



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS MÉDICAS
ÁREA TO MATERNO INFANTIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE DA CRIANÇA E DO
ADOLESCENTE

PATRICIA CLARA PEREIRA DOS SANTOS

**ALINHAMENTO DO TRONCO, MOBILIDADE DO MÚSCULO DIAFRAGMA,
FORÇA E FUNÇÃO PULMONAR EM ADOLESCENTES E ADULTOS JOVENS
OBESOS**

Recife
2019

PATRICIA CLARA PEREIRA DOS SANTOS

**ALINHAMENTO DO TRONCO, MOBILIDADE DO MÚSCULO DIAFRAGMA,
FORÇA E FUNÇÃO PULMONAR EM ADOLESCENTES E ADULTOS JOVENS
OBESOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Saúde da Criança e do Adolescente.

Área de concentração: Abordagens Quantitativas em Saúde.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Gisélia Alves Pontes da Silva.

Coorientador: Prof^a. Dr^a. Gisela Rocha de Siqueira.

Recife

2019

Catálogo na Fonte
Bibliotecária: Mônica Uchôa - CRB4-1010

S237a Santos, Patrícia Clara Pereira dos.
Alinhamento do tronco, mobilidade do músculo diafragma, força e função pulmonar em adolescentes e adultos jovens obesos / Patrícia Clara Pereira dos Santos. – 2019.
79 f.: il.; tab.; 30 cm.

Orientadora: Gisélia Alves Pontes da Silva.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, CCS. Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente. Recife, 2019.

Inclui referências e apêndices.

1. Obesidade. 2. Postura. 3. Diafragma. 4. Testes de função respiratória. 5. Adolescentes. I. Silva, Gisélia Alves Pontes da (Orientadora). II. Título.

618.92 CDD (20.ed.) UFPE (CCS2019-187)

PATRICIA CLARA PEREIRA DOS SANTOS

**ALINHAMENTO DO TRONCO, MOBILIDADE DO MÚSCULO DIAFRAGMA,
FORÇA E FUNÇÃO PULMONAR EM ADOLESCENTES E ADULTOS JOVENS
OBESOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Saúde da Criança e do Adolescente.

Aprovada em: 29/05/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Décio Medeiros Peixoto (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Karla Mônica Ferraz Teixeira Lambertz (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Anna Myrna Jaguaribe de Lima (Examinador Externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Gisela Rocha de Siqueira (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Daniella Cunha Brandão (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho e todo o esforço depositado nele a minha família, principalmente a minha mãe Maria José Pereira dos Santos (In Memoriam) pelo amor incondicional e carinho.

As minhas irmãs Vanessa Janaína Pereira dos Santos, Geórgia Paloma da Silva Santos e Poliana Clara Pereira dos Santos pelo incentivo e paciência com os desafios diários.

Ao meu noivo Hugo Leonardo Oliveira de Sena, por compartilhar todos os momentos e tornar esse período o mais leve possível.

A minha orientadora Gisela Rocha de Siqueira pelas palavras de apoio, incentivo e força em todos os momentos do trabalho. Gratidão pela paciência e espírito de luz.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus pela resiliência e proteção ao longo desse período, especialmente nos momentos difíceis e de perdas familiares.

À professora Gisela Rocha de Siqueira, minha orientadora, pelo aprendizado, paciência e direcionamento. Aprendi sobre resiliência, otimismo e satisfação numa pesquisa. A serenidade e leveza em pessoa! Todo o meu carinho e respeito.

À professora Gisélia Alves Pontes da Silva, minha co-orientadora, pelas críticas construtivas, indagações e elucidações. Minha admiração e respeito pela robustez de conhecimentos em um ser humano.

Ao Luís Henrique Sarmiento Tenório pelo apoio diário nas coletas e no suporte para com o trabalho.

À Juliana Fernandes e Geisa Guimarães pelas contribuições em diversos momentos na pesquisa.

A minha turma, DO10 (Renato, Ilana, Virgínia, Gisele, Lúcia, Sílvia, Vilma, Rosália, Lucas, Moura), que tanto trouxe suporte, incentivo e conhecimentos diversos que guardarei para sempre! Uma grande família, diversa e motivadora! Deus os guie para os mais belos caminhos amigos!

À Ilana e Renato, meus amigos que me apoiaram durante todo o período de doutorado. O bom-humor e o otimismo de vocês foram especiais e essenciais ao longo dessa jornada. Minha gratidão eterna para essa dupla, que se transformou num tripé, onde não esmoreceremos por nada.

A todos os professores membros avaliadores pelas contribuições essenciais.

Aos professores e funcionários componentes da Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente/UFPE.

Aos docentes do Departamento de Fisioterapia e Laboratório de Comportamento Motor (LACOM) pela disponibilidade das instalações e instrumentos para a coleta.

Aos voluntários pela disponibilidade para avaliação e por acreditarem na proposta da pesquisa.

RESUMO

O depósito de gordura na região abdominal e torácica no obeso pode predispor a alterações posturais, limitar a mobilidade da parede torácica e influenciar na ativação do músculo diafragma, podendo levar a mudanças na função pulmonar, na força muscular respiratória e na dinâmica diafragmática. No entanto, as evidências da repercussão da circunferência abdominal e da postura do tronco no sistema respiratório de adolescentes e adultos jovens obesos ainda são conflitantes. Objetivou-se verificar se a postura do tronco e a circunferência abdominal (CA) influenciam a mobilidade e espessura do diafragma, e conseqüentemente a função pulmonar e a força muscular respiratória em adolescentes e adultos jovens obesos. Além disso, analisar se a circunferência abdominal e o ângulo do tronco se relacionam com a espessura e mobilidade diafragmática. Assim, realizou-se um estudo observacional, obesos (n=30) e eutróficos (n=30). Os voluntários realizaram a fotogrametria da postura do tronco e da pelve, espirometria para função pulmonar, manovacuometria na força muscular respiratória e ultrassonografia do músculo diafragma para avaliar na mobilidade e espessura. A análise estatística foi realizada através do *software Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS versão 20.0), utilizando-se o teste t *Student* para a comparação entre as variáveis contínuas e o teste de qui-quadrado de *Pearson* e *Fisher* para a comparação das variáveis categóricas. Para analisar a correlação entre as variáveis CA, ângulo do tronco (AT), pressão inspiratória máxima (P_{imáx}), volume expiratório forçado no primeiro minuto (VEF1), Capacidade vital forçada (CVF), o índice de Tiffeneau (VEF1/CVF), capacidade inspiratória (CI) e mobilidade diafragmática (MD) foram calculados o coeficiente de Pearson. Foi realizada uma regressão linear múltipla para verificar a associação entre a espessura diafragmática (no repouso) e a CA e AT. Para todos os testes foi considerado um nível de significância de $p < 0,05$. Os obesos apresentaram maior ângulo do tronco ($p < 0,001$) e maior frequência de postura hiperlordótica ($p = 0,006$), e hipercifose torácica ($p = 0,038$) quando comparados aos eutróficos. Além disso, apenas no grupo obeso, a CA foi positivamente correlacionada com o AT ($r = 0,78$; $p < 0,01$). A mobilidade e espessura do diafragma na inspiração forçada foram semelhantes entre os grupos, entretanto na respiração basal, os obesos apresentaram uma maior espessura do diafragma ($0,26 \pm 0,06$) quando comparados aos eutróficos ($0,23 \pm 0,05$), $p = 0,01$. A espessura do diafragma

na inspiração basal apresentou uma correlação moderada com a CA ($r=0,54$; $p<0,01$) e o AT ($r=0,37$; $p<0,01$) nos obesos e uma correlação fraca no grupo de eutróficos ($r=0,21$; $p<0,01$). A CVF ($p=0,004$), a CI ($p=0,000$), assim como a Pimáx ($p=0,001$) foram significativamente maiores nos obesos que nos eutróficos. Não foram observadas correlações entre os parâmetros de função pulmonar, força muscular respiratória e mobilidade do diafragma com a CA e o ângulo do tronco nos grupos. Na análise de regressão linear múltipla, este modelo explicou 30% da variância da espessura do diafragma, onde as medidas de CA foram preditores significativos, quando controlado o AT dos obesos. Deste modo, a obesidade abdominal interferiu negativamente no alinhamento toracolombar, no ângulo do tronco, na força e na função respiratória. Nos obesos foi observada uma maior espessura diafragmática em respiração basal.

Palavras-chave: Obesidade. Postura. Diafragma. Testes de função respiratória. Adolescentes. Adultos jovens.

ABSTRACT

Fat deposition in the abdominal and thoracic region in the obese may predispose to postural changes, limit chest wall mobility and influence diaphragm muscle activation, which may lead to changes in lung function, respiratory muscle strength and diaphragmatic dynamics. However, the evidence of the impact of abdominal circumference and trunk posture on the respiratory system of obese adolescents and young adults is still conflicting. The objective was to verify whether trunk posture and waist circumference (WC) influence the mobility and thickness of the diaphragm, and consequently pulmonary function and respiratory muscle strength in obese adolescents and young adults. In addition, whether abdominal circumference and trunk angle are related to thickness and diaphragmatic mobility. Thus, an observational, obese (n = 30) and eutrophic (n = 30) study was performed. The volunteers performed photogrammetry of trunk posture, spirometry for pulmonary function, manovacuometry on respiratory muscle strength and ultrasound of the diaphragm muscle to assess mobility and thickness. Statistical analysis was performed using the Statistical Package for Social Sciences software (SPSS version 20.0), using the Student's t-test to compare continuous variables and Pearson and Fisher's chi-square test to compare categorical variables. To analyze the correlation between the variables AC, trunk angle (TA), maximal inspiratory pressure (MIP), forced expiratory volume in the first minute (FEV1), forced vital capacity (FVC), Tiffeneau index (FEV1 / FVC), inspiratory capacity (IC) and diaphragmatic mobility (MD) were calculated using the Pearson coefficient. A multiple linear regression was performed to verify the association between diaphragmatic thickness (at rest) and AC and TA. For all tests, a significance level of $p < 0.05$ was considered. The obese presented higher trunk angle ($p < 0.001$) and higher frequency of hyperlordotic posture ($p = 0.006$), and thoracic hyperkyphosis ($p = 0.038$) when compared to eutrophic ones. Moreover, only in the obese group, AC was positively correlated with TA ($r = 0.78$; $p < 0.01$). The mobility and thickness of the forced inspiration diaphragm were similar between the groups; however, in the basal respiration, the obese presented a larger diaphragm thickness (0.26 ± 0.06) when compared to the normal weight (0.23 ± 0.05), $p = 0.01$. Basal inspiration diaphragm thickness was moderately correlated with AC ($r = 0.54$; $p < 0.01$) and TA ($r = 0.37$; $p < 0.01$) in the obese and a weak correlation in the eutrophic group ($r = 0.21$; $p < 0.01$). FVC ($p =$

0.004), IC ($p = 0.000$), as well as MIP ($p = 0.001$) were significantly higher in the obese than in the eutrophic ones. No correlations were observed between the parameters of pulmonary function, respiratory muscle strength and diaphragm mobility with AC and trunk angle in the groups. In the multiple linear regression analysis, this model explained 30% of the diaphragm thickness variance, where the AC measurements were significant predictors when controlling the TA of the obese. Thus, abdominal obesity negatively interfered with thoracolumbar alignment, trunk angle, strength and respiratory function. In the obese, a greater diaphragmatic thickness was observed in basal breathing.

Keywords: Obesity. Posture. Diaphragm. Respiratory function tests. Adolescents. Young adults.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Modelo de alinhamento tóraco-lombar-pélvico em adolescentes	26
Figura 2 –	Modelo de Ângulos Posturais em adolescentes.....	27
Figura 3 –	Modelo da Teoria Bicompartimental e subcompartimentos	29
Figura 4 –	Alterações decorrentes da obesidade na região tóracoabdominal segundo o modelo de Holgueira et al (2018)	30
Figura 5 –	Representação do Modelo Teórico da influência da Obesidade Abdominal na postura e no sistema respiratório	31
Figura 6 –	Fluxograma do processo de seleção e triagem dos participantes da pesquisa	42
Figura 7 –	Aparelho de ultrassonografia (Aloka)	45
Figura 8 –	Avaliação de espirometria realizada em voluntário	46
Figura 9 –	Procedimento de manuvacuometria com o aparelho e voluntário	47
Figura 10 –	Correlação de Pearson entre o ângulo do tronco e a circunferência abdominal nos obesos (A) e eutróficos (B)	50
Figura 11 –	Correlação de Pearson entre a circunferência abdominal e espessura do diafragma na respiração basal nos obesos (A) e eutróficos (B)	52
Figura 12 –	Correlação de Pearson entre o ângulo do tronco e espessura do diafragma na respiração basal nos obesos (A) e eutróficos (B)	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Caracterização geral da amostra.....	49
Tabela 2 –	Alterações posturais detectadas através da fotogrametria...	50
Tabela 3 –	Avaliação do diafragma, da função pulmonar e da força muscular respiratória.....	51
Tabela 4 –	Regressão Linear múltipla com a espessura do diafragma em respiração basal como variável dependente no grupo obeso	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AT	Ângulo Do Tronco
CA	Circunferência Abdominal
CI	Capacidade Inspiratória
Cm	Centímetros
CmH ₂ O	Centímetros de Água
CVF	Capacidade Vital Forçada
IMC	Índice de Massa Corporal
IPAQ	International Physical Activity Questionnaire
Kg/m ²	Quilogramas por Metro Quadrado
Kg	Quilogramas
MD	Mobilidade Diafragmática
mmHg	Milímetros de Mercúrio
PE _{máx}	Pressão Expiratória Máxima
PI _{máx}	Pressão Inspiratória Máxima
US	Ultrassonografia
VEF ₁ /CVF	Relação entre Volume Expiratório Forçado no Primeiro Segundo e Capacidade Vital Forçada
VEF1	Volume Expiratório Forçado no Primeiro Segundo
VVM	Ventilação Voluntária Máxima

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	EVOLUÇÃO MOTORA: UMA ABORDAGEM TEÓRICA	20
2.2	OBESIDADE NA ADOLESCÊNCIA: FATORES DE RISCO E REPERCUSSÕES.....	22
2.3	GORDURA ABDOMINAL E ALINHAMENTO TÓRACO-LOMBAR-PÉLVICO: MODELO BIOMECÂNICO.....	24
2.4	REPERCUSSÕES DA GORDURA ABDOMINAL NA DINÂMICA RESPIRATÓRIA.....	28
3	METODOLOGIA	36
3.1	DESENHO DE ESTUDO E ASPECTOS ÉTICOS.....	36
3.2	LOCAL E PERÍODO DE ESTUDO.....	36
3.3	DEFINIÇÃO DOS GRUPOS.....	36
3.3.1	Critérios de Elegibilidade	36
3.4	DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS.....	37
3.4.1	Variáveis de Caracterização da Amostra	37
3.4.2	Variáveis do Estudo	37
3.5	AMOSTRA.....	40
3.6	OPERACIONALIZAÇÃO DO ESTUDO.....	41
3.6.1	Avaliação Antropométrica	43
3.6.2	Avaliação Postural do Tronco	43
3.6.3	Avaliação Ultrassonográfica do Diafragma	44
3.6.4	Avaliação de Função Pulmonar	45
3.6.5	Avaliação da Força Muscular Respiratória	46
3.6.6	Análise estatística	47
4	RESULTADOS	49
5	DISCUSSÃO	54
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
	REFERÊNCIAS	61
	APÊNDICE A –APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA - UFPE	73

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA	75
APÊNDICE C – FICHA DE AVALIAÇÃO DOS PARTICIPANTES.....	78

1 INTRODUÇÃO

A adolescência é um período importante para o desenvolvimento musculoesquelético, onde alterações na composição corporal influenciam a postura corporal do indivíduo (YAMADA et al., 2014). É nessa fase final do crescimento que os adolescentes podem relatar sintomas musculoesqueléticos relacionados à coluna, como dor ou desalinhamentos posturais (SIQUEIRA et al., 2015; SEDREZ et al., 2015). Dessa forma, torna-se importante detectar precocemente as alterações posturais estáticas para prevenir condições que predisõem ao surgimento de problemas de coluna em adultos (SEDREZ et al., 2015; Do NASCIMENTO et al., 2017).

A compreensão desse fenômeno nos reporta ao estudo da evolução humana, onde nossos ancestrais quadrúpedes sofreram uma série de mudanças motoras e diversas adaptações corporais para a verticalização humana (bipedia), com diversos ajustes em relação à postura para facilitar a locomoção (WAIZBORT et al., 2017). De acordo com Latimer (2005), os humanos ainda possuem um sistema osteomioarticular característico de um quadrúpede, o que acarretaria em cargas e desgastes para a coluna vertebral. Modificações biomecânicas de suporte para contenção e apoio postural podem repercutir em diferentes estruturas como o diafragma, músculos do tronco e parede abdominal (VOSTATEK et al., 2013).

Associado a essas alterações evolutivas, atualmente a ocorrência de mudanças posturais na adolescência, particularmente da coluna vertebral, tem sido associada a aspectos comportamentais, tais como o uso de mochilas (ROCHA; TAMATSU; VILELA, 2012), uso de salto alto (SILVA et al., 2013), ausência de atividade física (SEDREZ et al., 2015), e permanência por longos períodos na posição sentada no ambiente escolar.

Outro fator que repercute no centro de gravidade e que leva a alterações posturais é a *obesidade* (LONNER et al., 2015), atualmente considerada uma epidemia mundial (WHO, 2016). A realização de pesquisas acerca da obesidade e a associação com alterações posturais tem ganhado maior atenção na última década (SIQUEIRA; SILVA, 2011; SIQUEIRA et al., 2015; JALAI et al., 2017; do NASCIMENTO et al., 2017).

A concentração do depósito da gordura na região abdominal pode modificar a distribuição da massa corporal no adolescente e predispor ao deslocamento anterior

do centro de gravidade, causando adaptações na coluna vertebral, como a hipercifose dorsal, a protrusão dos ombros, e a hiperlordose lombar (HARRISON, 2002; SMITH et al., 2011; SIQUEIRA; SILVA, 2011; ALEIXO et al., 2012; ARAÚJO et al., 2014; SIQUEIRA et al., 2015; Do NASCIMENTO et al., 2017; VILLAFANE et al., 2018).

Apesar da relação entre a adiposidade e alterações posturais já ter sido relatada na literatura, os mecanismos subjacentes a essas compensações permanecem inconclusivos (ARAÚJO et al., 2014). Além das repercussões posturais, a obesidade pode influenciar o sistema respiratório. A adiposidade central associada ao padrão postural de hipercifose torácica pode gerar compressão mecânica sobre o diafragma, pulmões e caixa torácica levando a uma insuficiência da função pulmonar (JONES; NZEKWU, 2006).

Essa sobrecarga tóracoabdominal limita a mobilidade da parede torácica e altera a relação de comprimento-tensão do diafragma (HODGES; GANDEVIA, 2000), comprometendo a função pulmonar (HODGES; GANDEVIA, 2000, HODGES et al., 2015) e conseqüentemente a força muscular respiratória (RASSLAN; STIRBULOV; LIMA; JÚNIOR, 2009; TENÓRIO et al., 2013).

Nessa perspectiva, o impacto negativo sobre os sistemas musculoesquelético e respiratório é descrito na literatura como diretamente proporcional ao grau da obesidade em adultos (RASSLAN ZIED et al., 2004; D'ÁVILA MELO et al., 2011). No entanto, existem poucas evidências e com resultados conflitantes em adolescentes e adultos jovens obesos (ROCHA; TAMATSU; VILELA, 2012; SEDREZ et al., 2015; SILVA et al., 2015). Desta forma, torna-se importante avaliar adolescentes e adultos jovens, tendo em vista os desfechos negativos da obesidade na saúde (MYERS et al., 2018).

Diante do exposto, a presente tese tem como objetivo verificar se a postura do tronco e a circunferência abdominal (CA) influenciam a mobilidade e espessura do diafragma, e conseqüentemente a função pulmonar e a força muscular respiratória em adolescentes e adultos jovens obesos e eutróficos. Além disso, avaliar se a circunferência abdominal e o ângulo do tronco se relacionam com a espessura e mobilidade diafragmática.

Para este estudo, as mulheres foram excluídas por apresentarem disfunções posturais relacionadas principalmente ao tamanho da pelve, localização do centro de

gravidade e alterações hormonais (SIQUEIRA; SILVA, 2011; BARBOSA et al., 2012).

Além disso, considerando as diferenças entre os sexos de composição corporal e estrutura das vias aéreas (HARMS, 2006; FELICIANO PEREIRA, 2011), essas características constitucionais poderiam promover alterações nos achados de mobilidade e espessura diafragmática, além da função pulmonar (ROMEI et al., 2010; CARDENAS et al., 2018). Dessa forma, para minimizar o viés de seleção optou-se por uma amostra apenas do sexo masculino.

Para melhor compreensão da relação da obesidade com alterações posturais e respiratórias, eliminando a influência das mudanças físicas e comportamentais da fase de estirão da adolescência e da instalação das co-morbidades na vida adulta, foram incluídos neste estudo, adolescentes na fase tardia e adultos jovens, na faixa etária de 18 a 24 anos.

É importante esclarecer que, atualmente, os limites cronológicos estabelecidos pela *World Health Organization* (WHO, 1986) para adolescência estão entre dez e 19 anos e pela Organização das Nações Unidas (ONU) entre 15 e 24 anos. Já o termo adulto jovem, engloba a faixa etária de 20 a 24 anos de idade (EISENSTEIN, 2005). Com isso, ao agrupar adolescentes e adultos jovens (de 18 a 24 anos) numa mesma categoria de indivíduos jovens, facilitou o acesso a essa população, que corresponde aos estudantes universitários no início da vida acadêmica, e também permitiu investigar a faixa etária que apresenta alta frequência de obesidade (AL-DAGHRI et al., 2015), aumentando a viabilidade do estudo.

Sendo assim, o recrutamento dos sujeitos desta pesquisa foi realizado na comunidade acadêmica e circunvizinha à Universidade Federal de Pernambuco, assim como através de divulgação e convite em mídias sociais. Todos os procedimentos de coleta de dados foram realizados através da parceria com o Departamento de Fisioterapia da UFPE, no Laboratório de Aprendizagem e Controle Motor (LACOM).

De acordo com a normatização de dissertações e teses do Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente da Universidade Federal de Pernambuco, a presente tese está estruturada sob a forma de capítulos:

apresentação, revisão da literatura, metodologia, resultados, discussão e considerações finais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A obesidade é um distúrbio multifatorial caracterizado por acúmulo de gordura corporal que atinge todas as faixas etárias, sendo a adolescência um dos períodos mais críticos para a aquisição e manutenção do excesso de peso na vida adulta (MAFFEIS et al., 2001). Além do comprometimento sistêmico, a obesidade pode estar associada à ocorrência de alterações posturais, principalmente na coluna vertebral, tais como a hipercifose torácica, para compensar o alinhamento vertebral em relação ao centro de gravidade (GILLEARD; SMITH 2007; SMITH et al., 2011; PAN et al., 2018).

Além do relatado, o excesso de gordura abdominal associado ao desalinhamento postural também pode influenciar o funcionamento do sistema respiratório por provocar insuficiência da mecânica do diafragma, dos músculos abdominais e da caixa torácica (JONES; NZEKWU, 2006; HOLGUERA et al., 2018). Sabe-se que alterações na biomecânica afetam o sistema locomotor e, quando esta mudança influencia a caixa torácica, pode repercutir na mecânica respiratória do corpo humano (HODGES; GANDEVIA, 2000).

No entanto, até o momento, as evidências em adolescentes e adultos jovens obesos ainda são conflitantes na literatura, o que torna necessário a busca de referencial teórico e empírico a respeito dessa temática. Portanto, essa revisão teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre a repercussão da obesidade abdominal na disfunção postural do tronco, dinâmica diafragmática, função pulmonar e força muscular respiratória de adolescentes e adultos jovens obesos.

A revisão de literatura foi realizada tendo como fonte de pesquisa as bases de dados Medline/Pubmed, Lilacs, Scopus, Cochrane e Scielo e os seguintes descritores na língua portuguesa: evolução motora, postura, diafragma, teste de função respiratória, adolescentes, adultos jovens e em inglês: *evolution, posture, diaphragm, respiratory function tests, adolescent, young adults*. Sem restrição de idioma e período. Os operadores booleanos “AND”, ou “OR” foram utilizados, e para a busca avançada as palavras chaves: teoria biomecânica, tronco, alinhamento sagital, mobilidade, espessura do diafragma, função pulmonar.

A presente seção abordará quatro subtópicos: (a) apresentação da teoria acerca da Evolução Motora; (b) obesidade na adolescência, incluindo os fatores de

risco e repercussões; (c) repercussões da gordura abdominal no alinhamento tóraco-lombar-pélvico: Modelo Biomecânico; (d) repercussões da gordura abdominal na dinâmica respiratória. Em vista disso, foi realizada uma revisão da literatura, sendo utilizados artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais e livros com termos específicos para cada um dos subtópicos acima listados.

2.1 EVOLUÇÃO MOTORA: UMA ABORDAGEM TEÓRICA

O desenvolvimento motor humano é um fenômeno complexo que abrange relações do indivíduo e o seu ambiente, sendo uma área de estudo interdisciplinar e compreende que o processo de desenvolvimento motor vai além da infância (HAYWOOD; GETCHELL, 2010). Vale ressaltar que algumas mudanças em determinada fase podem nos auxiliar a compreender as alterações em outro período de vida (MCGRAW et al., 2000). Como exemplo, adolescentes em fase final do período de crescimento linear e que são afetados por problemas musculoesqueléticos (SMITH et al., 2011; PAPROCKA et al., 2017), quando negligenciados, podem apresentar maior risco de condições degenerativas da coluna quando adultos (DE VITTA et al., 2011). Analisar o desenvolvimento como um processo é a proposta das teorias ecológicas do desenvolvimento humano (HAYWOOD; GETCHELL, 2010).

A *Teoria Sintética da Evolução*, considerada um marco, demonstra que o ser humano passou por transformações motoras gradativas e evoluiu da posição quadrúpede para a bípede, o que provocou inúmeras adaptações em relação à postura e locomoção (WAIZBORT et al., 2017). Isso decorrente de um meio inóspito, com comida escassa, que obrigava o andarilho bípede ir à busca de alimentos, caminhando por amplos espaços (LIEBERMAN, 2014). A necessidade da bipedestação acarretou mudanças anatômicas, ósseas, musculares e neurológicas, causando conseqüentemente, um desajuste entre o corpo humano e o novo ambiente (WAIZBORT et al., 2017). Com isso, a biomecânica foi readequada para a necessidade de andar ereto e influenciou diferentes sistemas fisiológicos.

Na postura quadrúpede, a coluna vertebral posiciona-se paralela ao chão e seu peso se distribui nos quatro pontos de apoio em relação ao solo, quando se locomove. Nesse caso, o centro de gravidade (centro de massa) se encontra no meio da coluna, enquanto nos bípedes, o centro de gravidade se localiza na região

lombo-sacral (WAIZBORT et al., 2017). Essa mudança no centro de gravidade seria o resultado mais evidente da evolução para a postura bípede, pois os humanos retiveram o sistema musculoesquelético básico de um quadrúpede, impondo a ele um novo regime de cargas, estresses e desgastes (LATIMER, 2005). As modificações gradativas na postura do indivíduo levaram à hipertrofia dos músculos da cadeia posterior, com redução dos músculos flexores do tronco e biomecanicamente favoreceu a protrusão do abdome, aumento na cifose torácica e na lordose lombar (VILLAFANE et al., 2018).

Durante o processo evolutivo, o diafragma, os músculos do tronco e a parede abdominal modificaram suas funções de suporte para contenção e apoio postural (VOSTATEK et al., 2013). Além disso, a obesidade foi outro fator de mudança do centro de gravidade com repercussão postural (LONNER et al., 2015). A produção de pesquisas acerca das doenças crônicas não transmissíveis, como a obesidade e postura tem ganhado maior atenção na última década (SIQUEIRA; SILVA, 2011; SIQUEIRA et al., 2015; do NASCIMENTO et al., 2017; JALAI et al., 2017).

O estudo da associação entre a obesidade e a postura é de grande importância visto que a adolescência é um período crítico para o desenvolvimento e distribuição da gordura corporal (MAFFEIS et al., 2001). O que justifica uma maior prevalência de mudanças posturais em crianças e adolescentes obesos (PAPROCKA et al., 2017). Relacionar a biologia evolutiva às modificações estruturais que ocorrem nesses jovens obesos pode gerar melhor compreensão em relação a essas alterações, e como elas podem contribuir para a postura e o movimento (LONNER et al., 2015).

As alterações biomecânicas decorrentes da obesidade podem contribuir para o aumento da sobrecarga articular em uma estrutura esquelética ainda em formação, diminuindo a estabilidade postural e aumentando o gasto energético para realizar as atividades habituais (FELICIANO PEREIRA et al., 2011). Tais modificações morfofuncionais podem ser ainda mais danosas para os indivíduos na adolescência por ser uma fase em que mudanças de comportamentos, como o sedentarismo e o hábito de permanecer sentado por muitas horas são frequentes (SEDREZ et al., 2015; WAIZBORT et al., 2017).

Como decorrência do processo civilizatório, houve aumento do comportamento sedentário e adoção frequente da posição sentada, tornando-se um estilo de vida que é frequente para os mais jovens (SEDREZ et al., 2015).

Importante salientar que esse perfil sedentário (principalmente sentado) torna-se importante fator de risco para a obesidade e pode impactar negativamente nos desfechos de saúde (CASTRO et al., 2016; MILES-CHAN; DULLO 2017; MYERS et al., 2018).

2.2 OBESIDADE NA ADOLESCÊNCIA: FATORES DE RISCO E REPERCUSSÕES

A obesidade atinge todas as faixas etárias, sendo a adolescência um dos períodos mais críticos para a sua aquisição e aumento do risco de manutenção ao longo da vida, bem como maior risco de complicações cardio-metabólicas (SILVA et al., 2005; MORAES et al., 2011; MELZER et al., 2015; NASCIMENTO-FERREIRA et al., 2017). A prevalência na população brasileira passou de 11,8% em 2006, para 18,9% em 2016, segundo os dados da *Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico* (VIGITEL) (BRASIL, 2016). Um aumento expressivo de 60% nos últimos dez anos, inclusive em adolescentes e adultos jovens (IBGE, 2017). Na população mundial, em 2016, 39% dos homens e mulheres com 18 anos ou mais tinham excesso de peso (WHO, 2016).

Alguns fatores de risco para a obesidade em jovens foram descritos na literatura, como o sedentarismo (MYERS et al., 2018), a má nutrição (MELZER et al., 2015), e outros aspectos comportamentais, como permanência por longos períodos sentados no ambiente escolar (SEDREZ et al., 2015; MIGUEL-ETAYO et al., 2015). Outros aspectos também associados à obesidade têm relação com condições sociodemográficas: sexo, idade, escolaridade materna e nível econômico (CASTRO et al., 2016), e familiares (estado nutricional materno) (MELZER et al., 2015). Estudo de Al-Daghri et al. (2015), em estudantes sauditas observou que a obesidade é maior em homens que iniciam a universidade. Esses diferentes tipos de fatores podem resultar em alterações metabólicas e no peso corporal dos indivíduos.

Dentre essas circunstâncias sociodemográficas, o nível de escolaridade materna (≥ 8 anos) e o tempo de exposição à televisão (CASTRO et al., 2016) predispõem as crianças e adolescentes à obesidade. Estudo transversal com adolescentes entre 11 a 19 anos observou que indivíduos menos ativos podem apresentar maior chance de desenvolver obesidade abdominal (BOZZA et al., 2014). Relatou ainda que esse comportamento sedentário seja ocupacional ou de lazer

torna-se importante fator de risco para a obesidade e pode impactar negativamente nos desfechos de saúde (ATAIE-JAFARI et al., 2014; BOZZA et al., 2014; CASTRO et al., 2016; MILES-CHAN; DULLO 2017; MYERS et al., 2018).

Outro fator que merece destaque é a distribuição de gordura corporal, que dependendo da região de acúmulo do tecido adiposo pode provocar repercussões orgânicas distintas (LIMA et al., 2011; SIQUEIRA et al., 2015). O tecido adiposo pode ter dois tipos de distribuição: *periférica* e *central* (LIMA et al., 2011). A obesidade periférica corresponde ao depósito de gordura nos membros superiores e inferiores (LIMA et al., 2011) e a obesidade central é caracterizada pelo acúmulo de gordura na região abdominal, que pode ter localização superficial (subcutânea) e/ou profunda (visceral) (SCHLECHT et al., 2014).

A literatura descreve que a obesidade (central) abdominal traz maiores repercussões metabólicas ao obeso, devido à estreita relação com a tolerância à glicose, hiperinsulinemia, dislipidemias e hipertensão arterial em adultos (SILVA et al., 2011; AGREDO-ZUNIGA et al., 2015; CASTRO et al., 2016; NASCIMENTO-FERREIRA et al., 2017). A gordura central subcutânea está relacionada ao efeito anti-aterogênico, à maior sensibilidade à insulina e ao menor risco de diabetes tipo 2 e dislipidemias, quando comparada à visceral, devido a menores proporções de substâncias pró-inflamatórias (adipocinas) (SILAGHI et al., 2008; TAKSALI et al., 2008). Já a gordura central visceral tem efeito pró-inflamatório, que se associa a resistência à insulina e perfil metabólico adverso em comparação com a gordura subcutânea (TAKSALI et al., 2008; SCHLECHT et al., 2014)

Influências específicas relacionadas ao sexo podem explicar o fato de que no sexo masculino, a distribuição central de gordura é mais predominante do que no feminino (BACOUPOULO et al., 2015). Revisão sistemática de Moraes et al. (2011) relatou que apesar de existir essa tendência a valores elevados em homens, a associação entre a obesidade abdominal e o sexo nos adolescentes ainda não está esclarecida.

O acúmulo de gordura corporal tem como período crítico para o desenvolvimento e distribuição corpórea a adolescência (SILVA et al., 2011; SIQUEIRA et al., 2015; CASTRO et al., 2016). Estudo em adolescentes de 14 a 19 anos verificou que quanto maior o IMC maior a predisposição de eventos metabólicos e hipertensão arterial nessa população (NASCIMENTO-FERREIRA et al., 2017). Pesquisa em indivíduos entre 7 a 20 anos de idade observou forte

associação do maior depósito lipídico abdominal com o perfil das adipocinas e o metabolismo da glicose (HERSHKOP et al., 2016).

2.3 GORDURA ABDOMINAL E ALINHAMENTO TÓRACO-LOMBAR-PÉLVICO: MODELO BIOMECÂNICO.

Além do comprometimento sistêmico, a obesidade pode estar associada à ocorrência de distúrbios musculoesqueléticos (BOLLINGER, 2017), principalmente na coluna vertebral (GILLEARD; SMITH, 2007; SMITH et al., 2011; SHAHVARPOUR et al., 2015; JALAI et al., 2017; do NASCIMENTO et al., 2017). O excesso de peso é condição que interfere fortemente no alinhamento tóraco-lombar-pélvico (SMITH et al., 2011; ARAÚJO et al., 2014; SIQUEIRA et al., 2015; do NASCIMENTO et al., 2017). Essas alterações posturais são dependentes da distribuição da gordura, se central (abdominal) ou periférica (LIMA et al., 2011).

A associação entre a gordura abdominal e postura do tronco tem sido estudada recentemente (SIQUEIRA et al., 2015; JALAI et al., 2017; do NASCIMENTO et al., 2017). O estresse biomecânico proveniente da deposição adiposa central modificaria o alinhamento dos vetores de força necessários para manutenção do equilíbrio, favorecido por uma musculatura abdominal estirada pelo aumento da circunferência abdominal (SILVA et al., 2011; KISNER; COLBY, 2009). Esse desequilíbrio predispõe à modificação do alinhamento do tronco, favorecendo o aumento da hipercifose torácica e da hiperlordose lombar (SMITH et al., 2011).

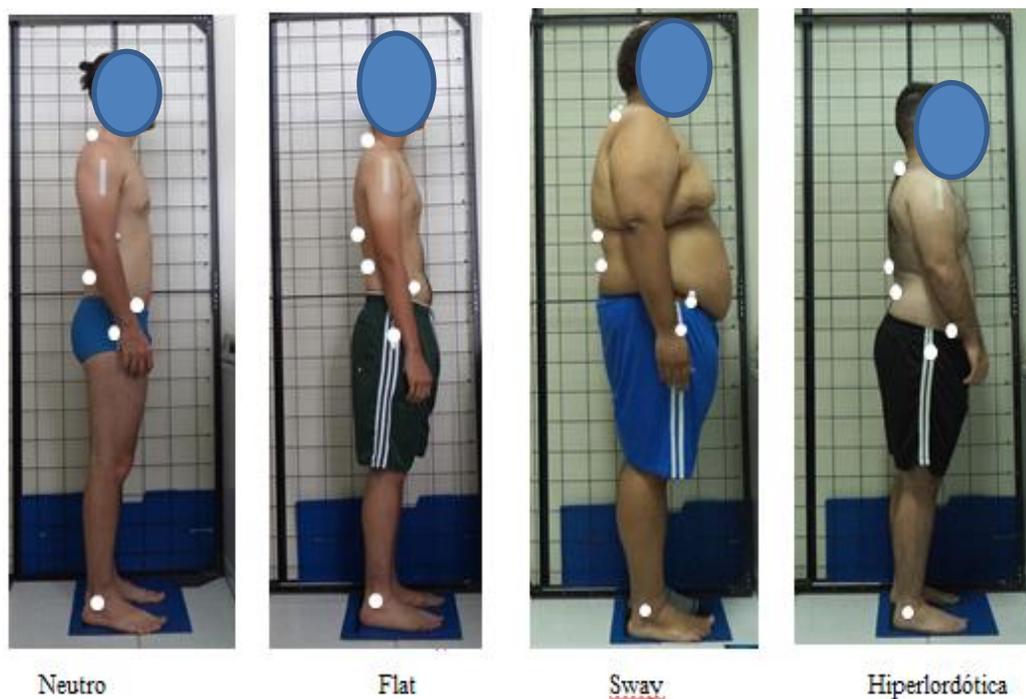
A sobrecarga imposta ao sistema osteomioarticular do tronco pode causar danos a toda biomecânica corporal em desenvolvimento nos adolescentes obesos (SIQUEIRA; SILVA, 2011; SIQUEIRA et al., 2015; do NASCIMENTO et al., 2017). Esses agravos na coluna podem provocar outras alterações posturais devido a mecanismos compensatórios, como a hiperlordose cervical, anteriorização da cabeça ombros protraídos e tórax achatado anteriormente (SIQUEIRA; SILVA, 2011; FELICIANO PEREIRA et al., 2011; SIQUEIRA et al., 2015), que podem influenciar o alinhamento postural global (KISNER; COLBY, 2009). A taxa de prevalência dessas alterações posturais é ainda maior em crianças e adolescentes obesos (PAPROCKA et al., 2017). Em adultos, verificou-se o mesmo padrão, onde presença de hipercifose torácica (46,7%) e a hiperlordose lombar (26,7%) estariam relacionadas ao excesso de peso (Do NASCIMENTO et al., 2017).

Além de alterações posturais, também são observadas mudanças de mobilidade do tórax em obesos (Do NASCIMENTO et al., 2017). No entanto, as evidências ainda são conflitantes (PAPROCKA et al., 2017). Revisão sistemática de Pan et al. (2018) relatou que a obesidade reduz a taxa de movimento torácico. Essa diminuição poderia ser decorrente da sobrecarga adiposa sobre a região torácica (GILLEARD; SMITH 2007). Além disso, em escolares com diferentes IMCs, verificou-se prejuízos à mobilidade da coluna, decorrentes das compensações posturais, como na hiperlordose lombar (KULIGOWSIKI et al., 2015). Outro aspecto indicativo de hipercifose torácica, temos o ângulo do tronco, que corresponde à angulação entre a sétima vértebra cervical, a 12^o vértebra torácica e o trocânter maior do fêmur (PERRY et al., 2008; SMITH et al., 2008). Sendo assim, a obesidade pode acarretar maior ativação compensatória dos músculos do tronco e predispor maior ângulo (SMITH et al., 2008; 2011; CLAEYS et al., 2016).

Diante deste quadro, observa-se que a obesidade abdominal pode provocar mudanças adaptativas posturais no obeso, o que pode trazer prejuízos à biomecânica corporal normal. No sentido de identificar as alterações no alinhamento corporal do adolescente obeso, são utilizados métodos de avaliação postural através da utilização da fotogrametria computadorizada (GILLEARD; SMITH, 2007; FERREIRA et al., 2011; SMITH et al., 2011; SIQUEIRA et al., 2015). Dentre esses métodos, destaca-se a proposta de avaliação e classificação postural de Smith et al. (2011), onde quatro *clusters* (categorias) de posturas podem ser encontradas nos adolescentes, tais como: neutra, “*flat*”, “*sway*”, e hiperlordótica (**figura 1**).

- a) A postura neutra: pelve e tronco alinhados, sem deslocamento no plano sagital;
- b) Postura “*flat*” (plano): alinhamento do tronco anterior, menor cifose torácica, menor ângulo do tronco e lordose lombar retificada.
- c) Postura “*sway*” (balanço): alinhamento do tronco posterior, hipercifose torácica, maior ângulo do tronco e menor lordose lombar.
- d) Postura hiperlordótica: alinhamento neutro do tronco, hipercifose torácica, maior ângulo do tronco e hiperlordose lombar.

Figura 1 - Modelo de Alinhamento tóraco-lombar-pélvico em adolescentes.



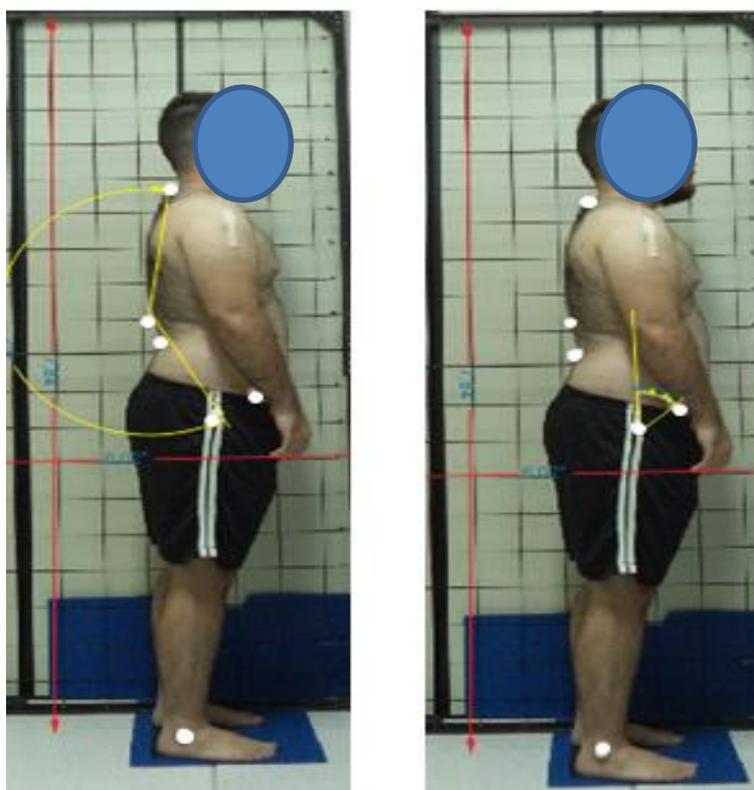
Fonte: Adaptado de Smith et al. (2008; 2011). (Foto: arquivo pessoal).

De acordo com modelo de avaliação postural de Smith et al. (2011), quando maior o IMC maior a frequência de alterações posturais de hipercifose torácica e hiperlordose lombar, sendo mais frequente a classificação da postura hiperlordótica e sway nos obesos. Para registrar essas alterações posturais a biofotogrametria é um instrumento útil para avaliar a postura do tronco, acessível, não invasiva e de baixo custo (PERRY et al, 2008; SMITH et al, 2011; PUGLISI et al, 2014; CLAEYS et al, 2016).

Além disso, a biofotogrametria é um método apropriado para estudos em larga escala, quando se pretende medir múltiplos ângulos (PERRY et al., 2008; PUGLISI et al., 2014). Revisão sistemática sobre os principais *softwares* empregados na biofotogrametria computadorizada para avaliação postural, constatou-se que o *CorelDraw* é um dos *softwares* mais utilizados para a avaliação quantitativa da postura, e é eficaz e útil para esse tipo de avaliação, apesar de não ser desenvolvido especificamente para isso (DOS SANTOS; FANTINATI, 2011). Esse software permite a análise da postura de cada seguimento e do alinhamento corporal através de marcadores de referência presente na foto, além da medida de ângulos posturais.

Apesar de não haver valores de referência nos ângulos posturais para a população juvenil na literatura, o ângulo do tronco e da pelve (figura 2), obtidos através da biofotogrametria, são frequentemente utilizados em estudos prévios sobre a postura (GILLEARD; SMITH, 2007; SMITH; O'SULLIVAN; STRAKER, 2008; SMITH et al., 2011; CLAEYS et al., 2016). Para a mensuração do ângulo do tronco são considerados marcadores em sétima vértebra cervical (C7), 12ª vértebra torácica (T12) e trocânter maior do fêmur (figura 2a); e para o ângulo da pelve, marcadores em espinha ilíaca anterossuperior (EIAS), trocânter maior do fêmur e linha vertical (figura 2bd). Mesmo sem haver estabelecido um ponto de corte, a literatura considera que quanto maior o ângulo do tronco, maior a cifose torácica do indivíduo e quando maior o ângulo da pelve maior a anteversão pélvica (SMITH et al., 2011).

Figura 2 - Modelo de Ângulos posturais em adolescentes



a: Ângulo do tronco

b: Ângulo da pelve

Fonte: Adaptado de Claeys et al. (2016). (Foto: arquivo pessoal)

2.4 REPERCUSSÕES DA GORDURA ABDOMINAL NA DINÂMICA RESPIRATÓRIA

Além das alterações no alinhamento tóraco-lombar-pélvico, o depósito de gordura abdominal pode afetar também a dinâmica respiratória, pois os ciclos respiratórios são dependentes do sincronismo dos compartimentos torácico e abdominal (HODGES et al., 1999; 2000) conforme o modelo da teoria bicompartimental descrita por Ward et al., (1985) (figura 3A).

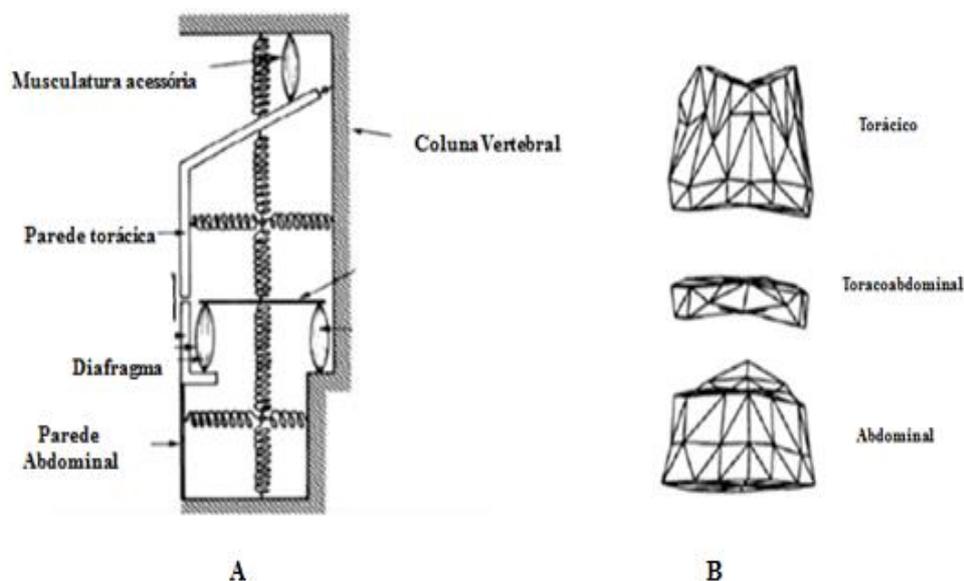
De acordo com essa teoria, dois grupos musculares merecem destaque na mecânica ventilatória: o diafragma, responsável pela inspiração (CARDENAS et al., 2018) e os abdominais, pela expiração forçada (HODGES; GANDEVIA, 2000). Além desses músculos, escalenos, intercostais e esternocleidomastóideo, chamados de músculos acessórios da respiração, são recrutados em situações de maiores demandas ventilatórias (KERA; MAYRUAMA, 2005).

Nessa teoria é descrito um modelo de três subcompartimentos envolvidos na ventilação: o tórax superior, o toracoabdominal e o abdominal (figura 3B). A musculatura acessória é responsável pela movimentação do subcompartimento do tórax superior, atuando sobre o gradil costal que expande numa direção anterossuperior de acordo com a demanda ventilatória exigida, provocando uma variação da pressão desse compartimento.

Já o músculo diafragma, responsável pelo maior volume total da respiração (HODGES et al., 1999; TESTA et al., 2011; WALLDEN, 2017; CARDENAS et al., 2018), atua no subcompartimento toracoabdominal, tracionando esse segmento para baixo e anteriormente. Devido à sua localização na porção inferior do tórax, o diafragma modifica as pressões torácica e abdominal de acordo com seu posicionamento e demanda ventilatória. Os músculos abdominais expandem a parede abdominal anterior e atuam na variação de pressão do subcompartimento abdominal.

Sendo assim, os ciclos respiratórios são dependentes da sincronia dos compartimentos torácico e abdominal (WARD et al., 1985; HODGES et al., 1999). E as variações pressóricas dos compartimentos são interdependentes, de maneira que alterações de força, mobilidade e alinhamento numa das estruturas de um subcompartimento, pode provocar repercussões nos outros subcompartimentos e isso influenciar no sistema respiratório.

Figura 3 - Modelo da Teoria Bicompartimental e subcompartimentos.



Fonte: Adaptado de Ward et al. (1985) e Hodges et al. (1999).

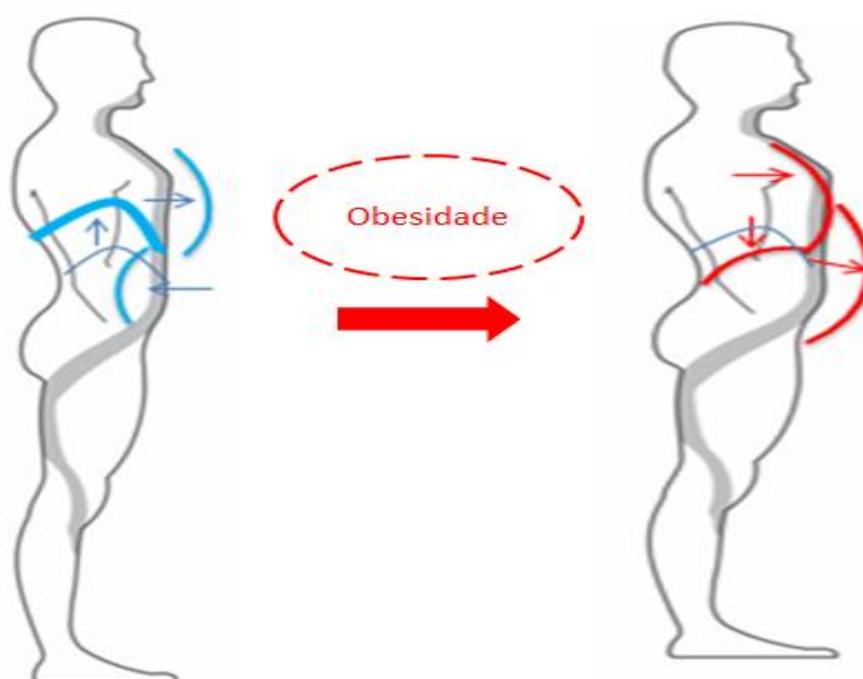
Estudos em mulheres já indicaram que alterações na postura do tronco podem estar relacionadas a modificações na mecânica da caixa torácica e possivelmente interferir na função respiratória (SOOD et al., 2003; BARBOSA et al., 2012). Estudo de Hodges et al., (1999) relacionou o músculo diafragma como regulador da pressão do subcompartimento abdominal (MOORE; DALLEY; AGUR, 2010; MONTES et al., 2017). O movimento crânio-caudal do diafragma, denominado de excursão, promove o aumento da cavidade torácica durante a inspiração (MOORE; DALLEY; AGUR, 2010). Para melhor efetividade mecânica do diafragma, é necessário estabilização dos músculos abdominais, pois os mesmos promovem a sustentação das vísceras durante o movimento de inspiração e estão também na dependência dos paravertebrais lombares onde a porção vertebral do diafragma se insere (MONTES et al., 2017).

Ademais, suspeita-se que o aumento da circunferência abdominal determine efeitos mecânicos na função pulmonar, parcialmente explicado pelo comprometimento da parede do tórax e do movimento do diafragma (HODGES; GANDEVIA, 2000, HODGES et al., 2015). Outro modelo que busca explicar essa relação, é o Modelo Teórico de Holguera et al.,(2018), onde a obesidade prejudicaria

a mecânica respiratória durante a inspiração, a gordura torácica dificultaria a expansão da caixa torácica, e a gordura abdominal reduziria a descida do diafragma, restringindo assim o aumento do diâmetro longitudinal da cavidade torácica.

Durante a expiração, a gordura abdominal dificultaria a ação dos músculos abdominais, que são os principais músculos da expiração forçada (figura 4), por provocar um estiramento desses músculos devido ao aumento da circunferência abdominal, gerando uma alteração na atividade contrátil dos músculos abdominais, (HOLGUERA et al., 2018).

Figura 4 - Alterações decorrentes da obesidade na região tóracoabdominal segundo o modelo teórico de Holguera et al. (2018)



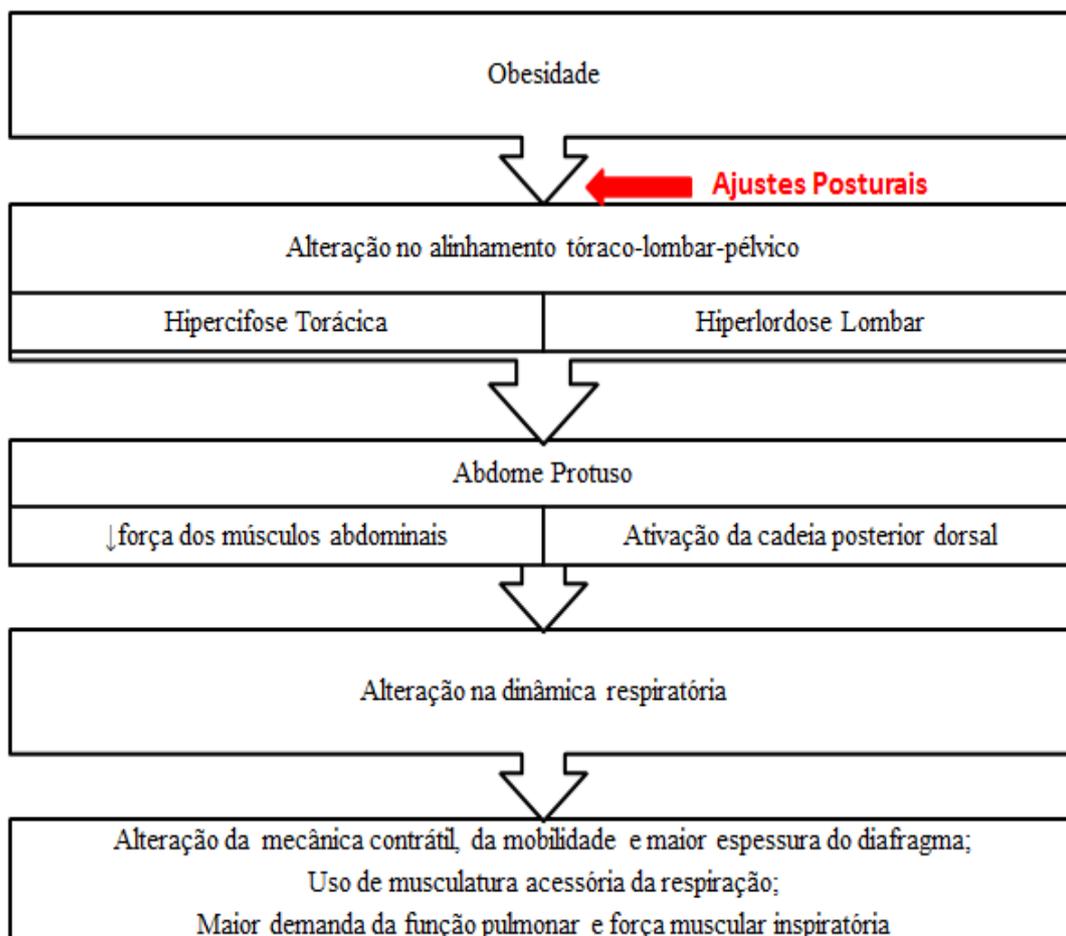
Fonte: elaborado pela autora.

Além disso, o tecido adiposo abdominal visceral provoca compressão sobre o músculo diafragma (WALLDEN, 2017; CARDENAS et al., 2018), o que pode alterar a relação de comprimento-tensão desse músculo (HOLGUERA et al., 2018), e assim, influenciar o funcionamento do sistema respiratório.

Já o acúmulo de tecido adiposo ao redor da caixa torácica e abdome promovem sobrecarga toracoabdominal limitando a mobilidade da parede torácica e

do diafragma, alterando a função ventilatória (WATSON et al., 2012; BARCELAR et al., 2013; ROBINSON, 2014) (figura 5).

Figura 5 - Representação do modelo teórico da influência da obesidade abdominal na postura e no sistema respiratório.



Fonte: elaborado pela autora.

Dessa forma, a gordura abdominal por provocar insuficiência da ativação dos músculos abdominais e do diafragma e alteração da mobilidade da caixa torácica pode repercutir negativamente na força e função pulmonar (HODGES; GANDEVIA, 2000; FERREIRA et al., 2017; JONES; NZEKWU, 2006).

Alteração no perfil das fibras musculares também foi verificada em adolescentes obesos com distribuição central da gordura (BACOPOULOU et al., 2015) e que também pode estar relacionada a um alteração no sistema respiratório do indivíduo obeso. Uma possível explicação, seria o dano causado na função mitocondrial pela obesidade, que promove redução na capacidade oxidativa,

produção de ATP e fosfatos inorgânicos (SIMONEAU et al., 1995), refletindo em menor proporção de fibras musculares tipo I (resistentes) em relação às fibras tipo II (fadigáveis) (NYHOLM et al., 1997; KELLEY et al., 2002; CALI; CAPRIO, 2008). E essa desproporção, pode acarretar em perda no processo contrátil do músculo diafragma, relacionadas à força, à excursão e à fadiga (LIU CY, et al., 2008; BOLLINGER, 2017). Quanto maior a porcentagem de gordura corporal, menor o percentual de fibras tipo I (HELGE et al., 1999; HE; WATKINS; KELLEY, 2001).

Outro fator é que o tecido adiposo é um órgão endócrino e parácrino que produz citocinas e mediadores bioativos e gera um estado pró-inflamatório, que pode estar associado ao hipodesenvolvimento pulmonar, atopia, responsividade brônquica, risco aumentado de asma (DELMONICO et al., 2009). Marcadores inflamatórios, como as interleucinas (IL-1 e IL-6) e o fator de necrose tumoral alfa (TNF- α), podem gerar danos à oxidação energética do tecido, prejudicando a hematose e fragilizando o tecido muscular, diafragmático (HODGES et al., 2015; LIMA et al., 2018).

Nessa perspectiva, avaliar a função do músculo diafragma é fundamental na prática clínica, pois sua excursão é responsável por cerca de 60 a 75% do volume total da inspiração (KISNER; COLBY, 2009; TESTA et al., 2011). Sua avaliação direta é pouco acessível devido à sua composição anatômica (MOORE; DALLEY; AGUR, 2010). Para avaliação indireta, diferentes métodos podem ser utilizados: fluoroscopia (padrão-ouro), tomografia computadorizada, ressonância magnética, raio-X, e pletismografia optoeletrônica. Apesar de serem métodos utilizados na prática clínica, são procedimentos de alto custo e devido ao uso da radiação na população jovem (WANG et al., 2009; TESTA et al., 2011).

No entanto, outro método vem ganhando destaque pelo baixo custo, acessível, reprodutível e não invasivo para observar o diafragma é a ultrassonografia (US), que avalia a mobilidade e a espessura diafragmática (YAMAGUTI et al., 2007; BOUSSUGES; GOLE; BLANC, 2009; WANG et al., 2009; TESTA et al., 2011). Revisão de escopo sobre a avaliação do diafragma com a US, de Hayward e Janssen (2018), analisou 26 estudos nos últimos 20 anos e sugeriu a realização de mais estudos sobre essa temática.

Portanto, torna-se importante ressaltar que a avaliação da contração do diafragma a partir da US, pode ser um instrumento útil na identificação de alterações em indivíduos com disfunções de movimento envolvendo estabilização do tronco,

respiração ou ambos (HELLYER et al., 2017). Com relação à US, estudo de El-Halaby et al. (2016) caracterizou em 400 crianças aspectos da espessura e da mobilidade diafragmática em diferentes idades, pesos corporais e ambos os sexos.

Pesquisa de Cardenas et al., (2018) utilizando US, relatou menor mobilidade diafragmática em mulheres comparadas a homens adultos saudáveis. Além das diferenças estruturais das vias aéreas entre os sexos (HARMS, 2006), essas características morfofuncionais alteram a mobilidade e espessura diafragmática, além da função pulmonar (CARDENAS et al., 2018). Porém, não encontramos evidências na literatura associando adolescentes e adultos jovens obesos com alterações da mobilidade do diafragma.

Apenas um estudo em população pediátrica estudou a relação entre a mobilidade do diafragma com postura ou posição da pelve nos diferentes grupos, nas idades entre 5 a 12 anos, através da fotogrametria (LIU CY et al., 2008). Na população jovem, apenas alguns fatores foram considerados em relação à mobilidade diafragmática, relacionados à posição (NAITOH et al., 2014), ao sexo (ROMEI et al., 2010) ou dor lombar (JANSSENS et al., 2013).

Apesar desses estudos utilizando a US em diferentes populações, não há valores de referências nacionais sobre a mobilidade e espessura do diafragma. Evidências na literatura associando adolescentes obesos em alterações da mobilidade do diafragma e da postura do tronco também não foram encontradas. Essas mudanças posturais não estão esclarecidas com relação ao diafragma, seja em sua excursão (LIU CY et al., 2008), ou posicionamento (NAITOH et al., 2014). Pouco se sabe sobre o impacto da obesidade abdominal nas mudanças do alinhamento tóraco-lombar-pélvico e a respiração em adolescentes e adultos jovens.

Em relação a função pulmonar, capacidade dos pulmões para se expandir e promover as trocas gasosas (GUYTON; HALL, 2006), estudos apontam que quanto maior o IMC, mais acentuadas serão as alterações nas variáveis de função pulmonar (BARCELAR et al., 2013), em ambos os sexos, com menor tolerância ao exercício (FARIA et al., 2014).

Para avaliação da função pulmonar, existem vários instrumentos como a pletismografia optoeletrônica (BARCELAR et al., 2013) e a espirometria, considerada o padrão-ouro, não-invasiva, acessível e a mais utilizada nas pesquisas e na clínica (RASSLAN ZIED et al., 2004; COSTA et al., 2008; CHEN et al., 2009; D'ÁVILA MELO et al., 2011; FARIA et al., 2014).

A espirometria consiste em medir a entrada e saída de ar dos pulmões e caracteriza essa avaliação através de parâmetros espirométricos de volumes e capacidades pulmonares (COSTA; JAMAMI, 2001).

Esses parâmetros espirométricos correspondem ao volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁), a capacidade vital forçada (CVF) e a relação Índice de Tiffeneau (VEF₁/CVF), uma medida indireta da função pulmonar.

Revisão sistemática de Winck et al., (2016), em crianças e adolescentes, verificou apenas quatro estudos e com pouco rigor metodológico a relação entre a função pulmonar e a obesidade. Nesses estudos encontrou-se menores valores nas variáveis de função pulmonar nos obesos (CVF e VEF₁) em relação aos eutróficos.

Resultados distintos foram apresentados em outros estudos, nos quais se verificou aumento de CVF e VEF₁ associado à maior circunferência abdominal (CHEN et al, 2009) ou nenhuma influência dos parâmetros antropométricos sob a função pulmonar em obesos (BORAN et al., 2007).

Quanto ao VEF₁/CVF, estudos com adultos obesos mostram que as repercussões da obesidade podem levar a valores menores que 80% deste índice, o que caracterizaria um distúrbio obstrutivo (COSTA et al., 2008; D'ÁVILA et al., 2011; WATSON et al., 2012; BARCELAR et al., 2013; PATAKY et al., 2014). Esse caráter obstrutivo apresentou em algumas pesquisas associação direta com o IMC (RASLAN ZIED et al., 2004; D'ÁVILA et al., 2011; FARIA et al., 2014), ou não (BORAN et al., 2007; CHEN et al., 2009) em outros estudos. Dessa forma, ainda são conflitantes os achados sobre o comprometimento da função pulmonar, principalmente quando se refere a crianças e adolescentes obesos (BORAN et al., 2007; CHEN et al., 2009; FARIA et al., 2014).

Com relação à força muscular respiratória, os achados ainda são conflitantes na literatura (PAZZIANOTTO-FORTI et al. 2012; HOFFMEISTER et al., 2018). Em crianças e adolescentes com sobrepeso ou obesidade, verificou-se redução na força muscular expiratória (PeMáx) (SANTIAGO et al., 2008). Entretanto, estudo de Pazzianotto-Forti et al., (2012) observou adultas obesas mórbidas com maior força muscular inspiratória que eutróficas. A avaliação das pressões inspiratória e expiratória máxima (Pimáx e Pemáx) é realizada pela manovacuometria que consiste na medida da força muscular respiratória de forma indireta (SOUZA, 2002).

Apesar da relação entre obesidade e alterações posturais serem relatadas na literatura, os mecanismos subjacentes permanecem ainda não completamente

esclarecidos (ARAÚJO et al., 2014). A concentração de gordura na região abdominal associada ao padrão postural de hipercifose torácica pode gerar sobrecarga mecânica no sistema respiratório podendo repercutir na função pulmonar (JONES; NZEKWU, 2006). E também, provocar ineficiência do diafragma, com alteração da mobilidade da caixa torácica (HODGES; GANDEVIA, 2000; FERREIRA et al., 2017).

Desse modo, pode-se supor que a obesidade abdominal promove alteração no alinhamento do tronco, reduz mobilidade do diafragma e altera a função pulmonar em adolescentes e adultos jovens. Contudo, as evidências em adolescentes obesos ainda são incipientes e não há consenso sobre a influência da postura do tronco e da circunferência abdominal de obesos sobre os parâmetros ventilatórios espirométricos e sobre a força muscular respiratória e a excursão diafragmática do indivíduo jovem.

3 METODOLOGIA

3.1 DESENHO DE ESTUDO E ASPECTOS ÉTICOS

Foi realizado um estudo observacional comparativo, entre dois grupos: casos e controles, de corte transversal. Foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), sob o número de parecer 1.956.009 (ANEXO 2). Todos os participantes desta pesquisa foram esclarecidos sobre o objetivo do estudo, procedimentos, riscos e benefícios e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), conforme a resolução 466/12 da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa do Ministério da Saúde.

3.2 LOCAL E PERÍODO DE ESTUDO

Este estudo foi realizado no Laboratório de Aprendizagem e Controle Motor do Departamento de Fisioterapia (LACOM - DeFisio – UFPE), em Recife/PE.

3.3 DEFINIÇÃO DOS GRUPOS

Casos e Controles

- **Casos:** obesos com IMC para sexo e idade igual ou superior ao IMC de 30, segundo os critérios preconizados pela *World Health Organization* (WHO, 2007).
- **Controles:** eutróficos com IMC para sexo e idade inferior ao IMC de 25, segundo os critérios preconizados pela WHO (2007).

3.3.1 Critérios de Elegibilidade

- **Critérios de Inclusão:** os participantes do estudo foram indivíduos do sexo masculino, entre 18 e 24 anos de idade.
- **Critérios de Exclusão:** foram excluídos os adolescentes e adultos jovens fumantes, ou que usavam medicamentos controlados, com diagnóstico prévio de distúrbios pulmonares (DPOC, asma, tuberculose), ou musculoesqueléticos (fraturas, cirurgias na coluna, traumas) ou com IMC entre 25 e 29,9 (Kg/m²).

3.4 DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS

3.4.1 Variáveis de Caracterização da Amostra

Para a caracterização da amostra utilizamos idade, peso, altura, circunferência abdominal e prática de atividade física.

● **Idade:** o tempo transcorrido entre o nascimento até o período atual, expressa em anos, será apresentado como uma variável quantitativa contínua.

● **Peso:** força exercida por um corpo sobre qualquer superfície que se oponha à sua queda será verificado como uma variável quantitativa contínua expressa em quilogramas (Kg), utilizando-se balança antropométrica (Filizola[®]).

● **Altura (estatura):** dimensão de um corpo na posição vertical, expressa em metros (m), será apresentada como uma variável quantitativa contínua, utilizando-se uma fita métrica.

● **Índice de Massa Corporal (IMC):** consiste na relação entre o peso e o quadrado da estatura (Kg/m^2), classificado de acordo com o proposto pela (WHO, 2007), e verificado como uma variável quantitativa contínua.

● **Circunferência Abdominal:** medida da região do abdome, no ponto médio entre a borda inferior da última costela e a borda superior da crista ilíaca, expressa em centímetros (cm) e apresentada como uma variável quantitativa contínua, usando-se uma fita métrica.

● **Nível de atividade física:** avaliado pelo questionário internacional de atividade física (ANEXO 3) (MATSUDO et al., 2001), instrumento validado para a população brasileira resultante do original *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ), forma curta.

3.4.2 Variáveis do Estudo

Após a classificação dos indivíduos em casos e controles pelo IMC, as variáveis dependentes foram analisadas: alinhamento do tronco, função pulmonar e força muscular respiratória, mobilidade e espessura diafragmática.

- **Alinhamento Postural do Tronco**

A postura do tronco pode ser definida como o alinhamento que suporte o corpo ereto, permitindo uma mesma posição, sem desconfortos e com baixo

consumo energético (KISNER; COLBY, 2009; MCGRAW et al. 2000). Os parâmetros analisados a seguir foram descritos por Smith et al. (2011):

- **Classificação da postura:** é uma variável categórica, com quatro categorias (*clusters*) de **posturas** foram classificadas nos adolescentes, visualizados na fotogrametria digital proposta por Smith et al., (2011): **neutra:** pelve e tronco alinhados; **“flat”** (plano): alinhamento do tronco anterior, menor cifose torácica e lordose lombar retificada; **“sway”** (balanço): alinhamento do tronco posterior, hipercifose torácica e menor lordose lombar; **hiperlordótica:** alinhamento neutro do tronco, hipercifose torácica e hiperlordose lombar.
- **Alteração postural:** presença ou ausência de alterações de alinhamento em tronco e pelve, sem deslocamento no plano sagital, é uma variável categórica, observada na fotogrametria digital em perfil direito (Smith et al., 2011).
- **Hipercifose torácica:** a postura da região torácica foi avaliada isoladamente em relação à presença ou ausência da hipercifose através da fotogrametria.

O alinhamento do tronco é uma variável quantitativa contínua, que pode ser medida em ângulos ($^{\circ}$) (CLAEYS et al., 2016). Assim, para evidenciarmos a postura hipercifótica do tronco, avaliou-se dois ângulos, adaptados de acordo com o estudo de Claeys et al, (2016): **ângulo do tronco:** angulação entre a sétima vértebra cervical, 12^o vértebra torácica e trocânter maior do fêmur, indicando maior ângulo do tronco; **ângulo da pelve:** angulação entre a espinha íliaca anterossuperior, o trocânter maior do fêmur e a linha vertical, indicando mais anteversão pélvica no indivíduo. Não há valores de ponto de corte na literatura para a população juvenil.

- **Função Pulmonar**

A função pulmonar é uma variável analisada a partir de diferentes medidas de função pulmonar (volumes e capacidades). Essa ação é realizada a partir de dois movimentos: **inspiração e expiração** (GUYTON; HALL, 2006), sendo a inspiração, o conjunto de movimentos que permite a entrada de ar nos pulmões, e neste processo, ocorre à contração do diafragma. Uma das medidas avaliadas na função pulmonar é a capacidade inspiratória (CI):

- **Capacidade Inspiratória (CI)**

É uma manobra lenta da respiração, caracterizando o volume máximo que pode ser inspirado após uma expiração normal, é composta pela soma do volume corrente (VC) com o volume de reserva inspiratório (VRI). É uma variável

quantitativa contínua, medida em litros (L). Recomenda-se que as duas maiores medidas não devem diferir mais de 0,060L (PEREIRA, 2002).

Conseqüentemente, para o movimento de **expiração**, temos a saída de ar das vias respiratória (GUYTON; HALL, 2006). Para este estudo, realizou-se a expiração forçada, onde obtivemos diferentes medidas acerca da função pulmonar, denominadas:

- **Volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1):** é o volume máximo que um indivíduo consegue expirar no primeiro segundo. Esse valor exprime o fluxo aéreo da maior parte das vias aéreas, sobretudo aquelas de calibre maior (COSTA; JAMAMI, 2001), uma variável quantitativa contínua, é uma medida direta da função pulmonar em litros (L). Para a idade de 15-24 anos, temos os valores de referência conforme descrito por PEREIRA (2002).
- **Capacidade vital forçada (CVF):** é o volume de ar que pode ser expirado, tão rápida e completamente quanto possível, após uma inspiração profunda máxima (COSTA; JAMAMI, 2001). É uma medida direta da função pulmonar, uma variável quantitativa contínua em litros (L). Para a idade de 15-24 anos, temos os valores de referência conforme descrito por PEREIRA (2002).
- **Relação VEF1/CVF:** ou Índice de Tiffeneau, significa o resultado da fração que representa o VEF₁ em relação à CVF. É uma medida indireta da função pulmonar, uma variável quantitativa contínua, medida em percentual (%). Para a idade de 15-24 anos, temos os valores de referência conforme o estudo de PEREIRA (2002), sendo o VEF1/CVF previsto de 94% e o limite inferior $\leq 82\%$.
- **Ventilação Voluntária Máxima (VVM)**

Representa o volume máximo de ar ventilado em um período de tempo, por repetidas manobras respiratórias forçadas (PEREIRA, 2002). O volume de ar, em litros, deslocado em 60 segundos, sendo expresso em litros/ minuto. É uma medida indireta da função pulmonar, uma variável quantitativa contínua. Valores de referência baseadas no estudo de Pereira (2002), $VVM = 37,5 \times VEF1 + 15,8$, valores anormais $<80\%$ do previsto.

- **Força Muscular Respiratória**

Após a prova de função pulmonar, avaliamos a força muscular respiratória, que foi considerada como a capacidade dos grupos musculares inspiratórios e expiratórios gerarem pressão e mobilizarem volume durante a respiração (SOUZA, 2002), através da mensuração das pressões inspiratória e expiratória máxima

(Pimáx e Pemáx) pela manovacuometria. É uma variável quantitativa contínua, medida em cmH_2O , que consiste na avaliação da força muscular respiratória de forma indireta. Os valores preditos foram descritos no estudo de SOUZA (2002), onde valores normais de Pimáx em Homens são de -90 a -120 cmH_2O e Pemáx de +100 a +150 cmH_2O .

- **Mobilidade Diafragmática**

A mobilidade diafragmática foi considerada como o movimento crânio-caudal do diafragma aumentando a cavidade torácica durante a expiração (MOORE, 2010). A Mobilidade Diafragmática Basal, medida em centímetros (cm) utilizando o ultrassom no modo M, é uma variável quantitativa contínua, com valores normais para respiração tranquila, em homens de 1,1cm (BOUSSUGES; GOLE; BLANC, 2009).

- **Espessura Diafragmática**

A espessura diafragmática foi mensurada através do ultrassom, posicionado perpendicularmente à caixa torácica entre o oitavo e o nono espaço intercostal direito entre as linhas axilar anterior e média (De BRUIN et al, 1997), e identificada por duas linhas brilhantes paralelas que retrataram a membrana pleural e peritoneal, utilizando o ultrassom no modo B. A medição da espessura diafragmática foi realizada a partir do meio da linha pleural até o meio da linha peritoneal. A espessura do músculo diafragma foi medida em milímetros (mm), sendo uma variável quantitativa contínua.

3.5 AMOSTRA

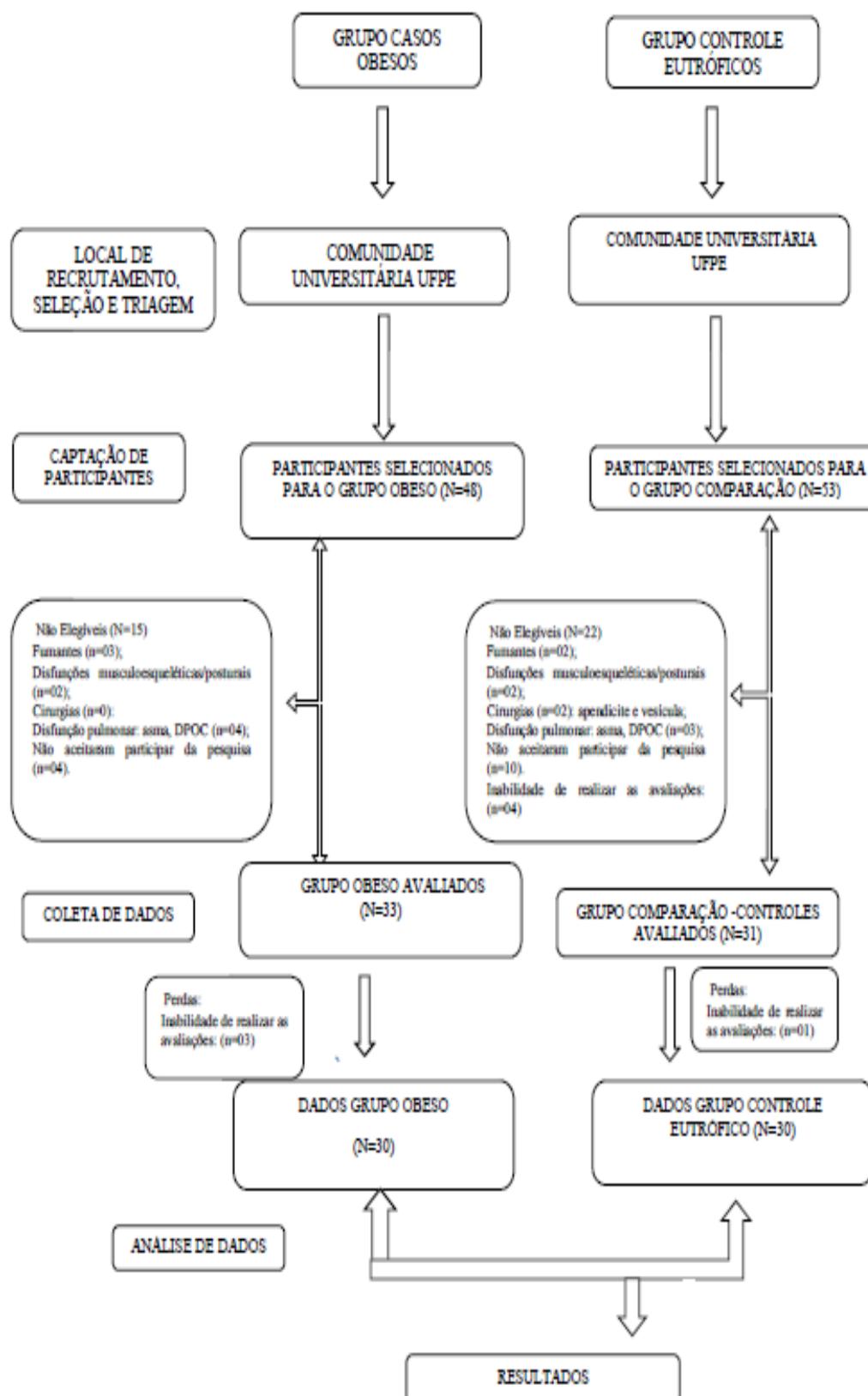
O poder amostral deste estudo foi calculado utilizando o *software* G-power, considerando a amostra final de 60 indivíduos (30 obesos e 30 eutróficos) e os percentuais, médias e desvio-padrões das variáveis relacionadas aos desfechos principais: alteração postural (grupo eutróficos = 50%; grupo obesos = 83,3%; poder amostral = 92%), mobilidade do diafragma (grupo eutrófico = $5,26 \pm 0,66\text{cm}$; grupo obeso = $5,76 \pm 0,85\text{cm}$; poder amostral = 80%), espessura do diafragma em respiração basal (grupo eutrófico = $0,23 \pm 0,05\text{cm}$; grupo obeso = $0,26 \pm 0,06\text{cm}$; poder amostral = 84%), função pulmonar (VEF_1/CVF) (grupo eutrófico = $87,61 \pm 5,26\%$; grupo obeso = $82,09 \pm 6,80\%$; poder amostral = 89%); força muscular respiratória (Pimáx) (grupo eutrófico = $85,56 \pm 14,70\text{cmH}_2\text{O}$; grupo obeso =

104,64±26,92 cmH₂O; poder amostral = 95%). Para todas as variáveis o poder amostral foi maior ou igual a 80%.

3.6 OPERACIONALIZAÇÃO DO ESTUDO

Conforme o fluxograma a seguir, 101 voluntários foram convidados no período vigente da pesquisa, para o agendamento da avaliação (ANEXO 4) no Departamento de Fisioterapia. Destes, 37 participantes não eram elegíveis para o estudo e 64 preencheram os critérios de inclusão desta pesquisa e aceitaram participar de forma voluntária da mesma. A perda amostral, devido a não completarem o protocolo, foi de 04 sujeitos, como demonstrado na figura 6. A amostra final foi composta por 60 indivíduos, equitativamente distribuída nos grupos de casos (30) e controles (30), obesos e eutróficos (Figura 6).

Figura 6 – Fluxograma do processo de seleção e triagem dos participantes da



Fonte: elaborado pela autora.

3.6.1 Avaliação Antropométrica

Os adolescentes foram avaliados segundo o peso (Kg) e a altura (m) (mensurados utilizando-se balança antropométrica (Filizola®) para o cálculo do índice de massa corporal (IMC) (WHO, 2007). A medida da circunferência abdominal (cm) foi obtida utilizando de uma fita métrica; estando o voluntário de pé, no final da expiração suave e a partir de dois pontos de referência: um lateral (ponto médio, entre a margem inferior da última costela e a margem superior da crista ilíaca), e outro anterior (ponto médio entre o processo xifóide do esterno e a cicatriz umbilical) (LOHMAN, 1986). Os dados obtidos durante a avaliação foram registrados na ficha de avaliação (ANEXO 4).

3.6.2 Avaliação Postural do tronco

No sentido de identificar as alterações no alinhamento corporal dos adolescentes e adultos jovens obesos e eutróficos, a fotogrametria computadorizada foi utilizada (GILLEARD; SMITH, 2007; FERREIRA et al., 2011; SMITH et al., 2011; SIQUEIRA et al., 2015). Destaca-se a proposta de avaliação e classificação postural de Smith et al., (2011), onde quatro categorias (*clusters*) de posturas encontradas nos adolescentes, em pé, na vista lateral, tais como: neutra, “flat”, “sway”, e hiperlordótica.

Foi considerada presença de alteração postural, quando a postura fosse enquadrada em uma das categorias descritas por Smith et al., (2011): flat, sway ou hiperlordótica. A ausência de alteração postural foi considerada na categoria neutra. A postura da região torácica também foi avaliada isoladamente em relação à presença ou ausência da hipercifose. Ademais, foram avaliados os ângulos do tronco e da pelve através do *software* Corel Draw de acordo com o estudo de Claeys et al., (2016) e Smith et al., (2008; 2011):

Todos os ângulos foram obtidos em graus e as análises posturais foram feitas por dois avaliadores e realizada a avaliação de reprodutibilidade interexaminadores, obtendo-se uma reprodutibilidade substancial (>0,81) (LANDIS; KOCH, 1977), através do índice de Kappa (classificação da postura) e do coeficiente de correlação intraclasse (ângulos posturais).

3.6.3. Avaliação Ultrassonográfica do Diafragma

- Mobilidade Diafragmática

A mobilidade do diafragma é definida como o movimento crânio-caudal do diafragma aumentando a cavidade torácica durante a inspiração (MOORE, 2010). A avaliação da mobilidade diafragmática foi realizada no Laboratório de Aparelho Locomotor da Universidade Federal de Pernambuco. A medição da mobilidade diafragmática foi realizada com os voluntários em decúbito dorsal, com o tórax apoiado numa inclinação de 45^o, através do ultra-som (Aloka SSD500, Micrus Human) (Figura 7) no modo M com um transdutor convexo (3.5MHz) posicionado na linha axilar média direita abaixo da margem costal da caixa torácica, direcionado cranialmente (TESTA et al., 2011). Os voluntários foram orientados a respirar de maneira profunda e rápida ao nível da capacidade pulmonar total (CPT), sendo essa manobra repetida algumas vezes. As excursões diafragmáticas crânio-caudal durante a respiração de repouso e a respiração até a CPT foram registradas exibindo curvas sinusoidais (TESTA et al., 2011). O traçado obtido entre a linha de base antes do começo da inspiração e o platô obtido ao final da CPT revelou a mobilidade diafragmática, sendo utilizadas em média três medidas obtidas com diferença menor de 10% entre elas. Todas as aferições eram seguidas de pausas para repouso e evitar fadiga no participante.

- Espessura Diafragmática

A espessura diafragmática foi avaliada com o indivíduo em decúbito lateral esquerdo, com o transdutor posicionado perpendicularmente à caixa torácica entre o oitavo e o nono espaço intercostal direito entre as linhas axilares anterior e média (De BRUIN et al., 1997), e identificadas por duas linhas brilhantes paralelas que retratam a membrana pleural e peritoneal utilizando o ultrassom no modo B. A medição da espessura diafragmática foi realizada a partir do meio da linha pleural até o meio da linha peritoneal. Foi utilizada a média de três medidas finais da espessura da zona de aposição diafragmática obtidas: durante a capacidade residual funcional (CRF), respiração tranquila e ao final da capacidade pulmonar total (CPT), respiração forçada, na espessura do diafragma contraído de acordo com o protocolo de De Bruin et al. (1997).

Figura 7 - Aparelho de ultrassonografia (Aloka).



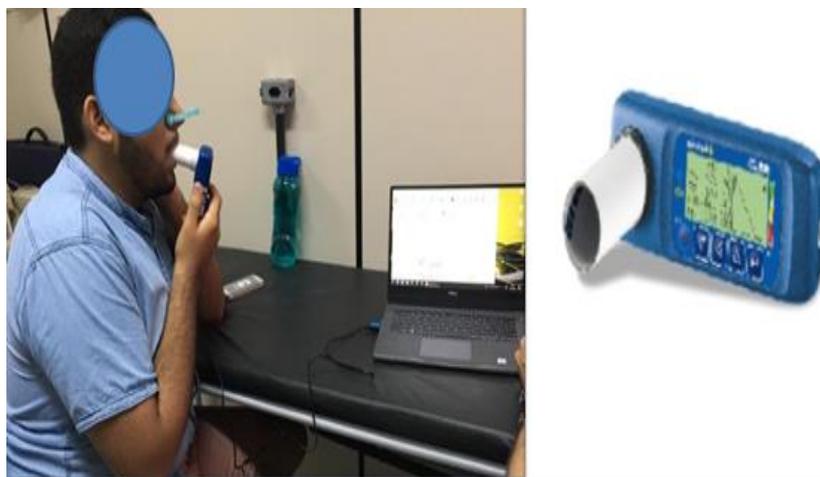
Fonte: arquivo pessoal.

3.6.4 Avaliação da Função Pulmonar

Para avaliação da função pulmonar, os participantes permaneceram sentados, dorso apoiado, e executaram inicialmente as manobras de capacidade vital forçada (CVF), para a qual se solicitou a realização expiração máxima e forçada a partir de inspiração máxima. Depois, foram feitas as manobras de ventilação voluntária máxima (VVM), obtida através de respirações máximas e contínuas durante um período de 12-15 segundos. Em cada teste, foram feitas pelo menos três manobras, com intervalo de 2 minutos entre elas, adotando-se os maiores valores, e as mesmas deviam estar de acordo com os critérios de reprodutibilidade da *American Thoracic Society* (MILLER et al., 2005).

As manobras de CVF resultaram nas curvas expiratórias forçadas, tecnicamente aceitáveis, para medidas da CVF e de VEF_1 e VEF_1/CVF . Os procedimentos técnicos para avaliação da função pulmonar foram realizados seguindo os procedimentos e as fórmulas propostas por Pereira, Sato e Rodrigues (2007) e Pereira (2002). O espirômetro utilizado durante as manobras foi o *Spirobank G[®] USB* (MIR, Roma, Itália) (figura 8). Em todas as manobras, o clipe nasal e a prensão labial foram requeridos para minimizar/evitar o vazamento de ar pelas narinas ou pela boca, respectivamente. Além disso, as aferições eram seguidas de pausas para evitar fadiga no voluntário.

Figura 8 - Avaliação de espirometria realizada em voluntário



Fonte (foto do arquivo pessoal).

3.6.5 Avaliação da Força Muscular Respiratória

A força muscular respiratória foi realizada através da manovacuometria, que consiste na avaliação da força muscular de maneira indireta, através da mensuração das pressões inspiratória e expiratória máximas ($P_{Imáx}$ e $P_{Emáx}$) realizada pelos músculos inspiratórios e expiratórios da respiração, utilizando um manovacômetro digital (Modelo MVD300, Globalmed[®]; Porto Alegre, Brasil) (figura 9). A mensuração foi realizada de acordo com as recomendações da ATS (Sociedade Americana do Tórax, 2002) repetido três vezes ou mais (porque o último valor não foi superior a 10% do anterior), e os maiores valor foi registrado para análise (COSTA et al., 2010; CARUSO et al., 2015).

O procedimento foi realizado com o participante sentado, dorso apoiado, cotovelos fletidos e mãos segurando firmemente o bocal próximo à boca. Para avaliação da $P_{Imáx}$, solicitou-se ao indivíduo que realizasse uma expiração máxima, até o nível de volume residual, seguida de um esforço inspiratório máximo. Para a mensuração da $P_{Emáx}$, foi solicitada uma inspiração máxima, até o alcance do nível da capacidade pulmonar total, seguida de um esforço expiratório máximo. Da mesma forma que para a avaliação da função pulmonar, todas as medidas de força muscular foram feitas por no mínimo três vezes e no máximo cinco vezes, com intervalos de cerca de 30 segundos, até que fossem obtidas três medidas com

variação menor do que 10%, entre as quais a de melhor valor seria a utilizada para análise.

Figura 9 - Procedimento de manuvacuometria com o aparelho e voluntário.



Fonte (foto do arquivo pessoal).

3.6.6 Análise Estatística

A análise foi realizada através do *software Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS versão 20.0). Para as variáveis contínuas foi realizado o teste de normalidade *Shapiro Wilk* e verificou-se que todas as variáveis apresentaram uma distribuição normal. Os dados foram apresentados em percentuais, médias e desvio-padrões. Inicialmente foi realizada uma comparação entre os grupos quanto à idade, às medidas antropométricas (altura, peso, e circunferência abdominal). Em seguida foi realizada a comparação da presença de alteração postural, da classificação da postura, da presença de hipercifose torácica, da função pulmonar (CVF, VEF1, VEF1/CVF, VVM e CI), força muscular respiratória (Pimáx e Pemáx), mobilidade e espessura diafragmática (em repouso e na inspiração forçada) entre os grupos. Para a comparação entre as variáveis contínuas (médias) foi utilizado o teste t *Student*, uma vez que essas variáveis apresentaram distribuição normal. Para a comparação da distribuição de frequências das variáveis categóricas utilizou-se o teste de qui-quadrado de Pearson e o teste de Fisher, quando apropriado. Para analisar a correlação entre as variáveis CA, AT, espessura diafragmática (em repouso e na inspiração forçada), mobilidade diafragmática, Pemáx, Pimáx, VEF1, CVF, VEF1/CVF, CI, AT nos grupos obesos e eutróficos foi calculado o coeficiente de

Pearson. Foi realizada uma regressão linear múltipla para a associação entre a espessura diafragmática com a CA e AT. Para todos os testes foi considerado um nível de significância de 95%.

4 RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta a caracterização geral da amostra, em relação ao peso, à altura, ao índice de massa corporal (IMC), à circunferência abdominal e ao nível de atividade física. A idade média no grupo obeso foi de 21,6 anos ($\pm 1,9$) e no grupo eutrófico foi de 20,9 anos ($\pm 1,8$).

Tabela 1 - Caracterização geral da amostra

Características	Grupo		p†
	Obeso n=30	Eutrófico n=30	
Peso (em Kg) - Média (DP)	113,51 \pm 20,04	66,13 \pm 8,12	0,00
Altura (em m) - Média (DP)	1,76 \pm 0,66	1,74 \pm 0,06	0,35
IMC (em Kg/m ²) - Média (DP)	36,61 \pm 4,94	21,72 \pm 1,88	0,00
Circunferência Abdominal (em cm) - Média (DP)	114,23 \pm 12,77	75,43 \pm 5,74	0,00
Nível de atividade Física (IPAQ) - n (%)	30 (100%)	30 (100%)	
Ativo e muito ativo	21 (70%)	21 (70%)	
Irregularmente ativo (A e B)	2 (6,7%)	3 (10%)	0,87
Sedentário	7(23,3%)	6 (20%)	

IMC: Índice de Massa Corporal; IPAQ: *International Physical Activity Questionnaire* - Questionário internacional de Atividade Física; DP: Desvio Padrão.

† Teste t *Student*

Fonte própria.

Na tabela 2, encontra-se a distribuição das alterações posturais detectada através da fotogrametria segundo a classificação de Smith et al., (2011). Observa-se o grupo obeso com maior frequência de alterações posturais ($p=0,014$), sendo a postura hiperlordótica ($p= 0,01$) e a hipercifose torácica ($p=0,038$) os achados mais observados.

Em relação aos ângulos posturais, verificou-se que o ângulo do tronco foi maior nos obesos quando comparado aos eutróficos ($p= 0,00$). Por outro lado, não foram observadas diferenças significantes em relação ao ângulo da pelve ($p=0,50$).

Tabela 2 - Alterações posturais detectadas através da fotogrametria

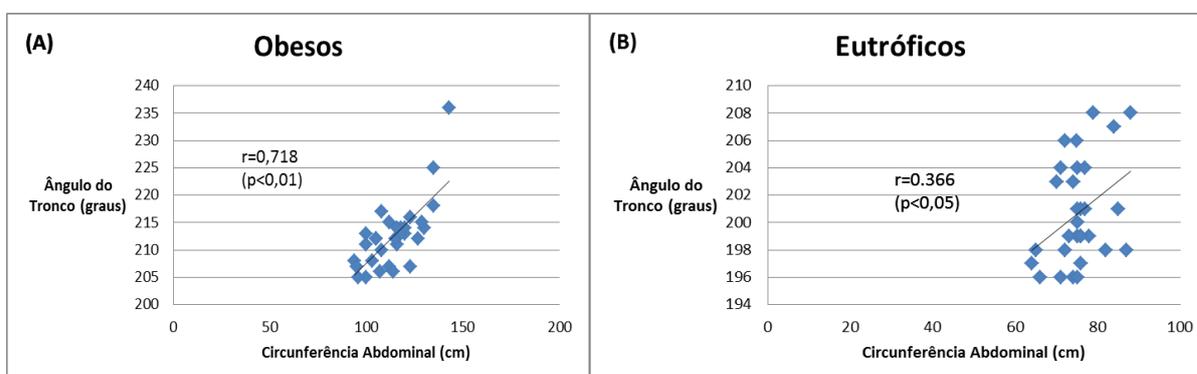
Alteração Postural	Grupo		p
	Obeso n=30	Eutrófico n=30	
Alteração postural			
Ausente	5 (16,7%)	15 (50%)	0,01†
Presente	25 (83,3%)	15 (50%)	
Classificação da postura (Subtipos)			
Neutra	05 (16,7%)	15 (50%)	
Flat	04 (13,3%)	03 (10%)	
Sway	07 (23,3%)	09 (30%)	
Hiperlordótica	14 (46,7%)	03 (10%)	0,00‡
Hipercifose Torácica			
Ausente	09 (30%)	18 (60%)	0,04†
Presente	21 (70%)	15 (40%)	
Ângulo do tronco - Média (DP)	212, 53 ±6,2	200,73±3,7 4	0,00§
Ângulo da pelve- Média (DP)	30,21±6,02	31,13±4,43	0,50§

DP: Desvio Padrão. † Teste de Qui-quadrado com Correção de continuidade; ‡ Teste de Qui-Quadrado de Pearson. $p < 0,05$. § Teste t Student; Hipercifose Torácica (HC).

Fonte própria.

A Figura 10 mostra a correlação entre a circunferência abdominal e o ângulo do tronco nos grupos obeso e eutrófico, observa-se uma correlação positiva forte no grupo obeso ($r=0,718$; $p < 0,01$) (Figura 10A) e uma correlação fraca no grupo de eutróficos ($r=0,366$; $p < 0,05$) (Figura 10B).

Figura 10 - Correlação de Pearson entre o ângulo do tronco e a circunferência abdominal nos obesos (A) e eutróficos (B)



Com relação ao diafragma, a espessura observada numa respiração basal (repouso) foi maior no grupo obeso ($p=0,05$). A mobilidade e a espessura diafragmática na inspiração forçada não foram diferentes entre grupos (tabela 3). Os resultados da função pulmonar mostram que a capacidade vital forçada (CVF) ($p=0,00$), o índice de Tiffeneau (VEF_1/CVF) ($p=0,02$), a capacidade inspiratória (CI) ($p=0,00$) e a pressão muscular inspiratória ($P_{imáx}$) ($p=0,00$) foram maiores no grupo obeso. Para os demais parâmetros não foram observadas diferenças significantes (Tabela 3).

Tabela 3- Avaliação do diafragma, da função pulmonar e da força muscular respiratória

Força muscular respiratória, Função pulmonar e Diafragma	Grupo		Média (IC 95%)	p†
	Obeso n=30	Eutrófico n=30		
Diafragma				
Mobilidade (em cm) - Média (DP)	5,76±0,85	5,26±0,66	-0,29 (-0,70-0,11)	0,15
Espessura (em mm) - Média (DP)				
No repouso	2,6±0,64	2,3±0,5	-0,371(-0,07- -0,00)	0,01
Na inspiração forçada	4,3±0,95	4,1±0,8	-0,02(-0,06-0,02)	0,42
Função Pulmonar				
CVF (L) - Média (DP)	4,88±0,57	4,41±0,62	-0,48 (-0,79- -0,18)	0,00
VEF_1 (L) - Média (DP)	4,13±0,53	3,90±0,47	-2,48 (-0,51- -0,12)	0,08
VEF_1/CVF (%) - Média (DP)	84,36±5,03	87,62±5,37	3,43 (0,75-6,11)	0,02
VVM (L/min) - Média (DP)	147,95±25,1 7	150,25±26,65	2,30(-11,1-15,69)	0,73
CI (L) - Média (DP)	4,07±0,95	2,89±0,62	-1,23 (-1,64- -0,83)	0,00
Força muscular respiratória				
$P_{imáx}$ (cmH ₂ O) - Média (DP)	104,64±26,9 2	85,56±14,70	-14,93 (-26,58- -3,28)	0,00
$P_{emáx}$ (cmH ₂ O) - Média (DP)	110,36±25,9 3	87,11±15,05	-23,28(-34,23—12,34)	0,44

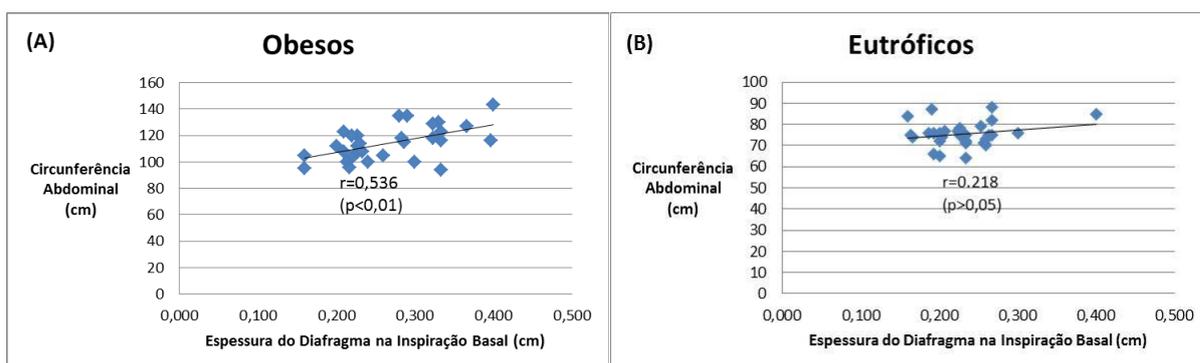
CVF= Capacidade vital forçada; VEF_1 = Volume expiratório forçado no 1º segundo; VEF_1/CVF = índice de Tiffeneau; $P_{imáx}$ = Pressão inspiratória máxima; $P_{emáx}$ = Pressão expiratória máxima; VVM = Ventilação Voluntária Máxima; CI = Capacidade inspiratória.

† Teste t Student.

Fonte: própria.

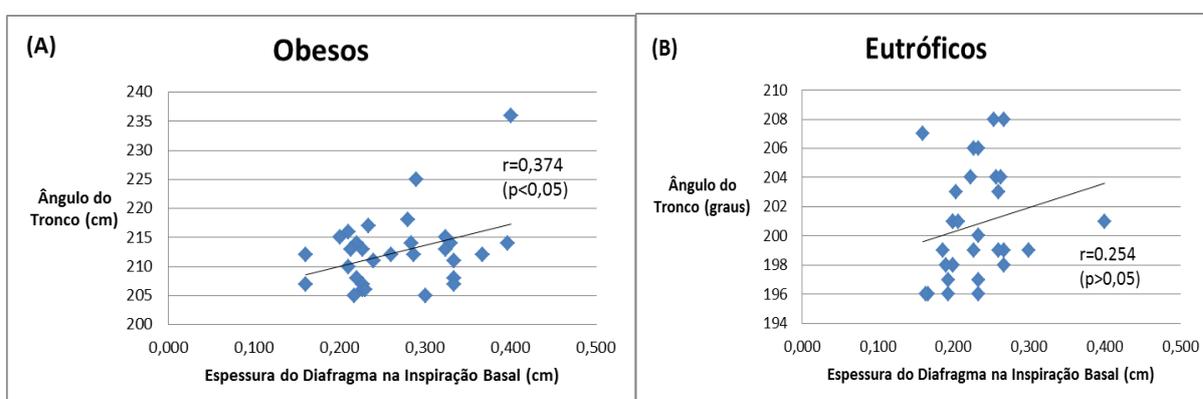
A análise de correlação entre a circunferência abdominal e a espessura do diafragma em respiração basal nos grupos obeso e o eutrófico (figura 11), mostra uma correlação positiva moderada para o grupo obeso ($r=0,536$; $p<0,01$) (Figura 11A) e uma correlação fraca no grupo de eutróficos ($r=0,218$; $p>0,05$) (Figura 11B).

Figura 11 - Correlação de Pearson entre a circunferência abdominal e espessura do diafragma na respiração basal nos obesos (A) e eutróficos (B)



A Figura 12 apresenta a correlação entre o ângulo do tronco e a espessura do diafragma em respiração basal. Observa-se que houve correlação positiva forte apenas no grupo obeso ($r=0,536$; $p<0,01$) (Figura 12A). Não foram observadas correlações entre os parâmetros de função pulmonar, força muscular respiratória e mobilidade do diafragma com a CA e o ângulo do tronco nos grupos obeso e eutrófico.

Figura 12 - Correlação de Pearson entre o ângulo do tronco e a espessura do diafragma na respiração basal nos obesos (A) e eutróficos (B).



O modelo regressão linear múltipla (tabela 4) foi capaz de explicar 30% da variância da espessura do diafragma em respiração basal, onde a medida de circunferência abdominal foi preditora desta relação quando controlado o ângulo do tronco no grupo dos obesos. Para os demais modelos de regressão não foi observada significância.

Tabela 4- Regressão Linear múltipla com a espessura do diafragma em respiração basal como variável dependente no grupo obeso (n=30).

R² = 0,30	β (Beta)	p valor
<i>Intercept</i>	-0.003	.995
CA (cm)	0.003	.025
AT (°)	0.000	0.923

CA= Circunferência Abdominal; AT = Ângulo do Tronco.

P < 0.05.

Fonte: própria.

5 DISCUSSÃO

Nosso estudo observou maior alteração postural de hipercifose torácica e hiperlordose lombar, assim como, maior ângulo do tronco (AT) no grupo obeso quando comparado aos eutróficos. Além disso, apenas no grupo obeso, a circunferência abdominal (CA) teve correlação positiva com o AT. A mobilidade e espessura do diafragma na inspiração forçada foram semelhantes entre os grupos, entretanto, na respiração basal, os obesos apresentaram maior espessura do diafragma em relação aos eutróficos. Em relação à espessura do diafragma na inspiração basal apresentou correlação moderada com a CA e o AT nos obesos e correlação fraca no grupo de eutróficos. A CVF e a CI, assim como a Pimáx foram maiores nos obesos que nos eutróficos. Não foram observadas nos grupos correlações entre os demais parâmetros de função pulmonar, força muscular respiratória e mobilidade do diafragma com a CA ou com o ângulo do tronco. Na análise de regressão linear múltipla, o presente modelo explicou 30% da variância da espessura do diafragma, onde a medida de CA foi preditora significativa, quando controlado o AT dos obesos.

Nossos resultados relacionados ao alinhamento tóraco-lombar-pélvico mostram que houve influência da obesidade nas alterações posturais do tronco. Conforme o modelo da teoria da evolução motora, mudanças na estrutura corporal do indivíduo podem alterar a biomecânica e influenciar sua funcionalidade (HAYWOOD; GETCHELL, 2010). A necessidade de bipedestação promoveu mudanças osteomioarticulares (WAIZBORT et al., 2017) e variações na postura do tronco, ainda mais potencializadas pelo fator da obesidade (LONNER et al., 2015).

Essas mudanças biomecânicas decorrentes da obesidade podem ser ainda mais prejudiciais para os indivíduos na adolescência por ser uma fase de mudanças comportamentais (SEDREZ et al., 2015; WAIZBORT et al., 2017). Tais modificações morfofuncionais podem contribuir para o aumento de sobrecarga articular em uma estrutura esquelética ainda em formação, diminuindo a estabilidade postural e aumentando o gasto energético para realizar as atividades habituais (FELICIANO PEREIRA et al., 2011; SIQUEIRA; SILVA, 2011).

Verificamos no grupo obeso presença de postura hiperlordótica, hipercifose torácica e maior ângulo do tronco, o mesmo observado em diferentes estudos (SMITH et al., 2011; SIQUEIRA et al., 2015; do NASCIMENTO et al., 2017). Essa

sobrecarga imposta pela obesidade pode causar distensão e fraqueza muscular, com uma biomecânica postural deficiente e predispor a dor em adolescentes obesos (SIQUEIRA; SILVA, 2011; SIQUEIRA et al., 2015; PAPROCKA et al., 2017).

A correlação nos obesos foi fortemente positiva entre a circunferência abdominal e o ângulo do tronco. O mesmo relatado nos estudos de Aleixo et al., (2012) e Silva et al., (2011) onde adolescentes obesos possuíam maior protrusão de ombro e abdome, e cerca de 50% dos adultos jovens apresentaram maior ocorrência de hipercifose torácica (do NASCIMENTO et al., 2017). Essa deposição adiposa abdominal modificaria o alinhamento dos vetores de força necessários para manutenção do equilíbrio postural, desfavorecidos por uma musculatura abdominal estirada pelo aumento da circunferência abdominal (SILVA et al., 2011; KISNER; COLBY, 2009). Além de outros mecanismos compensatórios associados, como a hiperlordose cervical, anteriorização da cabeça, ombros protraídos e tórax achatado anteriormente (SIQUEIRA; SILVA, 2011; FELICIANO PEREIRA et al., 2011; SIQUEIRA et al., 2015).

Outro possível mecanismo seria o aumento da gordura periescapular promovendo abdução (afastamento da linha média) da escápula e anteriorização da região torácica (PENHA, 2005). Essa postura alterada seria proveniente do aumento da cifose torácica alta, com protrusão dos ombros e aumento da rigidez da musculatura anterior do tórax, além do abdome estirado devido à hipoatividade muscular reduzindo o controle torácolumbar (KEY et al., 2008a,b). O que reforça as evidências da redução da taxa de movimento torácico proveniente da obesidade (PAN et al., 2018).

Além das alterações no alinhamento tóraco-lombar-pélvico, o depósito de gordura abdominal também pode afetar a dinâmica respiratória (HODGES et al., 1999; 2000). Em nossos achados, houve maior espessura do diafragma numa respiração basal nos obesos, porém, a mobilidade não foi alterada entre os grupos. Estudo em adultos saudáveis também observou maior espessura ($0,33 \pm 0,1$ cm) em respiração basal (CRF), associada a maior índice de massa corporal (BOON et al., 2013). Contudo, em outros estudos, a espessura do diafragma não foi alterada em indivíduos saudáveis (CARRILLO-ESPER et al., 2016; HELLYER et al., 2017; CARDENAS et al., 2018). Vale ressaltar que, os perfis distintos de amostras nestas pesquisas podem ter contribuído para essas divergências entre os resultados. Segundo Boon et al., (2013), a espessura em repouso do diafragma seria a medida

mais confiável, pois em uma respiração de esforço poderia sobrepor a real espessura do músculo e gerar resultados falso positivos.

Outra justificativa para esse achado seria a sobrecarga crônica presente no obeso, decorrente do excesso de gordura abdominal que geraria uma compressão mecânica sobre o diafragma, pulmões e caixa torácica (JONES; NZEKWU, 2006). O que denota uma possível sobrecarga dos músculos respiratórios, que como resposta, induz ao espessamento do diafragma, gerando uma “pseudo-hipertrofia” (DE BRUIN et al., 1997; SANTANA et al., 2016). No entanto, estudo em animais por dieta hiperlipídica, observou uma deposição de colágeno e tecido adiposo na fibra muscular do diafragma verificado pela ultrassonografia (BURAS et al., 2019). Segundo Kocjan (2017), o comprimento-tensão do diafragma é controlado pelos músculos abdominais durante a fase inspiratória, e esse aumento de atividade ocorre para compensar a limitação da parede abdominal devido à contração excêntrica dos músculos abdominais, e assim sustentar a expansão da caixa torácica inferior facilitando o aumento de força do diafragma.

De acordo com CHOI et al. (2015), a obesidade prejudica a capacidade do músculo esquelético para produzir força, especialmente em fibras do tipo I. Segundo Bollinger (2017) isso ocorre devido a mudanças estruturais na fibra muscular, incluindo a deposição de gordura intra e intermuscular, reduzindo o potencial contrátil que perde força muscular, e aumenta a fadiga. Outros estudos apontam também o tecido adiposo como produtor de adipocinas que geram um baixo grau de inflamação, e promove danos à oxidação energética e formação de ATP do tecido músculo esquelético, o que acarretaria ineficiência da contração muscular em obesos (HODGES et al., 2015; BOLLINGER, 2017; LIMA et al., 2018).

Com relação à prova de função pulmonar, nossos dados corroboram o estudo de Chen et al., (2009), em crianças, onde observou-se aumento da CVF e redução no VEF_1/CVF . Em crianças, o IMC também pode estar relacionado a aumentos notórios da CVF que do VEF_1 , e que contribuem em menor relação de VEF_1/CVF (CHAPMAN; KING; FORNO, 2019). Recentemente, estudo de metanálise de Forno et al., (2018) incluiu 44 estudos, sugere que a obesidade pode ter efeitos mais evidentes sobre o VEF_1 e o CVF entre obesos sem asma, e esse achado foi mais pronunciado em crianças do que em adultos.

Contudo, em adolescentes obesos, os valores de CVF e VEF_1 foram menores quando comparados com eutróficos (FARIA et al., 2014). Semelhante aos achados

de Ferreira et al., (2017) com menores valores no VEF₁, CVF e VEF₁/CVF para os adultos obesos, além de apresentarem maior volume de dióxido de carbono e volume corrente. Com isso, nota-se divergências entre os estudos, o que sugere que a associação entre a função pulmonar e a obesidade entre crianças e adultos pode diferir. Revisão sistemática de Katz et al., (2018) verificou apenas quatro estudos relacionados à obesidade, função pulmonar e posição corporal dos indivíduos adultos, o que indica mais estudos nessas variáveis.

Os resultados alcançados neste estudo são explicados, em parte, pelo modelo da teoria bicompartimental descrita por Ward et al. (1985), considerando que os ciclos respiratórios são dependentes do sincronismo dos compartimentos torácico e abdominal. De acordo com essa teoria, três subcompartimentos são envolvidos na ventilação: o tórax superior, o toracoabdominal e o abdominal. Os subcompartimentos são interdependentes, de maneira que alterações de força, mobilidade e alinhamento numa dessas estruturas, pode provocar repercussões nos outros subcompartimentos e influenciar no sistema respiratório (WARD et al., 1985; HODGES et al., 1999).

É importante ressaltar que a musculatura acessória é responsável pela movimentação do subcompartimento do tórax superior, o músculo diafragma atua no subcompartimento toracoabdominal, e os músculos abdominais no subcompartimento abdominal (WARD et al., 1985). Para explicar essa relação, temos outro modelo descrito por Holguera et al., (2018), onde a expansão da caixa torácica durante a inspiração estaria comprometida pela gordura torácica, e a gordura abdominal reduziria a descida do diafragma, restringindo assim o aumento do diâmetro longitudinal da cavidade torácica. Durante a expiração forçada, a gordura abdominal dificultaria a ação dos músculos abdominais, que são os principais músculos da expiração forçada. Estudo utilizando outro instrumento de avaliação (pletismografia) verificou que em mulheres adultas obesas, o movimento tóracoabdominal é fortemente alterado pela quantidade de gordura no compartimento abdominal em comparação com eutróficas (BARCELAR et al., 2013).

Neste trabalho, a pressão muscular inspiratória (Pimáx) foi significativamente maior no grupo obeso. Nosso achado é semelhante ao de Tenório et al., (2013) e Pazzianotto-Forti et al., (2012) em adultas obesas comparada a eutróficas. Porém, em crianças e adolescentes com sobrepeso ou obesidade verificou-se redução na força muscular expiratória (SANTIAGO et al., 2008). Revisão sistemática de Katz et

al. (2018) verificou que esses achados de Pimáx e Pemáx não foram evidenciados em indivíduos obesos.

Uma provável explicação seria uma sobrecarga tóracoabdominal limitando a mobilidade da parede torácica e alterando a relação de comprimento-tensão do diafragma (HODGES; GANDEVIA, 2000), comprometendo assim a função pulmonar (HODGES et al., 2015) e consequentemente a força muscular respiratória (RASSALN; STIRBULOV; LIMA; JÚNIOR, 2009; TENÓRIO et al., 2010; TENÓRIO et al., 2013). Também se relata que a qualidade do músculo (distribuição da fibra) seria o fator mais determinante da força do diafragma que influenciaria na ventilação (CARDENAS et al., 2018).

Entretanto, Watson et al. (2012) relatou que a gordura torácica em obesos prejudicaria a descida diafragmática, porém não explicou a redução da capacidade pulmonar total (CPT) nesses sujeitos em posição supina. Outro estudo pediátrico não revelou correlação entre a mobilidade do diafragma com postura ou posição da pelve nos diferentes grupos eutróficos, nas idades entre 5 a 12 anos, através da fotogrametria (LIU CY et al., 2008). Com isso, verifica-se que não há dados suficientes sobre a função diafragmática na obesidade em jovens.

Correlação positiva moderada foi verificada entre a circunferência de abdominal (CA) e a espessura no grupo obeso em relação ao grupo eutrófico. A maior CA parece influenciar negativamente o músculo diafragma em seu comprimento-tensão, para compensar o sistema respiratório (HODGES et al., 2015). Suspeita-se que o aumento da CA determine uma carga imposta com maior volume abdominal, alterando a relação comprimento-tensão do músculo e modificando a curva diafragmática, sendo um dos fatores que também pode afetar a dinâmica respiratória (BARCELAR et al., 2013; HODGES et al., 2015; BORIEK et al., 2017) e ativar a musculatura acessória da respiração (KERA; MAURYAMA, 2005). Em jovens, as mudanças no perfil das fibras musculares também podem ser observadas pelo efeito acumulativo de gordura central (BACOPOULOU et al., 2015). Contudo, estudo recente experimental relatou que haveria um remodelamento fibro-adipogênico da fibra muscular do diafragma em animais que foram induzidos à obesidade (BURAS et al., 2019).

As alterações posturais do tronco também podem estar relacionadas a modificações na mecânica da caixa torácica e possivelmente interferir na função respiratória (HODGES; GANDEVIA, 2000; HOLGUERA et al., 2018). No nosso

estudo, o ângulo do tronco teve uma correlação positiva forte com a espessura nos obesos. Kera e Maruyama (2005) fundamentam que o maior ângulo do tronco, faz com que a gravidade atue no estiramento da musculatura abdominal prejudicando o aumento na pressão intra-abdominal. Esses fatores podem alterar a ativação muscular durante a expiração, em especial o oblíquo interno, o que poderá estimular a ativação compensatória da musculatura acessória da respiração para manutenção dos volumes e capacidades pulmonares (KERA; MAURYAMA, 2005).

Além disso, outro fator que poderia influenciar o diafragma é a posição do indivíduo. Avaliamos todos os participantes na posição semi-reclinada, para evitar alterações nos achados da mobilidade do diafragma. Tem sido observado que alguns outros fatores poderiam interferir na mobilidade e espessura diafragmática na população jovem, relacionados à posição (NAITOH et al, 2014; HELLYER et al, 2017), ao sexo (ROMEI et al, 2010; CARRILO-ESPER et al, 2016), e a dor lombar (KOLAR et al, 2012; JANSSENS et al, 2013; VOSTATEK et al., 2013). Segundo Hellyer et al., (2017), ao recrutar 24 indivíduos saudáveis, entre 22 a 35 anos o diafragma seria mais espesso na postura de pé. Contudo, não há evidências na literatura associando esses fatores a adolescentes e adultos jovens obesos em alterações na mobilidade e na espessura do diafragma.

Em nossa análise de regressão linear, o modelo explicou 30% da variação da espessura do diafragma, devido à CA, quando controlado o AT do grupo obeso. O modelo teórico de Holguera et al., (2018) reforça esses achados, tendo em vista a resistência para expansão da caixa torácica pela gordura e a limitação na descida diafragmática, devido à gordura abdominal, restringe assim, o aumento do diâmetro longitudinal da cavidade torácica. Assim sendo, durante a expiração forçada, a gordura abdominal dificultaria a ação dos músculos abdominais, que são os principais músculos expiratórios. Estudo de Barbosa et al., (2012) em mulheres com mamoplastias já indicavam mudanças no alinhamento do tronco relacionadas a modificações na mecânica da caixa torácica e possivelmente interferência na função respiratória. Para as demais correlações e regressões não houve significância das variáveis (dados não mostrados).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse estudo permite concluir que a obesidade abdominal influenciou negativamente no alinhamento do tronco, com hipercifose torácica, hiperlordose lombar, maior ângulo do tronco, e repercutiu na função pulmonar com aumento na capacidade inspiratória, na capacidade vital forçada e pressão inspiratória máxima, não havendo alteração na dinâmica do diafragma. Alguns mecanismos compensatórios como alterações no compartimento tóracoabdominal decorrentes do maior acúmulo de tecido adiposo na região abdominal influenciaram a postura do tronco e o sistema respiratório, nos adolescentes e adultos jovens. Além de relatar possíveis relações, nossos resultados são importantes como métodos avaliativos de baixo custo, acessíveis e de boa reprodutibilidade em estudantes universitários adolescentes e adultos jovens obesos.

Uma limitação foi o desenho de estudo transversal, pois estudos em longo prazo, de caráter longitudinal poderiam discriminar melhor o mecanismo de causa e efeito da obesidade, em nosso estudo, estabelecemos relações. Portanto, torna-se imprescindível a realização de pesquisas que envolvam essa temática, para a produção de conhecimentos que permita a reorientação do trabalho da equipe multiprofissional que trata da obesidade na população jovem, na avaliação e no tratamento precoce dos distúrbios musculoesqueléticos e respiratórios.

REFERÊNCIAS

- AGREDO-ZÚÑIGA, R.A.; AGUILAR-DE PLATA, C.A.; SUÁREZ-ORTEGÓN, M.F. Waist:height ratio, waist circumference and metabolic syndrome abnormalities in Colombian schooled adolescents: a multivariate analysis considering located adiposity. **The British Journal of Nutrition**, v. 114, n. 5, p. 700-5, 2015.
- AL-DAGHRI, N.M.; AL-ATTAS, O.S.; WANI, K.; ALNAAMI, A.M.; SABICO, S. Sensitivity of various adiposity indices in identifying cardiometabolic diseases in Arab adults. **Cardiovascular Diabetology**, v. 14, n.101, p. 1-8, 2015.
- ALEIXO, A.A.; GUIMARÃES, E.L.; WALSH, I.A.P. de.; PEREIRA, K. Influence of overweight and obesity on posture, overall praxis and balance in schoolchildren. **Journal of Human Growth and Development**, v. 22, n. 2, p. 239-245, 2012.
- AMERICAN THORACIC SOCIETY/EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. **American Journal of Respiratory Critical Care Medicine**, v. 166, p. 518–624, 2002.
- ARAÚJO, F.; LUCAS, R.; ALEGRETE, N.; AZEVEDO, A.; BARROS, H. Individual and contextual characteristics as determinant in sagittal standing posture, a population- based study in adults. **The Spine Journal**, v. 14, p. 2373–2383, 2014.
- ATAIE-JAFARI, A.; HESHMAT, R.; KELISHADI, R.; ARDALAN, G.; MAHMOUDARABI, M.; REZAPOOR, A.; MOTLAGH, M.E.; ASAYESH, H. et al. Generalized or abdominal obesity: which one better identifies cardiometabolic risk factors among children and adolescents? The CASPIAN III study. **Journal of Tropical Pediatrics**, v. 60, n. 5, p. 377-85, 2014.
- BARCELAR, J. M. de.; ALIVERTI, A.; MELO, T.L.L. de B.; DORNELAS, C.S.; LIMA, C.S.F.R.; REINAUX, C.M.; ANDRADE, A. D. de. Chest wall regional volumes in obese women. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, v. 189, p. 167–173, 2013.
- BACOPOULOU, F.; EFTHYMIIOU, V.; LANDIS, G.; RENTOUMIS, A.; CHROUSOS, G.P. Waist circumference, waist to-hip ration and waist to-height ratio references percentiles for abdominal obesity among Greek adolescents. **BioMedical Central of Pediatrics**, v. 15, p. 50, 2015.
- BARBOSA, A. F.; RAGGI, G.C.; SÁ, C. dos. S. C.; COSTA, M. P.; de LIMA Jr, J.E.; TANAKA, C. Postural control in women with breast hypertrophy. **Clinics**, v. 67, n. 7, p. 757-760, 2012.
- BOLLINGER, L. M. Potential contributions of skeletal muscle contractile dysfunction to altered biomechanics in obesity. **Gait & Posture**, v. 56, p. 100–107, 2017.
- BOON, A. J.; HARPER, C.J.; GHAFAROKHI, L.S.; STROMMEN, J.A.; WATSON, J.C.; SORENSON, E.J. Two-Dimensional Ultrasound Imaging Of The Diaphragm: Quantitative Values In Normal Subjects. **Muscle Nerve**, v. 47, p. 884–889, 2013.

BORAN, P.; TOKUC, G.; PISGIN, B.; OKTEM, S.; YEGIN, Z.; BOSTAN, O. Efeitos da obesidade na função ventilatória. **Jornal de Pediatria**, v. 83, n. 2, p. 171-176, 2007.

BORIEK, A.M.; LOPEZ, M.A.; VELASCO, M.A.; BAKIR, A.A.; FROLOV, A.; WYND, S.; BABB, T.G. et al. Obesity modulates diaphragm curvature in subjects with and without COPD. **American Journal of Physiology, Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 313, n. 5, p. 620-629, 2017.

BOUSSUGES, A.; GOLE, Y.; BLANC, P. Diaphragmatic motion studied by m-mode ultrasonography: methods, reproducibility, and normal values. **Chest**, v. 135, n. 2, p. 391-400, 2009.

BOZZA, R.; CAMPOS, W. de.; BACIL, E.D.A.; FILHO, V.C.B.; HARDT, J.M.; SILVA, P.M.da. Sociodemographic and behavioral factors associated with body adiposity in adolescents. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 32, n. 3, p. 241-246, 2014.

BRASIL. Secretaria de Gestão Estratégica e Participativa, Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde. VIGITEL Brasil 2016. Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico. Brasília: Ministério da Saúde; 2017. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/noticias/saude/2017/04/obesidade-cresce-60-em-dez-anos-no-brasil>. Acesso dia 30 de julho de 2018.

BURAS, E.D.; CONVERSO-BARAN, K.; DAVIS, C.S.; AKAMA, T.; HIKAGE, F.; MICHELE, D.E.; BROOKS, S.V.; CHUN, T.H. Fibro-adipogenic remodeling of the diaphragm in obesity-associated respiratory dysfunction. **Diabetes**, v. 68, n. 1, p. 45-56, 2019.

CALI, A.M.G.; CAPRIO, S. Obesity in Children and Adolescents. **The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v. 93, p. 31-36, 2008.

CARDENAS, L.Z.; SANTANA, P.V.; CARUSO, P.; CARVALHO, C.R.R.; ALBUQUERQUE, A.L.P. Diaphragmatic Ultrasound Correlates With Inspiratory Muscle Strength And Pulmonary Function In Healthy Subjects. **Ultrasound Medical of Biology**, v. 44, n. 4, p. 786-793, 2018.

CARRILLO-ESPER, R.; PÉREZ-CALATAYUD, Á.A.; ARCH-TIRADO, E.; DÍAZ-CARRILLO, M.A.; GARRIDO-AGUIRRE, E.; TAPIA-VELAZCO, R.; PEÑA-PÉREZ, C.A.; ESPINOZA-DE LOS MONTEROS, I.; MEZA-MÁRQUEZ, J.M.; FLORES-RIVERA, O.I. Standardization of sonographic diaphragm thickness evaluations in healthy volunteers. **Respiratory Care**, v. 61, p. 920–924, 2016.

CARUSO, P.; ALBUQUERQUE, A.L.; SANTANA, P.V.; CARDENAS, L.Z.; FERREIRA, J.G.; PRINA, E.; et al. Diagnostic methods to assess inspiratory and expiratory muscle strength. **Journal of Brazilian Pneumology**, v. 41, p. 110–123, 2015.

CASTRO, J.A.C.; NUNES, H.E.G.; SILVA, D.A.S. Prevalência de obesidade abdominal em adolescentes: associação entre fatores sociodemográficos e estilo de vida. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 34, n.3, p. 343---351, 2016.

CLAEYS, K.; BRUMAGNE, S.; DEKLERCK, J.; VANDERHAEGHEN, J.; DANKAERTS, W. Sagittal evaluation of usual standing and sitting spinal posture. **Journal of Bodywork & Movement Therapies**, v. 20, n. 2, p.326-3, 2016.

CHAPMAN, D.; KING, G.; FORNO, E. Obesity and lung function:From Childhood to adulthood. Mechanisms and Manifestations of Obesity in Lung Disease. Chapter 3. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813553-2.00003-8>, 2019.

CHEN, Y.; RENNIE, D.; CORMIER, Y.; DOSMAN, J.A. Waist circumference associated with pulmonary function in children. **Pediatric Pulmonology**, v. 44, p. 261-21, 2009.

CHOE, E.K.; KANG, H.Y.; LEE, Y.; CHOI, S.H.; KIM, H.J.; KIM, H.J.; KIM, S. The longitudinal association between changes in lung function and changes in abdominal visceral obesity in Korean non-smokers. **PLoS ONE**, v. 13, n. 2, p. 2-10, 2018.

CHOI, S.J.; FILES, D.C.; ZHANG, T.; MESSI, M.L.; GREGORY, H.; STONE, J.; LYLES, M.F. et al. Delbono, Intramyocellular lipid and impaired myofiber contraction in normal weight and obese older adults, **Journal of Gerontology, Biology, Science and Medicine**, v.71, p. 557–564, 2015.

COSTA, D.C; GONÇALVES, H.A; LIMA, L.P. de.; IKE, D.; CANCELLIERO, M.; MONTEBELO, M.I.L.de. Novos valores de referência para pressões respiratórias máximas na população brasileira. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 36, n. 3, p. 306-312, 2010.

COSTA, D.C.; BARBALHO, M.C.; MIGUEL, G.P.S.; FORTI-PAZZIANOTTO, E.M.; AZEVEDO, J.L.M.C. The impact of obesity on pulmonary function in adult women. **Clinics**, v. 63, n. 6, p. 719-24, 2008.

COSTA, D.; JAMAMI, M. Bases fundamentais da espirometria. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 5, n. 2, p. 95-102, 2001.

D'ÁVILA MELO, S.M.; MELO, V.A. de.; MENEZES, R.S. de.; SANTOS, F.A. Efeitos do aumento progressivo do peso corporal na função pulmonar em seis grupos de índice de massa corpórea. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 57, n. 5, p. 509-515, 2011.

DE BRUIN, P.F.; UEKI, J.; BUSH, A.; KHAN, Y.; WATSON, A.; PRIDE, N.B. Diaphragm thickness and inspiratory strength in patients with Duchenne muscular dystrophy. **Thorax**, v. 52, n. 5, p. 472–5, 1997.

DELMONICO, M.J.; HARRIS, T.B.; VISSER, M.; PARK, S.W.; CONROY, M.B.; VELASQUEZ-MIEYER, P.; BOUDREAU, R. et al. Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 90, n. 6, p. 1579-1585, 2009.

DE VITTA, A.; MARTINEZ, M.G.; PIZA, N.T.; SIMEÃO, S.F.; FERREIRA, N.P. Prevalence of lower back pain and associated factors in students. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 27, p. 1520-8, 2011.

do NASCIMENTO, J. A.; SILVA, C.C.; dos SANTOS, H.H.; de ALMEIDA FERREIRA, J.J.; de ANDRADE, P.R. A preliminary study of static and dynamic balance in sedentary obese young adults: the relationship between BMI, posture and postural balance. **Clinical Obesity**, v. 7, n. 6, p. 377-383, 2017.

DOS SANTOS, A. C. A.; FANTINATI, A. M. M. Os principais softwares utilizados na biofotogrametria computadorizada para avaliação postural: uma revisão sistemática. 2011.

EISENSTEIN, E. Adolescência: definições, conceitos e critérios. **Adolescência e Saúde**, v.2, n.2, p. 6-7E, 2005.

EL-HALABY, H.; ABDEL-HADY, H.; ALSAWAH, G.; ABDELRAHMAN A.; TAHAN. Sonographic Evaluation of Diaphragmatic Excursion and Thickness in Healthy Infants and Children. **Journal of Ultrasound in Medicine**, v. 35, n.1, p. 167-175, 2016.

FARIA, A.G.; RIBEIRO, M.A.G.O.; MARSON, F.A.L.; SCHIVINSKI, C.I.S.; SEVERINO, S.D.; RIBEIRO, J.D.; FILHO, A.A.B. Effect of exercise test on pulmonary function of obese adolescents. **Journal of Pediatrics**, v. 90, n. 3, p. 242-249, 2014.

FELICIANO PEREIRA, P.; CARVALHO, G.Q.; LAMOUNIER, J.A.; PELUZIO, M.do.C.G.; FRANCESCHINI, S. do. C. C.; PRIORE, S.E. Circunferência da cintura e relação cintura/estatura: úteis para identificar risco metabólico em adolescentes do sexo feminino? **Revista Paulista de Pediatria**, v. 29, n. 3, p. 372-7, 2011.

FERREIRA, M.S.; MENDES, R.T.; MARSON, F.A.L.; ZAMBON, M.P.; ANTONIO M.A.R.G.M.; PASCHOAL, I.A.; et al. Spirometry and volumetric capnography in lungfunction assessment of obese and normal-weight individuals without asthma. **Jornal de Pediatria**, v. 93, n. 4, p. 398-405, 2017.

FERREIRA, E.A.; DUARTE, M.; MALDONADO, E.P.; BERSANETTI, A.A.; MARQUES, A.P. Quantitative assessment of postural alignment in young adults based on photographs of anterior, posterior, and lateral views. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 34, n. 6, p. 371-80, 2011.

FORNO, E.; HAN, Y.Y.; MULLEN, J.; CELEDON, J.C. Overweight, obesity, and lung function in children and adults-a meta-analysis. **Journal of Allergy Clinical Immunology Practice**, v. 6, n. 2, p. 570-81e10, 2018.

FORNO, E.; WEINER, D.J.; MULLEN, J.; SAWICKI, G.; KURLAND, G.; HAN, Y.Y. et al. Obesity and airway dysanapsis in children with and without asthma. **American Journal of Respiratory Critical Care Medicine**, v 195, p. 314-23, 2017.

GILLEARD, W.; SMITH, T. Effect of obesity on posture and hip joint moments during a standing task, and trunk forward flexion motion. **International Journal of Obesity**, v. 31, p. 267–271, 2007.

GONZALES-ALVAREZ, F.; VALENZA, M. C.; TORRES-SANCHEZ, I.; CABRERA-MATOS I.; RODRIGUEZ-TORRES, J.; CASTELLOTE-CABALLERO Y. Effects of diaphragm stretching on posterior chain muscle kinematics and rib cage and abdominal excursion: a randomized controlled trial. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 20, n. 5, p. 405-411; 2016.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E.; GUYTON, A.C. **Tratado de fisiologia médica**. Elsevier Brasil, cap. 9, 2006.

HARMS, C.A. Does gender affect pulmonary function and exercise capacity? **Respiratory of Physiology and Neurobiology**, v. 151, p. 124–131, 2006.

HARRISON, D.E.; CAILLIET, R.; HARRISON, D.D.; TADEUZ, J.J. How do anterior/posterior translations of the thoracic cage affect the sagittal lumbar spine, pelvic tilt, and thoracic kyphosis? **European Spine**, v.11, p. 287–293, 2002.

HAYWARD, S.A.; JANSSEN, J. Use of thoracic ultrasound by physiotherapists: a scoping review of the literature. **Physiotherapy**, v. 104, n. 4, p. 367-375, 2018.

HAYWOOD, K.M.; GETCHELL, N. **Desenvolvimento motor ao longo da vida**. 5 ed. **Artmed**. 2010.

HE, J; WATKINS; S.; KELLEY, DE. Skeletal muscle lipid content and oxidative enzyme activity in relation to muscle fiber type in type 2 diabetes and obesity. **Diabetes**, v. 50, n. 4, p.817-23, 2001.

HELGE, J.W.; FRASER, A.M.; KRIKETOS, A.D.; JENKINS, A.B.; CALVERT, G.D.; AYRE, K.J.; STORLIEN, L.H. Interrelationships between muscle fibre type, substrate oxidation and body fat. **International Journal of Obesity Related Metabolic Disorders**, v.23, n. 9, p. 986-91, 1999.

HELLYER, N.J.; ANDREAS, N.M.; BERNSTETTER, A.S.; CIESLAK, K.R.; DONAHUE, G.F.; STEINER, E.A.; HOLLMAN, J.H.; BOON, A.J. Comparison of diaphragm thickness measurements among postures via ultrasound imaging. **PM & R**, v. 9, p. 21–25, 2017.

HERSHKOP, HERSHKOP, K.; BESOR, O.; SANTORO, N.; PIERPONT, B.; CAPRIO, S.; WEISS, R. Adipose insulin resistance in obese adolescents across the spectrum of glucose tolerance. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 101, n. 6, p. 2423-2431, 2016.

HODGES, P.W.; JAMES, G.; BLOMSTER, L.; HALL, L.; SCHMID, A.; SHU, C. et al. Multifidus muscle changes after back injury are characterized by structural remodeling of muscle, adipose and connective tissue, but not muscle atrophy. **Spine**, v. 40, n. 14, p. 1057 – 1071, 2015.

HODGES, P, GANDEVIA, SC. Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm. **Journal Applied of Physiology**, v. 89, p. 967-976, 2000.

HODGES, P. Is there a role for transversus abdominis in lumbo-pelvic stability? **Manual Therapy**, v.4, n. 2, p. 74-86, 1999.

HODGES, P.W; BUTLER, D.K.; McKENZIE and GANDEVIA, S.C. Contraction of the human diaphragm during rapid postural adjustments. **Journal of Physiology**, v. 505, n. 2, p. 539—548, 1997.

HOFFMEISTER, A.D.; de LIMA, K.S.; ALBUQUERQUE, I.M.; BINOTTO, V.; CALLEGARO, C.C. Inspiratory muscle endurance in obese and eutrophic individuals. **Fisioterapia e Pesquisa**, v.25, n.4, p. 438-443, Oct./Dec.2018.

HOLGUERA, R. M.; NIEVES, A.I.T.; TORRES, R.R.; ALONSO, M.C. The effects of truncal adiposity in forced spirometry: Sex differences. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, v. 247, p. 167–173, 2018.

IBGE. Associação Brasileira de Obesidade e Síndrome Metabólica. Disponível em: <http://www.abeso.org.br/noticia/quase-60-dos-brasileiros-estao-acima-do-peso-revela-pesquisa-doibge>, 2016. Acesso em 26 de março de 2019.

JALAI, C.M.; DIEBO, B.G.; CRUZ, D.L.; POORMAN, G.W.; VIRA, S.; BUCKLAND, A.J.; LAFAGE, R. et al. The impact of obesity on compensatory mechanisms in response to progressive sagittal malalignment. **The Spine Journal**, v.17, p. 681-688, 2017.

JANSSENS, L.; BRUMAGNE, S.; MCCONNELL, A.K.; HERMANS, G.; TROOSTERS, T.; GAYAN-RAMIREZ, G. Greater diaphragm fatigability in individuals with recurrent low back pain. **Respiratory physiology & neurobiology**, v. 188, n. 2, p. 119-123, 2013.

JONES, R.L.; NZEKWU, M.M. The effects of body mass index on lung volumes. **Chest**, v. 130, p. 827–33, 2006.

KATZ, S.; ARISH, N.; ROKACH, A.; ZALTZMAN, Y; MARCUS, E.L. The effect of body position on pulmonar function: a systematic review. **BMC Pulmonary Medicine**, v. 18, 159, p. 4-16, 2018.

KELLEY, D.E.; HE, J.; MENSHIKOVA, E.V. RITOV, V.B. Dysfunction in mitochondria in human skeletal muscle in type 2 diabetes. **Diabetes**, v.51, n.10, p.2944-2950, 2002.

KERA, T.; MARUYAMA, H. The effect of posture on respiratory activity of the abdominal muscles. **Journal Of Physiological Anthropology And Applied Human Science**, v. 24, n. 4, p. 259-65, 2005.

KEY, J.; CLIFT, A.; CONDIE, F.; HARLEY C. A model of movement dysfunction provides a classification system guiding diagnosis and therapeutic care in spinal pain and related musculoskeletal syndromes: A paradigm shift—Part 1. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 12, p. 7–21, 2008a.

KEY, J.; CLIFT, A.; CONDIE, F.; HARLEY C. A model of movement dysfunction provides a classification system guiding diagnosis and therapeutic care in spinal pain and related musculoskeletal syndromes: A paradigm shift—Part 2. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 12, p. 105–120, 2008b.

KISNER, C., COLBY, L.A. Exercícios terapêuticos: fundamentos e técnicas. 5 ed. São Paulo. **Manole**, p. 397-9, 2009.

KOCJAN, J.; ADAMEK, M.; GZIK-ZROSKA, B.; CZYŻEWSKI, D.; RYDEL, M. Network of breathing. Multifunctional role of the diaphragm: a review. **Advances in Respiratory Medicine**, v. 85, n.4, p. 224–232, 2017.

KULIGOWISK, T.; CIEŚLIK, B.; RADZISZEWSKI, L.; CZERWIŃSKI, B.; PIÓRO, B. Body Somatic Type Influence On The Spinal Curvatures In Early Age School Children: Preliminary Report. **Developmental Period Medicine**, v. 3, n. 2, p. 362-366, 2015.

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-74, 1977.

LATIMER, B. Editorial: The Perils of being Bipedal. **Annals of Biomedical Engineering**, v. 33, n.1, p. 3-6, 2005.

LIEBERMAN, D.E. The Story of the Human Body: Evolution, Health, and Disease. New York. **Vintage**, cap.5, 2014.

LIMA, C.G. de.; BASILE, L.G.; SILVEIRA, J.Q. da.; VIEIRA, P.M.; OLIVEIRA, M.R.M.de. Circunferência da cintura ou abdominal? Uma revisão crítica dos referenciais metodológicos. **Revista Simbio-Logias**, v.4, n.6, p. 108-131, dez, 2011.

LIMA, R.C.A.; JÚNIOR, L.C.C.; FERREIRA, L.L.R.; BEZERRA, L.T.L.; BEZERRA, T.T.L.; LIMA, B. da. C. Main physiological changes due to obesity: a theoretical study. **SANARE**, Sobral, v.17 n.02, p.56-65, Jul./Dez, 2018.

LIU, C.Y.; JARDIM, J.R.; INOUE, D.P.; PIGNATARI, S.S.N. The relationship between excursion of the diaphragm and curvatures of the spinal column in mouth breathing children. **Journal of Pediatric**, v. 84, n. 2, p. 171-177, 2008.

LOHMAN, T. G. Aplicability of body composition techniques and constantes for children and youths. **Exercise Sports Science Reviews**, v. 14, n. 1, p. 325-357, 1986.

LONNER, B.S.; TOOMBS, C.S.; HUSAIN, Q.M.; SPONSELLER, M.; SHUFFLEBARGER, H.; SHAH, A. S. et al. Body Mass Index in Adolescent Spinal

Deformity: Comparison of Scheuermann's Kyphosis, Adolescent Idiopathic Scoliosis, and Normal Controls. **Spine Deformity**, v. 3, p. 318 -326, 2015.

MAFFEIS, C.; GREZZANI, A.; PIETROBELLI, A.; PROVERA, S.; TATÒ, L. Does waist circumference predict fat gain in children? **International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders**, v.25, n. 7, p. 978-83, 2001.

MATSUDO, S.; ARAÚJO, T.; MATSUDO, V.; ANDRADE, D.; ANDRADE, E.; OLIVEIRA, L.C.; BRAGGION, G. Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ): estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. **Atividade física & Saúde**, v. 6, n. 2, p. 5-18. 2001.

MCGRAW, B.; MCCLENAGHAN, B.A.; WILLIAMS, H.G.; DICKERSON, J.; WARD, D.S. Gait and postural in obese and nonobese prepubertal boys. **Archives Physiologic Medical Rehabilitation**, v. 81, p.484-9, April, 2000.

MELZER, M.R.T.; MAGRINI, I.M.; DOMENE, S.M.A.; MARTINS, P.A. Factors associated with abdominal obesity in children. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 33, n. 4, p. 437-444, 2015.

MILLER, M.R.; HANKINSON, J.; BRUSASCO, V.; BURGOS, F.; CASABURI, R.; COATES, A.; CRAPO, R. et al. Standardisation of spirometry. **European Respiratory Journal**, v. 26, p. 319-338, 2005.

MOORE, K.L.; DALLEY, F. D.; AGUR, A.M.R. Anatomia orientada para a clínica. 6ed. Rio de Janeiro. **Ed. Guanabara**. p 304-8, 2010.

MORAES, A.C.F.; FADONI, R. P.; RICARDI, L. M.; SOUZA, T. C.; ROSANELI, C. F.; NAKASHIMA, A.T.A.; FALCÃO, M. C. Prevalence of abdominal obesity in adolescents: a systematic review. **Obesity Reviews**, v. 12, n. 2, p. 69-77, 2011.

MYERS, A.; GIBBONS, C.; BUTLER, E.; DALTON, M.; BUCKLAND, N.; BLUNDELL, J.; FINLAYSONG. Disentangling the relationship between sedentariness and obesity: Activity intensity, but not sitting posture, is associated with adiposity in women. **Physiology & Behavior**, v.1, n. 194, p.113-119, 2018.

NAITOH, S.; TOMITA, K.; SAKAI, K.; YAMASAKI, A.; KAWASAKI, Y.; SHIMIZU, E. The effect of body position on pulmonary function. Chest wall motion, and discomfort in young healthy participants. **Journal of Manipulative and Physiology Therapy**, v. 37, n. 9, p. 19-24, 2014.

NASCIMENTO-FERREIRA, M.V.; DE MORAES, A.C.; RENDO-URTEAGA, T.; DE OLIVEIRA FORKERT E.C.; COLLESE, T.S.; CUCATO, G.G.; REIS, V.M. et al. Cross-sectional, school-based study of 14-19 year olds showed that raised blood pressure was associated with obesity and abdominal obesity. **Acta Paediatrica**, v. 106, n. 3, p. 489-496, 2017.

NYHOLM, B.; QU, Z.; KAAL, A.; PEDERSEN, S.B.; GRAVHOLT, C.H.; ANDERSEN, J.L.; SALTIN, B.; SCHMITZ, O. Evidence of an increased number of type IIb muscle

fibers in insulin-resistant first-degree relatives of patients with NIDDM. **Diabetes**, v.46, p. 1822–1828, 1997.

PAN, F.; FIROUZABADI, A. REITMAIER, S.; ZANDER, T. SCHIMDT, H. The shape and mobility of the thoracic spine in asymptomatic adults - A systematic review of *in vivo* studies. **Journal of Biomechanics**, v. 10, n. 78, p. 21-35, 2018.

PAPROCKA, M.; STAWIŃSKA-WITOSZYŃSKA, B.; KOTWICKI, T.; SOWIŃSKA A.; KRZYŻANIAK, A; WALKOWIAK, J.; KRZYWIŃSKA-WIEWIOROWSKA, M. PREVALENCE Of incorrect body posture in children and adolescents with overweight and obesity. **European Journal of Pediatric**, v. 176, n. 5, p. 563-572; 2017.

PATAKY, Z.; ARMAND, S.; MULLER-PINGET, S.; GOLAY, A.; ALLET, L. Effects of Obesity on Functional Capacity. **Obesity**, v. 22, p. 56–62, 2014.

PAZZIANOTTO-FORTI, E.M.; PEIXOTO-SOUZA, F.S.; PICONI-MENDES, C.; RASERA-JUNIOR, I.; BARBALHO-MOULIM, M. Behavior of respiratory muscle strength in morbidly obese women by using different predictive equations. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 16, n. 6, p. 479-486, 2012.

PEREIRA, C. A. C. Espirometria. **Jornal de Pneumologia**, v. 28, n. Supl 3,S1-S12, outubro, 2002.

PICKAR, J.G; GE, W. Time course for the development of muscle history in lumbar paraspinal muscle spindles arising from changes in vertebral position. **Spine Journal**, v. 2, p. 320–328, 2008.

PERRY, M.; SMITH, A.; STRAKER, L.; COLEMAN, J.; O’SULLIVAN, P. Reliability of sagittal photographic spinal posture assessment in adolescents. **Advances in Physiotherapy**, v. 10, n. 2, p. 66-75, 2008.

PUGLISI, F.; DONATI, P.; MARINI, M.; ROMEO, L.; SCIDONE, S.; FERRARI, R. A photographic method for multi-plane assessment of adolescent posture. **Italian Journal of Anatomy and Embryology**, v. 119, n. 3, p. 241-249, 2014.

RASSLAN, Z.; STIRBULOV, R.; LIMA, C.A.C; JÚNIOR, R.S. Função Pulmonar e Obesidade. **Revista Brasileira de Clínica Médica**, v. 7, p. 36-39,2009.

RASSLAN, Z.; JÚNIOR, R.S.; STIRBULOV, R.; FABBRI, R.M.A.; LIMA, C.A.C. Avaliação da função pulmonar na obesidade graus I e II. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 30, n. 6, p. 508-14, 2004.

ROBINSON, P. Obesity and its impacto on the respiratoy system. **Paediatric Respiratory Reviews**, v. 15, p. 219–226, 2014.

ROCHA, J.C.T.; TATMATSU, D.I.B; VILELA, V.A. Associação entre uso de mochilas escolares e escoliose em adolescentes de escolas públicas e privadas. **Motricidade**, v. 8, n.S2, p. 803-809, 2012.

ROMEI, M.; MAURO, A.L.; D'ANGELO, M.G.; TUCORNI, A.C.; BRESOLIN, N.; PEDOTTI, A.; ALIVERTI, A.. Effects of gender and posture on thoraco-abdominal kinematics during quiet breathing in healthy adults. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, v. 172, p. 184-191, 2010.

SANTANA, P.V.; PRINA, E.; ALBUQUERQUE, A.L.P.; CARVALHO, C.R.R.; CARUSO, P. Identificação da diminuição da mobilidade diafragmática e do espessamento diafragmático na doença pulmonar intersticial: utilidade da ultrassonografia. **Jornal Brasileiro De Pneumologia**, v. 42, n. 2, p. 88-94, 2016.

SCHLECHT, I.; WIGGERMANN, P.; BEHRENS, G.; FISCHER, B.; KOCH, M.; FREESE, J.; RUBIN, D. et al. Reproducibility and validity of ultrasound for the measurement of visceral and subcutaneous adipose tissues. **Metabolism Clinical and Experimental**, v. 6, n. 3, p. 1512-1519, 2014.

SEDREZ, J.A.; DA ROSA, M.I.Z.; NOLL, M.; MEDEIROS, F. da. S.; CANDOTTI, C.T. et al. Fatores de risco associados a alterações posturais, estruturais da coluna vertebral em crianças e adolescentes. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 33, n. 1, p. 72-81, 2015.

SILAGHI, A.; PIERCECCHI-MARTI, M.D.; GRINO, M. et al. Epicardial adipose tissue extent: relationship with age, body fat distribution, and coronaropathy. **Obesity (Silver Spring)**, v. 16, p. 2424–2430, 2008.

SILVA, G.A.P. da.; BALABAN, G.; MOTTA, M.E. F. de A.. Prevalência de sobrepeso e obesidade em crianças e adolescentes de diferentes condições socioeconômicas. **Revista Brasileira de Saúde Materna Infantil**, v. 5, n. 1, p. 53-59, 2005.

SILVA, L.R.; RODACKI, A.L.F.; BRANDALIZE, M.; AGUIAR, M. de F.; BENTO, P.C.B.; LEITE, N. Alterações posturais em crianças e adolescentes obesos e não-obesos. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 13, n. 6, p. 448-454, 2011.

SILVA, A.M.; SIQUEIRA, G.R.; SILVA, G.A.P. Repercussões do uso do calçado de salto alto na postura corporal de adolescentes. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 31, n.2, p. 265-71, 2013.

SILVA, L.; BARCELAR, J.DE. M.; RATTES, C.S.; SAYÃO, L.B.; REINAUX, C.A.; CAMPOS, S.L.; BRANDÃO, D.C.; FREGONEZI, G.; ALIVERTI, A.; DORNELAS, DE ANDRADE A. The influence of supine posture on chest wall volume changes is higher in obese than in normal weight children. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 40, n. 2, p.:178-83, 2015.

SIQUEIRA, G.R. de. Alterações posturais, instabilidade da coluna e estabilização segmentar vertebral em adolescentes e adultos jovens obesos. **Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco**, 123pags, 2010.

SIQUEIRA, G.R.; SILVA, G.A.P. Alterações posturais da coluna e instabilidade lombar no indivíduo obesos: uma revisão de literatura. **Fisioterapia em Movimento**, v. 24, n. 3, p. 557-586, jul/set, 2011.

SIQUEIRA, G. R.; ALENCAR, G.G.; ROCHA, M.B.N.; SILVA, L.R.; MOURA, M.C. G.G.; SILVA, G.A.P. Relação entre lordose lombar e depósito de gordura abdominal em adolescentes e adultos jovens. **Revista Brasileira de Cinesiologia e Movimento**, v. 23, n. 2, p. 74-80, 2015.

SMITH, A.; O'SULLIVAN, P.; STRAKER, L. Classification of Sagittal Thoraco-Lumbo-Pelvic Alignment of the Adolescent Spine in Standing and Its Relationship to Low Back Pain. **Spine**, v. 33, n. 19, p. 2101-2107, 2008.

SMITH, A.J.; O'SULLIVAN, P. B.; BEALES, D. J.; De KLERK, N.; STRAKER, L. M.. Trajectories of childhood body mass index are associated with adolescent sagittal standing posture. **International Journal of Pediatric Obesity**, v. 6, p. 97–106, 2011.

SOOD, R.; MOUNT, D.L.; COLEMAN, J.J.; RANIERI, J.; SAUTER, S.; MATHUR, P.; THURSTON, B. Effects of reduction mammoplasty on pulmonary function and symptoms of macromastia. *Plastic and Reconstructive Surgery*, v. 111, n.2, p. 688-94, 2003.

SOUZA, R. B. Pressões respiratórias estáticas máximas. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 28, p. 155-165, out. 2002. Suplemento 3.

TAKSALI, S.E.; CAPRIO, S.; *et al.* High visceral and low abdominal subcutaneous fat stores in the obese adolescent: a determinant of an adverse metabolic phenotype. **Diabetes**, v. 57, p. 367–371, 2008.

TENÓRIO, L.H.; SANTOS, A.C.; CÂMARA NETO, J.B.; AMARAL, F.J.; PASSOS V. M.; LIMA, A.M.; BRASILEIRO-SANTOS, M.D.O.; S. The influence of inspiratory muscle training on diaphragmatic mobility, pulmonary function and maximum respiratory pressures in morbidly obese individuals: a pilot study. **Disability and Rehabilitation**, v. 35, n.22, p. 1915-20, 2013.

TENÓRIO, L. H. S.; da CRUZ SANTOS, A.; DE OLIVEIRA, A. S.; DE LIMA, A. M. J.; SOCORRO BRASILEIRO-SANTOS, M. do.. Obesidade e testes de função pulmonar em crianças e adolescentes: uma revisão sistemática. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 30, n. 3, p. 423-30, 2012.

TESTA, A.; SOLDATI, G.; GIANNUZZI, R.; BERARDI, S.; PORTALE, G.; SILVERI, N. G. Ultrasound M-mode assessment of diaphragmatic kinetics by anterior transverse scanning in healthy subjects. **Ultrasound in Medicine & Biology**. v. 37, n. 1, p. 44–52, 2011.

VILLAFANE, J.H; BISSOLOTTI, L; ZAINA, F; ARIENTI, C; DONZELLI, S; NEGRINI, S. Thoracic hyperkyphosis non invasively measured by general practitioners is associated with chronic low back pain: A cross-sectional study of 1364 subjects. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 22, n.3, p. 752-756, 2018.

VOSTATEK, P.; NOVA´K, D.; RYCHNOVSKY´, T.; RYCHNOVSKA´, S. Diaphragm Postural Function Analysis Using Magnetic Resonance Imaging. **Plos One**, v. 8, n. 3, p. 1-13, 2013.

WAIZBORT, R.F.; da LUZ, M. R.M. P. Medicina Evolutiva: Incorporando a Teoria da Evolução na Formação de Profissionais de Saúde Brasileiros. **Revista Brasileira de Educação Médica**,v. 41, n.4, p. 487-496, 2017.

WALLDEN, M. The diaphragm e More than an inspired design. **Journal of Bodywork & Movement Therapies**,v. 21, p.342-349, 2017.

WANG, H.K.; LU, T.W.; LIING, R.J.; SHIH, T.T.; CHEN, S.C.; LIN, KH. Relationship between chest wall motion and diaphragmatic excursion in healthy adults in supine position. **Journal of the Formosan Medical Association**, v. 108, n. 7, p. 577-586, 2009.

WARD, M.E.; WARD, J.W.; MACKLEM, P.T. Analysis of human chest wall motion using a two-compartment rib cage model. **Journal of applied physiology**, v. 72, n.4, p. 1338-47, (1985)1992.

WATSON, R.A.; PRIDE, N.B.; LOUISE THOMAS, E.; BELL, E.J. Relation between trunk fat volume and reduction of total lung capacity in obese men. **Journal of Applied Physiology**,v. 112, p. 118-126, 2012.

WHO, World Health Organization. Young People´s Health - a Challenge for Society. Report of a WHO Study Group on Young People and Health for All. Technical Report Series 731. Geneva: WHO, 1986.

WHO. Controlling the Global Obesity Epidemic, 2016. Disponível em: <https://www.who.int/nutrition/topics/obesity/en/>. Acesso em 02 de fevereiro de 2019.

WHO. Global Health Observatory data. (World Health Organization) 2016. Disponível em: http://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/overweight_obesity/obesity_adolescents/en/. Acesso em 05 de janeiro de 2019.

WINCK, A.L; HEINZMANN-FILHO, J. P; SOARES, R.B. SILVA, J, S, da, WOSZEZENKI, C.T.; ZANATTA, L,B. Effects of obesity on lung volume and capacity in children and adolescents: a systematic review. **Revista Paulista de Pediatria**. v. 34, n.4, p. 510-517, 2016.

YAMADA, E.F; CHIQUETTI, E. M. dos S.; CASTRO, A.A.M de; LAVARDA, D.F.; BRUM, F.B. da R.; MUÑOZ, F.M.A. Alterações Posturais em Crianças e Adolescentes Institucionalizados. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 22, n.3, p. 43-52, 2014.

YAMAGUTI, W.P.S.; PAULIN, E.; SHIBAO, S.; KODAIRA, S.; CHAMMAS, M.C.; CARVALHO, C.R.F. Avaliação ultra-sonográfica da mobilidade do diafragma em diferentes posturas em sujeitos saudáveis. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**,v. 33, n.4, p. 407-413, 2007.

APÊNDICE A – APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA – UFPE

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ALINHAMENTO DO TRONCO, MOBILIDADE DO MÚSCULO DIAFRAGMA, FORÇA E FUNÇÃO PULMONAR EM ADOLESCENTES E ADULTOS JOVENS COM EXCESSO DE PESO.

Pesquisador: Patrícia Clara Pereira dos Santos

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 63511516.3.0000.5208

Instituição Proponente: Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.956.009

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

As cartas de anuência, termo de confidencialidade, currículos e termo de consentimento livre e esclarecido estão devidamente anexados. A folha de rosto esta devidamente assinada e carimbada. O orçamento de aproximadamente 3.000,00 reais será de responsabilidade do pesquisador. O cronograma é compatível para a execução do projeto e consta que a coleta de dados só começará após aprovação pelo comitê de ética.

Recomendações:

Nenhuma.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Nenhuma.

Considerações Finais a critério do CEP:

As exigências foram atendidas e o protocolo está **APROVADO**, sendo liberado para o início da coleta de dados. Informamos que a **APROVAÇÃO DEFINITIVA** do projeto

só será dada após o envio do Relatório Final da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final para enviá-lo via “Notificação”, pela Plataforma Brasil. Siga as instruções do link “Para enviar Relatório Final”, disponível no site do CEP/CCS/UFPE. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consubstanciado definitivo pelo sistema PlataformaBrasil. Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao voluntário participante (item V.3., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

Para projetos com mais de um ano de execução, é obrigatório que o pesquisador responsável pelo Protocolo de Pesquisa apresente a este Comitê de Ética relatórios parciais das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação (item X.1.3.b., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). O CEP/CCS/UFPE deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (item V.5., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). É papel do/a pesquisador/a assegurar todas as medidas imediatas e adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e ainda, enviar notificação à ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, junto com seu posicionamento.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA

FORMA CURTA

Nome:

Data: _/_/_

Idade:

Sexo: F () M ()

Você trabalha de forma remunerada: () Sim) Não

Quantas horas você trabalha por dia: _

Quantos anos completos você estudou: _

De forma geral sua saúde esta:

() Excelente () Muito boa () Boa

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. Este projeto faz parte de um grande estudo que esta sendo feito em diferentes parses ao redor do mundo. Suas respostas nos ajudarão a entender que tão ativos nós somos em relação a pessoas de outros países. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física em uma semana NORMAL, USUAL ou HABITUAL. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são MUITO importantes. Por favor, responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigada pela sua participação!

Para responder as questões lembre que:

- **atividades físicas VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar MUITO mais forte que o normal.
- **atividades físicas MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar UM POUCO mais forte que o normal.

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza por **pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez:

1a. Em quantos dias de uma semana normal, você realiza atividades VIGOROSAS por **pelo menos 10 minutos contínuos**, como por exemplo, correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que faça você suar BASTANTE ou aumentem MUITO sua respiração ou batimentos do coração.

Dias _____ Semana () Nenhum

1b. Nos dias em que você faz essas atividades vigorosas por **pelo menos 10 minutos contínuos**, quanta tempo no total você gasta fazendo essas atividades **por dia?**

horas: Minutos:

2a. Em quantos dias de uma semana normal, você realiza atividades MODERADAS por **pelo menos 10 minutos contínuos**, como por exemplo, pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que faça você suar leve ou aumentem moderadamente sua respiração ou batimentos do coração (POR FAVOR NAO INCLUA CAMINHADA).

Dias _____ Semana () Nenhum

2b. Nos dias em que você faz essas atividades moderadas por **pelo menos 10 minutos contínuos**, quanta tempo no total você gasta fazendo essas atividades **por dia?**

horas: Minutos:

3a. Em quantos dias de uma semana normal você caminha por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

Dias _____ Semana () Nenhum

3b. Nos dias em que você caminha por pelo menos 10 minutos contínuos quanta tempo no total você gasta caminhando **por dia?**

horas: Minutos:

4a. Estas últimas perguntas são em relação ao tempo que você gasta sentado ao todo no trabalho, em casa, na escola ou faculdade e durante o tempo livre. Isto inclui o tempo que você gasta sentado no escritório ou estudando, fazendo lição de casa, visitando amigos, lendo e sentado ou deitado assistindo televisão.

Quanto tempo por dia você fica sentado em um dia de semana?

horas: Minutos:

4b. Quanto tempo por dia você fica sentado no final de semana?

horas: Minutos:

APÊNDICE C - FICHA DE AVALIAÇÃO DOS PARTICIPANTES

Nome do Projeto: ALINHAMENTO DO TRONCO, MOBILIDADE DO MÚSCULO DIAFRAGMA, FORÇA E FUNÇÃO PULMONAR EM ADOLESCENTES E ADULTO JOVENS OBESOS.

Identificação:

Nome: _____

Data: _____

Idade: _____ DN: ____/____/____

Endereço: _____

Cidade: _____

Tel.: _____

Ocupação: _____

Medicamentos: _____

Exame Físico:

PESO: _____

ALTURA: _____

ÍNDICE DE MASSA CORPORAL (IMC): _____

CIRCUNFERÊNCIA ABDOMINAL: _____

Testes Específicos	Valores Previstos	Valores Obtidos
FR		
FC		
SpO2		
Espirometria		
VEF1		
CVF		
VEF1/CVF		

VVM		
CI		
Manovacuometria		
PI Máx		
PE Máx		

Data da Avaliação: _____