greater than or equal to 80 mmHg, but with a percentile below 95; and, hypertensive, if the systolic or diastolic blood pressure corresponded to the 95th percentile or higher [18].

Neck circumference (NC) was measured by the team of researchers comprised nutritionists and nutrition undergraduate students, properly trained for technical standardization, using an inelastic fiber glass tape (Sanny®), with resolution in millimeters and extension 1.5 meters.

The NC measurement was carried out with the child standing and head positioned in the Frankfurt horizontal plane. The researcher made the adolescents neck palpation to locate the cricoid cartilage, which positioned the tape exerting minimum pressure at the time of taking the measure for better contact of the tape with the skin [19].

Biochemical Data

The adolescents were instructed to fast for 12 hours before the collection and applied a questionnaire before the exam to confirm students had fasted.

Data collection for analysis were carried out in a single lab hired by the ERICA study that followed the current quality norms. Methods used and reference values for Glycemia, Glycated Hemoglobin, Insulin, Total Cholesterol, Triglycerides LDL-c and HDL-c were similar to the one used in ERICA and are described in Figure 1.

Figure 1. Classification criteria: cutoff points used for blood testing results

Exams	Method ^a	Cutoff points		
		Desirable	Borderline	High
Triglycerides ^b (mg/dL)	Enzymatic kinetic	< 100	100-129	≥ 130
Total Cholesterol ^b (mg/dL)	Enzymatic kinetic	< 150	150-169	≥ 170
LDL-c (mg/dL) ^b	Friedewald Equation	< 100	100-129	≥ 130
HDL-c (mg/dL) ^b	Enzymatic colorimetric assay	≥ 45	-	-
Glycated Hemoglobin (%) ^c	Ion exchange chromatography	-	-	≥ 5,7
Insulin (mU/L) ^c	Chemiluminescence	15-20	-	≥ 20
Fasting glycemia (mg/dL) ^c	GOD-PAP Enzymatic method	< 100 ^c	-	-

LDL-c: low density lipoprotein cholesterol; HDL-c: high density lipoprotein cholesterol

^a *Brazilian Society of Pathology* [20].

^b *V Brazilian Guidelines on Dyslipidemias and Prevention of Atherosclerosis* [21]

^c *American diabetes Association* [22]

Source: Faria Neto et al. (2016) [23]

With the blood glucose levels and fasting insulin was calculated HOMA -IR index, obtained through pre- established formula: $HOMA -IR = (fasting\ Insulinemia \times Fasting\ glucose) / 22.5$. The cutoff points were proposed by Rocco et al.[24] and correspond to 1.65 for girls and 1.95 for boys .

Pathobiological Determinants of Atherosclerosis in Youth (PDAY) Score

For evaluation cardiometabolic risk in adolescents the sample used in the PDAY risk score, was built from the sum of points equivalent to individual risk components (age, gender, HDL and non-HDL cholesterol, smoking, arterial pressure, BMI, fasting glycemia and glycated hemoglobin). Risk stratification (Figure 2) was based on the total of points considering modified and unmodified risk factors, classified in three risk categories for atherosclerosis advances injuries on the coronary arteries: low risk (≤ 0); intermediate risk (≥ 1 and ≤ 4) and high risk (≥ 5).

Figure 2. Modifiable and unmodifiable risk factors scores of the *Pathobiological Determinants of Atherosclerosis in Youth (PDAY)*.

Age (years)	Points	Smoking	Points
10-19	0	No smoking	0
20-24	5	Smoking	1
25-29	10	Blood Pressure (BP)	
30-34	15	Normal	0
Gender		High BP	4
Male	0	Obesity (BMI)	
Female	- 1	Male	
Non-HDL Cholesterol		IMC ≤ 30 kg/m ²	0
< 130 mg/dl	0	IMC ≥ 30 kg/m ²	6
130-159 mg/dl	2	Female	
160-189 mg/dl	4	IMC ≤ 30 kg/m ²	0
190-219 mg/dl	6	IMC ≥ 30 kg/m ²	0
≥ 220 mg/dl	8	Hyperglycemia	
HDL Cholesterol		Fasting Glycemia <126 mg/dl and Glycated Hemoglobin < 6,5%	0
< 40 mg/dl	1	Fasting Glycemia ≥ 126 mg/dl and Glycated Hemoglobin $\geq 6,5\%$	5
40-59 mg/dl	0		
≥ 60 mg/dl	- 1	TOTAL POINTS	

Source: McMahan *et al.* (2005) [25].

Ethical Issues

This study was approved by the Research Ethics Committee of the Federal University of Sergipe under the register number CAAE 05185212.2.2033.5546.

Statistical Analysis

Data were analyzed using the R Core Team 2016 program. For descriptive analysis, means, standard deviations, medians, minimum, maximum and frequencies were calculated relating to age, anthropometric and biochemical variables and blood pressure.

Mann-Whitney test was used to compare the medians between groups of adolescents by gender and age group. The chi-square test was used to compare the frequency data. The Spearman correlation coefficient was used to the association between NC and gender, WC, BMI, biochemical variables and blood pressure. Multiple logistic regression analysis was used to assess the chance (*odd ratio*) of developing of cardiometabolic risk according to the enlargement of NC compared with IMC and WC.

NC predictive validity was analyzed by ROC curves (Receiver Operating Characteristic) as well as the determination of cutoff points for identifying cardiometabolic risk obesity in adolescents in the sample. For each cutoff point, sensitivity (SE) and specificity (SP) values were calculated and placed in the ROC curve graph which shows on the ordinate axis the sensitivity and the abscissas complement of specificity [25].

The area under curve (AUC) describes the probability of correctly identified individuals that are true positives and those that are not. The higher the “cutoff point” the greater the specificity of the test and the lower the sensitivity. The smaller the “cutoff point”, the greater the sensitivity and is lower the specificity [26].

Sensitivity was calculated as true positives (true positives + false negatives) and specificity as true negatives (true negatives + false positives). Maximal values of Youden index (highest efficiency and sensibility simultaneously) were used as criteria to select optimal cut-off points [26]. The normality of data was verified using Kolmogorov-Smirnov test and significance level adopted was of 5% ($p < 0.05$).

RESULTS

A total of 904 adolescents were evaluated with mean age 14.6 ± 1.57 years, being 526 (58.2 %) female. The prevalence of obesity was significantly higher among pubertal adolescent males (Table 1).

According to anthropometric measurements, the NC, SBP, weight, height and WC values were significantly higher in adolescent males at pubertal stage. In the post pubertal stage, the NC, SBP, DBP, weight, height and WC were significantly higher for male adolescents and BMI was higher for females (Table 1).

Regarding the evaluation of metabolic components of cardiovascular risk, the median TC presented values over the reference for female of all pubertal stages. The HDL-c was lower reference values for males of all pubertal stages. Adolescent females also presented TC and HDL-c values significantly higher than male in all pubertal stage. The HOMA IR values were higher for the cut-off point for females and lower for the boys (Table 1).

Spearman's correlation associations between CP and the cardiometabolic risk components, except, fasting plasma glucose and glycated hemoglobin, were comparable to those noted for BMI and WC. A moderate correlation between NC and systolic BP ($p < 0.001$; $r = 0.571$) among male adolescents (Table 2).

The multiple linear regression among anthropometric indexes and risk cardiometabolic components is described in Table 3. After adjustments for age, sex and

Tanner stage, the NC was significantly associated with all metabolic risk components, except HOMAIR and triglycerides. There was a negative association between NC and HDL-c. The NC was the anthropometric index most associated with cardiometabolic risk components and the one that showed significant associated with insulin ($p = 0.022$).

According to PDAY risk score for advanced atherosclerotic injuries on the coronary arteries, 18.6 % of the adolescents in the sample were of low risk, 45.4 % of intermediate risk and 36.0 % high risk. Table 4 shows the stratification cardiometabolic risk in study sample for gender and pubertal stage according to the *PDAY* score risk. High and intermediate risk scores were more frequent in mals.

Table 5 shows the cut-off points and respective sensibility and specificity, the AUC values and the Youden index for cardiometabolic risk according to sex and age. The NC cut-off points for the cardiometabolic prediction according to the PDAY risk score were: for individuals in pubertal stage, females 31.02 cm and for males 32.17 cm. For individuals in post pubertal stage, the cut off points were: females 35.62 cm and for males 36.62 cm).

DISCUSSION

The NC was positively associated with cardiometabolic risk components with similar association to other anthropometric groups (BMI and WC e.g.). There was a negative association between NC and HDL-c, showing that an increase of one centimeter in NC is associated with a decreased in mean concentration of 1.05 mg / dL HDL-c.

Androutsos *et al.* [27] evaluated 324 Greek children and adolescents between 9 to 13 years and detected a positive correlation between CP and PAS and negative correlation with HDL, in both sexes. The authors also detected that associations

between CP and the risk factors for CVD were similar to those observed for BMI, WC, hip circumference, waist - hip ratio and waist- height.

Kurtoglu *et al.* [28] found a positive correlation between NC and insulin, in pubertal and prepubertal adolescents of both sexes Guo *et al.* [29], Gomez-Arbelaez *et al.* [30] and Silva *et al.* [31].

Nielsen *et al.* [32] demonstrated that subcutaneous fat upper body is liable by greater systemic release of free fat acids (FFA) to fat visceral, particularly in obese individuals. High concentrations of FFA have been associated to increased cardiovascular risk and subcutaneous fat upper body is easily evaluated by the CP. This may be an important predictor of cardiometabolic risk and contribute to better understanding of the distribution of fat effects body in adolescents [31].

The CP was considered as an additional marker of cardiometabolic risk, but Greek study proposed that the CP could replace cardiometabolic risk markers such as BMI and WC [27].

These findings demonstrate that NC is more associated to cardiometabolic risk factors than other anthropometric indicators, with the advantage of being an independent measurement, easy to be obtained and that can be implemented in situations where there is no availability of measuring equipments or other situations that limits the use of traditional anthropometric measures [30].

There was a higher prevalence of high risk score among male adolescents. The advantages of the use of these scores when compared to other risk classification methods is that they enable the identification of established risk or even advanced risk in this stage of life.

In opposition, the Framingham Heart Study analyses conclude that the fat deposition in adipose tissue presents a higher association with risk factors for woman [33]. The mechanisms for these adverse effect association occur because of fat

deposition in woman are still not well defined, however, some authors suggest that woman produce a higher amount of fatty acids than men [34, 35].

In previous studies [36], the authors identified cut-off points for the determination of overweight level in adolescents by NC, and with these new findings, it is possible to present a complete evaluation of this population in primary public health services, using only a metric tape.

The limitations of the study were not to perform correlations with more accurate diagnostic tests, dictly measuring fat deposits and the existence of few studies so that the results were better compared and discussed.

This is the first time that a risk score is used to determine cutoff points of CP, and more research is needed to evaluate this method in other samples. We suggest conducting further research with larger and more representative national and regional samples so that the results of this study can be discussed and established a consensus to standardize the NC.

CONCLUSION

The neck circumference was significantly associated with cardiometabolic risk components, similar to other adiposity indicators, and can be used to identify adolescents with cardiometabolic risk.

REFERENCES

1. Bloch KV, Klein CH, Szklo M, Kuschner MCC, Abreu GA, Barufaldi LA et al. ERICA: prevalências de hipertensão arterial e obesidade em adolescentes brasileiros. *Rev. Saúde Pública*[online] 2016; 50 (1): 9s.
2. Tassitano RM, Barros MVG, Tenório MCM, Bezerra J, Hallal PC. Prevalência e fatores associados ao sobrepeso e à obesidade em adolescentes, estudantes de escolas de Ensino Médio de Pernambuco, Brasil. *Caderno de Saúde Pública* 2009; 25 (12): 2639-52.
3. Wijnstok NJ, Twisk JWR, Young IS, Woodside JV, McFarlane C, McEnenyd J, Hoekstra T, Boreham LMCAG. Inflammation Markers are Associated with Cardiovascular Diseases Risk in Adolescents: The Young Hearts Project 2000. *Journal of Adolescent Health* 2010; 47: 346–51.
4. PDAY Research Group. Relationship of atherosclerosis in young men to serum lipoprotein cholesterol concentrations and smoking: a preliminary report from the Pathobiological Determinants of Atherosclerosis in Youth (PDAY) Research Group. *The Journal of the American Medical Association* 1990. 264: 3018-24.
5. McGill HC Jr, McMahan CA, Zieske AW, Sloop GD, Walcott JV, Troxclair DA, Malcom GT, Tracy RE, Oalmann MC, Strong JP. Associations of coronary heart disease risk factors with the intermediate lesion of atherosclerosis in youth. The Pathobiological Determinants of Atherosclerosis in Youth (PDAY) Research Group. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2000; 20(8):1998-2004.
6. Enos WF, Holmes R, Beyer JC. Coronary disease among United States soldiers killed in action in Korea: preliminary report. *JAMA*, 1953; 152: 1090-93.
7. Canoy D. Distribution of body fat and risk of coronary heart disease in men and women. *Current Opinion in Cardiology* 2008. 23 (6): 591-598.
8. Vallianou, NG, Evangelopoulos AA, Bountziouka V, Vogiatzakis ED, Bonou MS, Barbetseas J, Avgerinos PC, Panagiotakos DB. Neck circumference is correlated with triglycerides and inversely related with HDL cholesterol beyond BMI and waist circumference. *Diabetes Metabolism Research and Reviews* 2013; 29: 90-7.
9. Yan Q, Sun D, Li X, Zheng Q, Li L, Gu C, Feng B. Neck circumference is a valuable tool for identifying metabolic syndrome and obesity in Chinese elder subjects: a community-based study. *Diabetes Metabolism Research and Reviews* 2014; 30 (1): 69-76.
10. World Health Organization. United Nations high-level meeting on noncommunicable disease prevention and control: NCD summit to shape the international agenda. Geneva; 2011.
11. Torriani M, Gill CM, Daley S, Oliveira AL, Azevedo DC, Bredella MA. Compartmental neck fat accumulation and its relation to cardiovascular risk and metabolic syndrome. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2014; 100: 1244-51.

12. Preis SR, Massaro JM, Hoffmann U, D'Agostino RB, Levy D, Robins SJ, Meigs JB, Vasan RS, O'Donnell CJ, Fox CS. Neck circumference as a novel measure of cardiometabolic risk: The Framingham Heart Study. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2010; 95 (8): 3701-10.
13. Stabe C, Vasques AC, Lima MM, Tambascia MA, Pareja JC, Yamanaka A et al. Neck circumference as a simple tool for identifying the metabolic syndrome and insulin resistance: results from the Brazilian Metabolic Syndrome Study (Brams). *Clin Endocrinol (Oxf)* 2013; 78: 874-881.
14. Vasconcellos MTL, Silva PLN, Szklo M, Kuschnir MCC, Klein CH, Abreu GA et al. Sampling design for the Study of Cardiovascular Risk in Adolescents (ERICA). *Cad Saude Publica*. 2015; 31(5): 921-30.
15. Tanner JM. Growth at adolescence. 2nd ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1962.
16. International Diabetes Federation (IDF) – The IDF consensus definition of the Metabolic Syndrome in children and adolescents (2007).
17. Bloch KV, Szklo M, Kuschnir MCC, Abreu GA, Barufaldi LA, Klein CH et al. The study of cardiovascular risk in adolescents - ERICA: rationale, design and sample characteristics. *BMC Public Health*. 2015;15:94-103.
18. National High Blood Pressure Education Program Working Group on High Blood Pressure in Children and Adolescents. The fourth report on the diagnosis, evaluation, and treatment of high blood pressure in children and adolescents. *Pediatrics*. 2004;114(2 Suppl):555-76.
19. Lohman TG, Roche AF, Martorell R (1988). Anthropometric standardization reference manual. Illinois: Human Kinetics Books.177
20. Sociedade Brasileira de Patologia Clínica. Medicina Laboratorial. [<http://www.sbpc.org.br/?C=133>]
21. Xavier HT, Izar MC, Faria Neto JR, Assad MH, Rocha VZ, Sposito AC, et al. V Brazilian Guidelines on Dyslipidemias and Prevention of Atherosclerosis. *Arq Bras Cardiol*. 2013; 101(4 Suppl 1): 1–20
22. American Diabetes Association. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*. 2010; 33 (1): s62-9.
23. Faria-Neto JR, Bento VFR, Baenal CP, Olandoskil M, Gonçalves LGO, Gabriela de Azevedo Abreu GA, Kuschnir MCC, Bloch KV. ERICA: prevalência de dislipidemia em adolescentes brasileiros. *Rev Saúde Pública* 2016; 50 (1):10s.
24. Rocco ER, Mory DB, Bergamin CS, Valente F, Miranda VL, Calegare BF. Optimal cutoff points for body mass index, waist circumference and HOMA-IR to identify a cluster of cardiometabolic abnormalities in normal glucose-tolerant Brazilian children and adolescents. *Arq Bras Endocrinol Metab*. 2011; 55: 638-45.

25. McMahan CA, Gidding SS, Fayad ZA *et al.* Risk scores predict atherosclerotic lesions in young people. *Arch Intern Med* 2005; 165:883- 165890.
26. Martinez EZ, Louzada-Neto F, Pereira BB. A curva ROC para testes diagnósticos. *Cad Saúde Pública*, 2003; 11(1): 7-31.
27. Androutsos O, Grammatikaki E, Moschonis G, Roma-Giannikou E, Chrousos GP, Manios Y *et al.* Neck circumference: a useful screening tool of cardiovascular risk in children. *Pediatr Obes* 2012; 7:187-95.
28. Kurtoglu S, Hatipoglu N, Mazicioglu MM, Kondolot M. Neck circumference as a novel parameter to determine metabolic risk factors in obese children. *European Journal of Clinical Investigation* 2012. 42 (6): 623-30.
29. Guo X, Li Y, Sun G, Yang Y, Zheng L, Zhang X, *et al.* Prehypertension in children and adolescents: association with body weight and neck circumference. *Intern Med.* 2012; 51: 23-27.
30. Gomez-Arbelaez D, Camacho PA, Cohen DD, Saavedra-Cortes S, Lopez-Lopez C, Lopez-Jaramillo P. Neck circumference as a predictor of metabolic syndrome, insulin resistance and low-grade systemic inflammation in children: the ACFIES study. *BMC Pediatrics* 2016; 16-31.
31. Silva CDC, Zambom MP, Vasques ACJ, Rodrigues AMB, Camilo DF, Antonio MARGM, Cassani RSL, Geloneze B. Neck circumference as a new anthropometric indicator for prediction of insulin resistance and components of metabolic syndrome in adolescents: Brazilian Metabolic Syndrome Study. *Revista Paulista de Pediatria* 2014; 32 (2): 221-9.
32. Nielsen S, Guo Z, Johnson CM, Hensrud DD, Jensen MD. Splanchnic lipolysis in human obesity. *J Clin Invest* 2004; 113:1 582-8.
33. Fox CS, Massaro JM, Hoffmann U, Pou KM, Maurovich-Horvat P, Liu CY, Vasan RS, Murabito JM, Meigs JB, Cupples LA, D'Agostino RB Sr, O'Donnell CJ. Abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue compartments: association with metabolic risk factors in the Framingham Heart Study. *Circulation.* 2007; 116 (1): 39-48.
34. Clemente APG, Netto BDM, Carvalho-Ferreira JP, Campos RMS, Ganen AP, Tock LMM, Dâmaso AR. Waist circumference as a marker for screening nonalcoholic fatty liver disease in obese adolescents. *Revista Paulista de Pediatria* 2016; 34(1): 47-55.
35. Schwimmer JB, McGreal N, Deutsch R, Finegold MJ, Lavine JE. Influence of gender, race, and ethnicity on suspected fatty liver in obese adolescents. *Pediatrics.* 2005; 115: e561-e565
36. Souza MFC, Gurgel RQ, IKC Barreto, Shanmugam S. Neck circumference as screening measure for identifying adolescents with overweight and obesity. *J Hum Growth Dev.* 2016; 26(2): 260-6.

6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os pontos de corte da CP para determinação do excesso de peso e risco cardiometabólico em adolescentes foram: sobrepeso: 12 a 14 anos (masculino: 34,10; feminino: 32,05 cm); 15 a 17 anos (masculino: 36,85 cm; feminino: 32,95 cm) e obesidade: 12 a 14 anos (masculino: 34,90 cm; feminino: 33,85 cm); 15 a 17 anos (masculino: 38,40 cm; feminino: 35,85 cm).

Os pontos de corte da CP para a predição de risco cardiometabólico de acordo com o escore de risco PDAY foram: estágio puberal (feminino: 31,02 cm; masculino: 32,17 cm) e para a fase pós puberal (feminino: 35,62 cm; masculino: 36,62 cm).

Com esses referenciais, será possível a utilização dessa medida antropométrica de baixo custo, boa aplicabilidade e fácil utilização, em serviços públicos de saúde. No entanto, não foi possível uma discussão e comparação dos resultados com maior aprofundamento devido a escassez de estudos sobre o tema, principalmente, com amostras de adolescentes.

Outras limitações, tais como, os vieses de seleção relacionados a não participação de todo o grupo de adolescentes elegíveis para a amostra, a não realização de associações com exames de diagnóstico que quantificam diretamente os depósitos de gordura e o ineditismo da utilização de um escore de risco para determinação dos pontos de corte, justificam a sugestão de realização de mais estudos para avaliação dos métodos aqui empregados ou para discussão de novos métodos que possibilitem a padronização da CP como medida antropométrica para avaliação do excesso de peso e do risco cardiometabólico em adolescentes, ampliando assim, sua utilização em serviços públicos de saúde.

REFERÊNCIAS

1. Vigitel Brasil 2014: Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico. Brasília, 2015.
2. Gigante DP, Moura EC, Sardinha LMV. Prevalência de excesso de peso e obesidade e fatores associados, Brasil, 2006. *Revista de Saúde Pública* 2009; 43 (2): 83-89.
3. Tassitano RM, Barros MVG, Tenório MCM, Bezerra J, Hallal PC. Prevalência e fatores associados ao sobrepeso e à obesidade em adolescentes, estudantes de escolas de Ensino Médio de Pernambuco, Brasil. *Caderno de Saúde Pública* 2009; 25 (12): 2639-2652.
4. Bloch KV, Klein CH, Szklo M, Kuschner MCC, Abreu GA, Barufaldi LA et al. ERICA: prevalências de hipertensão arterial e obesidade em adolescentes brasileiros. *Rev. Saúde Pública*[online] 2016; 50 (1): 9s.
5. Bibbins-Domingo K, Coxson P, Pletcher MJ, Lightwood J, Goldman L. Adolescent overweight and future adult coronary heart disease. *N Engl J Med*. 2007; 357 (23): 2371-2379.
6. Williams IL, Chowienzyk PJ, Wheatcroft SB, Patel AG, Sherwood RA, Momin A, et al. Endothelial function and weight loss in obese humans. *Obes Surg*. 2005;15(7):1055-60.
7. Hajer GR, van Haeften TW, Visseren FL. Adipose tissue dysfunction in obesity, diabetes and vascular diseases. *Eur Heart J*. 2008; 29(24): 2959-71.
8. Menti E, Zaffari D, Galarraga T, Lessa JRC, Pontin B, Pellanda LC, Portal VL. Marcadores Precoces de Doença Aterosclerótica em Indivíduos com Excesso de Peso e Dislipidemia. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2016; 106(6): 457-463.
9. PDAY Research Group. Relationship of atherosclerosis in young men to serum lipoprotein cholesterol concentrations and smoking: a preliminary report from the Pathobiological Determinants of Atherosclerosis in Youth (PDAY) Research Group. *The Journal of the American Medical Association*, 1990; 264: 3018-3024.
10. Sant'Anna MSL, Priore SE, Franceschini SCC. Métodos de avaliação da composição corporal em crianças [revisão]. *Rev Paul Pediatr*, 2009; 27(3): 315-321.
11. See R, Abdullah SM, McGuire DK, Khera A, Patel MJ, Lindsey JB, Grundy SM, Lemos JA. The association of differing measures of overweight and obesity with prevalent atherosclerosis: the Dallas Heart Study. *J Am Coll Cardiol*. 2007; 50(8): 752-759.
12. Cornier MA, Després JP, Davis N, Grossniklaus DA, Klein S, Lamarche B et al. Assessing adiposity: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2011; 124: 1996-2019.

13. Hirschler V, Aranda C, Calcagno MDE L, Maccalini G, Jadzinsky M. Can waist circumference identify children with the metabolic syndrome? *Arch Pediatr Adolesc Med* 2005; 159:740-744.
14. McCarthy HD, Jarrett KV, Crawley HF. The development of waist circumference percentiles in British children aged 5.0-16.9 y. *Eur J Clin Nutr* 2001; (55): 902-907.
15. Asayama K, Dobashi K, Hayashibe H, Kodera K, Uchida N, Nakane t et al. Threshold values of visceral fat measures and their anthropometric alternatives for metabolic derangement in Japanese obese boys. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2002; 26: 208-13.
16. Hatipoglu N, Mazicioglu MM, Kurtoglu S, Kendirci M. Neck Circumference in additional tool of screening overweight and obesity in childhood. *Eur. J. Pediatr.* 2010; 169(6): 733-739.
17. Nafiu OO, Burke C, Lee J, Voepel-Lewis T, Malviya S, Tremper KK. Neck circumference as a screening measure for identifying children with high body mass index. *Pediatrics* 2010; 126: 306-310.
18. Lou DH, Yin FZ, Wang R, Ma CM, Liu XL, Lu Q. Neck circumference is an accurate and simple index for evaluating overweight and obesity in Han children. *Ann Hum Biol* 2012; 39: 161-165.
19. Guo Z, Hensrud DD, Johnson CM, Jensen MD. Regional postprandial fatty acid metabolism in different obesity phenotypes. *Diabetes* 1999; 48(8): 1586-1592.
20. Santos D, Contarato AAPF, Kroll C, Bertoli M, Czarnobay SA, Figueirêdo KBW, Mastroeni SSBS, Mastroeni MF. Neck circumference as a complementary measure to identify excess body weight in children aged 13-24 months. *Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil.* 2015; 15(3): 301-307.
21. Organização Mundial de Saúde. Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. Report FAO/ WHO Expert Consultation. WHO Technical Report Series, No. 916 (TRS 916). Geneva, 2003.
22. Organização Mundial de Saúde. Global status report on noncommunicable diseases 2010. Geneva, 2011.
23. IBGE. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009 – POF. Rio de Janeiro, 2010.
24. Marnun AA, Lawlor DA, Alati R, o'Callaghan MJ, Williams, GM, Najman JM. Does maternal smoking during pregnancy have a direct effect on future offspring obesity? Evidence from a prospective birth cohort study. *Am J Epidemiol* 2006; 164: 317-325.
25. Nelson MC, Gordon-Larsen P, Song Y, Popkin BM. Associations with Adolescent Overweight and Activity Built and Social Environments. *Am J Prev Med* 2006; 31: 109-117.

26. Popkin BM. The nutrition transition and obesity in the developing world. *J Nutr* 2001; 131: 871-873.
27. Oliveira AMA de, Cerqueira EMM, Souza JS, Oliveira AC de. Sobrepeso e obesidade infantil: influência de fatores biológicos e ambientais em Feira de Santana, BA. *Arq Bras Endocrinol Metab* 2003; 47(2): 144-150.
28. Ebbeling CB, Pawlak DB, Ludwig DS Childhood obesity: public-health crisis, common sense cure. *Lancet* 2002; 360: 473-82.
29. Wright CM, Parker L, Lamont D, Craft AW. Implications of childhood obesity for adult health: Findings from thousand families cohort study. *BMJ* 2001; 323: 1280-4.
30. Dietz WH. Health consequences of obesity in youth: childhood predictors of adult disease. *Pediatrics* 1998; 101: 518-25.
31. Must A. Morbidity and mortality associated with elevated body weight in children and adolescents. *Am J Clin Nutr* 1996 S1; 63: 445-7.
32. Guo SS, Chumlea WC. Tracking of body mass index in children in relation to overweight in adulthood. *Am J Clin Nutr* 1999 S1; 70: 145-8.
33. Sichieri R, Nascimento S, Coutinho W. The burden of hospitalization due to overweight and obesity in Brazil. *Cad Saúde Pública* 2007; 23: 1721-7.
34. Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults. Executive Summary of The Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA*. 2001; 285 (19): 2486-97.
35. Sposito AC, Caramelli B, Fonseca FAH, Bertolami MC. IV Diretriz Brasileira Sobre Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose Departamento de Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia - Volume 88, Suplemento I, Abril 2007*.
36. Lopes FG, Bottino DA, Oliveira FJ, Mecnas AS, Clapauch R, Bouskela E. In elderly women moderate hypercholesterolemia is associated to endothelial and microcirculatory impairments. *Microvascular Research*. 2013; 85.
37. Soares CM, Koch HA, Montenegro CAB et al. Brachial artery flow-mediated dilatation and intima-media thickness of carotid and brachial arteries: evaluation of individuals with and without risk factors for atherosclerosis. *Radiol Bras*. 2010; 43: 6.
38. Enos WF, Holmes R, Beyer JC. Coronary disease among United States soldiers killed in action in Korea: preliminary report. *JAMA*, 1953; 152: 1090-1093.

39. McNamara JJ, Molot MA, Stremple JF, Cutting RT. Coronary artery disease in combat casualties in Vietnam. *JAMA* 1971; 216: 1185-87.
40. Ford ES. C-reactive protein concentration and cardiovascular disease risk factors in children: findings from the National Health and Nutrition Examination Survey 1999–2000. *Circulation*. 2003; 108: 1053-1058
41. Portugal. Risco Cardiovascular Global. Ministério da Saúde: Direção Geral da Saúde, 2007.
42. Berenson GS, Srinivisan SR, Bao W, Newman WP, Tracy RE, Wattigney WA. Association between multiple cardiovascular risk factors and atherosclerosis in children and young adults. The Bogalusa Heart Study. *N Engl J Med* 1998; 338: 1650-1656.
43. Fonseca FL, Brandão AA, Pozzan R, Campana EMG, Pizzi OL, Magalhães MEC, Freitas EVF, Brandão AP. A relação entre pressão arterial e índices antropométricos na infância/adolescência e o comportamento das variáveis de risco cardiovascular na fase adulta jovem, em seguimento de 17 anos: O Estudo do Rio de Janeiro. *Revista SOCERJ*. 2008; 21 (5): 281-290.
44. Silva LMB. Importância dos critérios de diagnóstico da Síndrome Metabólica nas crianças e adolescentes. Dissertação de Mestrado Integrado em Medicina; 17 f. Universidade do Porto, 2009.
45. Steinberg J, Daniels SR, Eckel RH, Hayman L, Lustig RH, McCrindle B, Mietus-Snyder ML. Progress and Challenges in Metabolic Syndrome in Children and Adolescents: A Scientific Statement From the American Heart Association Atherosclerosis, Hypertension, and Obesity in the Young Committee of the Council on Cardiovascular Disease in the Young; Council on Cardiovascular Nursing; and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. *Circulation*. 2009; 119: 628-647.
46. Zimmet P, Alberti K, George MM, Kaufman F, Tajima N, Silink M, Arslanian S, Wong G, Bennett P, Shaw J, Caprio S. The Metabolic Syndrome in children and adolescents – an IDF consensus report. *Pediatric Diabetes* 2007; 8: 299-306.
47. Joffile J, Janssen I. Development of Age-Specific Adolescent Metabolic Syndrome Criteria That Are Linked to the Adult Treatment Panel III and International Diabetes Federation Criteria. *J Am Coll Cardiol*. 2007; 49:891-898.
48. Goodman E, Daniels S, Meigs J, Dolan L. Instability in the Diagnosis of Metabolic Syndrome in Adolescents. *Circulation*. 2007; 115: 2316-2322.
49. Reinehr T, de Sousa G, Toshke A, Andler W. Comparison of metabolic syndrome prevalence using eight different definitions: a critical approach. *Arch Dis Child* 2007; 92: 1067-1072.
50. McGill HC Jr, McMahan CA, Zieske AW, Sloop GD, Walcott JV, Troxclair DA, Malcom GT, Tracy RE, Oalman MC, Strong JP. Associations of coronary heart disease risk factors with the intermediate lesion of atherosclerosis in youth. The Pathobiological Determinants of

Atherosclerosis in Youth (PDAY) Research Group. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2000; 20(8):1998-2004.

51. McMahan CA, Gidding SS, Fayad ZA, Zieske AW, Malcom GT, Tracy RE, Strong JP, McGill HC. Risk scores predict atherosclerotic lesions in young people. *Arch Intern Med.* 2005; 165: 883–890.
52. D'Agostino RB, Sr Vasan RS, Pencina MJ, Wolf PA, Cobain M, Massaro JM, Kannel, WB. General cardiovascular risk profile for use in primary care: the Framingham Heart Study. *Circulation* 2008; **117** (6): 743–753.
53. Agurs-Collins T, Khoury MJ, Simon-Morton D, Olster DH, Harris JR, Milner JA. Public Health Genomics: Translating Obesity Genomics Research Into Population Health Benefits. *Obesity*, 2008; 16: S85–S94.
54. Guedes DP. Recursos antropometricos para analise da composicao corporal. *Rev Bras Educ Fis Esp.* 2006; 20: 115-119.
55. Ribeiro-Filho FF, Mariosa LS, Ferreira SRG, et al. Gordura visceral e síndrome metabólica: mais que uma simples associacao. *Arq Bras Endocrinol Metabol.* 2006; 50: 230-238.
56. Alves LR, Coutinho V, Santos LC. Indicadores antropometricos associados ao risco de doença cardiovascular. *Arq Sanny Pesq Saude* 2008; 1: 1-7.
57. Eknoyan G. Adolphe Quetelet (1796-1874) - the average man and indices of obesity. *Nephrol Dial Transplant.* 2008; 23: 47-51.
58. Henry Blackburn and David Jacobs Jr. Origins and evolution of body mass index (BMI): continuing saga. *International Journal of Epidemiology* 2014; 1–4.
59. Saka M, Tüker P, Ercan A, Kizitan G, Bas M. Is neck circumference measurement an indicator for abdominal obesity? A pilot study on Turkish Adults. *African Health Sciences* 2014; 14 (3): 570- 575.
60. Garn SM, Leonard WR, Hawthorne VM. Three limitations of the body mass index. *Am J Clin Nutr.* 1986; 44(6): 996-997.
61. McLaren DS. Three limitations of the body mass index. *Am J Clin Nutr.* 1987; 46(1): 121.
62. Marques-Vidal P, Bochud M, Mooser V, et al. Obesity markers and estimated 10-year fatal cardiovascular risk in Switzerland. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2009; 19: 462-468.
63. Vague J. La differentiation sexuelle, facteur determinante des formes de l'obesite. *Presse Med.* 1947; 55:3 39-40.

64. Herrera VM, Casas JP, Miranda JJ, Perel P, Pichardo R, González A, et al. Interethnic differences in the accuracy of anthropometric indicators of obesity in screening for high risk of coronary heart disease. *Int J Obes* 2009; 33 (5): 568-576.
65. Li HX, Zhang F, Zhao D, Xin Z, Guo SQ, Wang SM, Zhang JJ, Wang J, Li Y, Yang GR, Yan JK. Neck circumference as a measure of neck fat and abdominal visceral fat in Chinese adults. *BMC Public Health* 2014; 14 (1): 311.
66. Stabe C, Vasques AC, Lima MM, Tambascia MA, Pareja JC, Yamanaka A et al. Neck circumference as a simple tool for identifying the metabolic syndrome and insulin resistance: results from the Brazilian Metabolic Syndrome Study (Brams). *Clin Endocrinol (Oxf)* 2013; 78: 874-881.
67. Arnold TJ, Schweitzer A, Hoffman HJ, Onyewu C, Hurtado ME, Hoffman EP, Klein CJ. Neck and waist circumference biomarkers of cardiovascular risk in a cohort of predominantly African-American college students: a preliminary study. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 2014; 114 (1): 107-116.
68. Kurtoglu S, Hatipoglu N, Mazicioglu MM, Kondolot M. Neck circumference as a novel parameter to determine metabolic risk factors in obese children. *European Journal of Clinical Investigation* 2012. 42 (6): 623-630.
69. Azizi F, Esmailzadeh A, Mirmiran P. Obesity and cardiovascular disease risk factors in Tehran adults: a population-based study. *East Mediterr Health J.* 2006; 10: 887-897.
70. Li W, Chen I, Chang Y, et al. Waist-to-height ratio, waist circumference, and body mass index as indices of cardiometabolic risk among 36,642 Taiwanese adults. *Eur J Nutr.* 2013; 52: 57-65.
71. Bennasar-Veny M, Lopez-Gonzalez AA, Tauler P, et al. Body adiposity index and cardiovascular health risk factors in Caucasians: a comparison with the body mass index and others. *PLoS One.* 2013; 8: e63999.
72. Damasceno MMC, Fragoso LVC, Lima AKG, Lima ACS, Viana PCS. Correlação entre índice de massa corporal e circunferência da cintura em crianças. *Acta Paul Enferm.* 2010; 23 (5).
73. Vague J. The degree of masculine differentiation of obesities. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 4, n. 1, p. 20-34, 1956.
74. Silva CDC, Zambom MP, Vasques ACJ, Rodrigues AMB, Camilo DF, Antonio MARGM, Cassani RSL, Geloneze B. Neck circumference as a new anthropometric indicator for prediction of insulin resistance and components of metabolic syndrome in adolescents: Brazilian Metabolic Syndrome Study. *Revista Paulista de Pediatria* 2014; 32 (2): 221-229.

75. Onat A, Hergenç G, Yüksel H, Can G, Ayhan E, Kaya Z, Dursunoğlu D. Neck circumference as a measure of central obesity: associations with metabolic syndrome and obstructive sleep apnea syndrome beyond waist circumference. *Clinical Nutrition* 2009; 28 (1): 46-51.
76. Ahbab S, Ataoğlu HE, Tuna M, Karasulu L, Çetin F, Temiz L, et al Neck circumference, metabolic syndrome and obstructive sleep apnea syndrome; Evaluation of possible linkage. *Med Sci Monit.* 2013; 19: 111-117.
77. Soyulu AC, Levent E, Sarıman N, Yurtlu S, Alparslan S, Saygı A. Obstructive sleep apnea syndrome and anthropometric obesity indexes. *Sleep & Breathing = Schlaf & Atmung* 2012; 16 (4): 1151-1158.
78. Yang GR, Yuan SY, Fu HJ, Wan G, Zhu LX, Bu XL. Neck circumference positively related with central obesity, overweight, and metabolic syndrome in Chinese subjects with type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2010; 33(11): 2465-2467.
79. Vallianou, NG, Evangelopoulos AA, Bountziouka V, Vogiatzakis ED, Bonou MS, Barbetseas J, Avgerinos PC, Panagiotakos DB. Neck circumference is correlated with triglycerides and inversely related with HDL cholesterol beyond BMI and waist circumference. *Diabetes Metabolism Research and Reviews* 2013; 29: 90-97.
80. Yan Q, Sun D, Li X, Zheng Q, Li L, Gu C, Feng B. Neck circumference is a valuable tool for identifying metabolic syndrome and obesity in Chinese elder subjects: a community-based study. *Diabetes Metabolism Research and Reviews* 2014; 30 (1): 69-76.
81. World Health Organization. United Nations high-level meeting on noncommunicable disease prevention and control: NCD summit to shape the international agenda. Geneva; 2011.
82. Canoy D. Distribution of body fat and risk of coronary heart disease in men and women. *Current Opinion in Cardiology* 2008. 23 (6): 591-598.
83. Preis SR, Massaro JM, Hoffmann U, D'Agostino RB, Levy D, Robins SJ, Meigs JB, Vasan RS, O'Donnell CJ, Fox CS. Neck circumference as a novel measure of cardiometabolic risk: The Framingham Heart Study. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism.* 2010; 95 (8): 3701-3710.
84. Stojiljkovic MP, Lopes HF, Zhang D, Morrow JD, Goodfriend TL, Egan BM. Increasing plasma fatty acids elevates F2-isoprostanes in humans: implications for the cardiovascular risk factor cluster. *J Hypertens.* 2002; 20: 1215-1221.

85. Piro S, Spampinato D, Spadaro L, Oliveri CE, Purrello F, Rabuazzo AM. Direct apoptotic effects of free fatty acids on human endothelial cells. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2008; 18: 96-104.
86. Torriani M, Gill CM, Daley S, Oliveira AL, Azevedo DC Bredella MA. Compartmental neck fat accumulation and its relation to cardiovascular risk and metabolic syndrome. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2014; 100: 1244-1251.
87. Androutsos O, Grammatikaki E, Moschonis G, Roma-Giannikou E, Chrousos GP, Manios Y et al. Neck circumference: a useful screening tool of cardiovascular risk in children. *Pediatr Obes* 2012; 7: 187-95.
88. Kumar NV, Ismail MH, Mahesha P, Girish M, Tripathy M. Neck circumference and cardio-metabolic syndrome. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR* 2014; 8 (7): 23-25.
89. Vasconcellos MTL, Silva PLN, Szklo M, Kuschnir MCC, Klein CH, Abreu GA et al. Desenho da amostra do Estudo do Risco Cardiovascular em Adolescentes (ERICA). *Cad Saude Publica.* 2015; 31(5): 921-30.
90. Tanner JM. Growth at adolescence. 2nd ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1962.
91. Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ.* 2007; 85(9): 660-67.
92. Lohman TG, Roche AF, Martorell R (1988). Anthropometric standardization reference manual. Illinois: Human Kinetics Books.177.
93. Vasques AC, Rosado L, Rosado G, Ribeiro RC, Franceschini S, Geloneze B. Anthropometric indicators of insulin resistance. *Arq. Bras. Cardiol.* 2010; 95(1): e14-e23.
94. Bloch KV, Szklo M, Kuschnir MCC, Abreu GA, Barufaldi LA, Klein CH et al. The study of cardiovascular risk in adolescents - ERICA: rationale, design and sample characteristics of a national survey examining cardiovascular risk factor profile in Brazilian adolescents. *BMC Public Health.* 2015; 15: 94-103.
95. Sociedade Brasileira de Patologia Clínica. Medicina Laboratorial. [<http://www.sbpc.org.br/?C=133>].
96. Xavier HT, Izar MC, Faria Neto JR, Assad MH, Rocha VZ, Sposito AC, et al. V Brazilian Guidelines on Dyslipidemias and Prevention of Atherosclerosis. *Arq Bras Cardiol.* 2013; 101(4 Suppl 1): 1–20.

97. American Diabetes Association. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*. 2010; 33 (1): s62-69.
98. Faria-Neto JR, Bento VFR, BaenaI CP, OlandoskiI M, Gonçalves LGO, Gabriela de Azevedo Abreu GA, Kuschnir MCC, Bloch KV. ERICA: prevalência de dislipidemia em adolescentes brasileiros. *Rev Saúde Pública* 2016; 50 (1):10s.
99. Rocco ER, Mory DB, Bergamin CS, Valente F, Miranda VL, Calegare BF. Optimal cutoff points for body mass index, waist circumference and HOMA-IR to identify a cluster of cardiometabolic abnormalities in normal glucose-tolerant Brazilian children and adolescents. *Arq Bras Endocrinol Metab*. 2011; 55: 638-45.
100. McMahan CA, Gidding SS, Fayad ZA *et al*. Risk scores predict atherosclerotic lesions in young people. *Arch Intern Med* 2005; 165883- 165890.
101. Martinez EZ, Louzada-Neto F, Pereira BB. A curva ROC para testes diagnosticos. *Cad Saude Coletiva*. 2003; 1:7-31.