

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**Comparação do padrão de movimentação toracoabdominal de jovens não  
tabagistas e tabagistas fisicamente ativos**

Victor Hugo Olympio Marinho  
*Magister Scientiae*

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2024**

**VICTOR HUGO OLYMPIO MARINHO**

**Comparação do padrão de movimentação toracoabdominal de jovens não  
tabagistas e tabagistas fisicamente ativos**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Amanda Piaia Silvatti

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2024**

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

T

M338c  
2025  
Marinho, Victor Hugo Olympio, 1988-  
Comparação do padrão de movimentação toracoabdominal  
de jovens não tabagistas e tabagistas fisicamente ativos / Victor  
Hugo Olympio Marinho. – Viçosa, MG, 2025.  
1 dissertação eletrônica (59 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Amanda Piaia Silvatti.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Educação Física, 2025.

Referências bibliográficas: f. 53-59.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.768>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Fumo - Vício - Efeito dos exercícios físicos. 2. Aparelho  
respiratório - Fisiologia - Efeito do tabaco. 3. Tórax - Fisiologia -  
Efeito do tabaco . I. Silvatti, Amanda Piaia, 1983-  
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Educação  
Física. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.  
III. Título.

CDD 22. ed. 613.85

**VICTOR HUGO OLYMPIO MARINHO**

**Comparação do padrão de movimentação toracoabdominal de jovens não tabagistas e tabagistas fisicamente ativos**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 17 de dezembro de 2024.

Assentimento:

---

Victor Hugo Olympio Marinho  
Autor

---

Amanda Piaia Silvatti  
Orientadora

Essa dissertação foi assinada digitalmente pelo autor em 16/12/2025 às 15:56:57 e pela orientadora em 03/03/2026 às 14:25:46. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **K5VU.4BUB.BRW5** e clique no botão 'Validar documento'.

Aos meus pais, meu gato, amigas e amigos.

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

De forma especial, agradeço aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos da minha vida. Seu apoio incondicional, sua presença constante e seus exemplos de amor e resiliência foram e sempre serão o alicerce das minhas conquistas. Este trabalho é também um reflexo do que aprendi com vocês e com o Thor.

Aos amigos, que compartilharam comigo não apenas os desafios, mas também os sentimentos e as alegrias ao longo desta jornada do mestrado, meu profundo reconhecimento. Obrigado por todos os conselhos, pelas discussões enriquecedoras e pelo apoio inestimável. Vocês me ajudaram a enxergar novas perspectivas e me proporcionaram momentos de reflexão essenciais para este processo.

Minha gratidão também se estende a todos que, com palavras, conversas ou gestos, me ajudaram a refletir sobre as complexidades da vida, ampliando minha visão sobre a existência e nossa passagem por este universo. Suas contribuições foram muito mais valiosas do que vocês podem imaginar.

À minha orientadora, Amanda, registro meu agradecimento mais sincero. Sua paciência e orientação cuidadosa foram muito importantes para que este projeto fosse possível. Obrigado por compartilhar seu conhecimento e por guiar meus passos tortos ao longo desse caminho.

Por fim, expresso minha gratidão às muitas pessoas incríveis que tenho ao meu redor. Sua empatia, apoio e amizade são verdadeiros presentes, e tenho plena consciência de quão privilegiado sou por contar com todos vocês em minha vida. Este trabalho é um reflexo do impacto positivo que cada um de vocês teve em minha trajetória. Obrigado por contribuírem tantas vezes para meu crescimento.

“O único lugar aonde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário”. (Albert Einstein)

## RESUMO

MARINHO, Victor Hugo Olympio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2024. **Comparação do padrão de movimentação toracoabdominal de jovens não tabagistas e tabagistas fisicamente ativos.** Orientadora: Amanda Piaia Silvatti.

**Introdução:** O tabagismo pode estar associado a certas alterações na fisiologia respiratória que podem incluir, uma possível maior rigidez da região torácica e redução na mobilidade do diafragma, o que pode levar ao comprometimento da função respiratória. Esses efeitos são complexos e dependem de vários fatores, como por exemplo a duração e a intensidade do hábito tabágico, características individuais do sujeito. Porém, os mecanismos que levam essas alterações ainda não são completamente entendidos e investigações sobre o impacto do tabagismo em populações jovens e fisicamente ativas permanecem escassas, principalmente em condições de maior demanda respiratória. Este estudo investiga se o tabagismo provoca alterações na mecânica respiratória e se a prática de atividade física pode atenuar essas diferenças. **Objetivos:** O objetivo deste estudo foi investigar se o tabagismo provoca alterações na mecânica respiratória e avaliar se a prática de atividade física pode atenuar essas diferenças significativas no padrão mecânico respiratório. **Metodologia:** Estudo transversal com 42 voluntários divididos em quatro grupos: fumantes ativos, fumantes não ativos, não fumantes ativos e não fumantes não ativos. Os participantes realizaram espirometria e duas manobras respiratórias, volume corrente (VC) e capacidade vital (CV), avaliadas por meio de análise cinemática tridimensional com 89 marcadores retro-reflexivos posicionados no tórax e abdômen, para posterior processamento de dados de cinemática da mecânica da respiração e análise, nos softwares Motive e MATLAB. As variáveis analisadas incluíram o percentual de participação dos compartimentos, o percentual de variação desses compartimentos, a amplitude dos volumes dos compartimentos, o tempo de ciclo respiratório e a coordenação entre compartimentos. **Resultados:** O tórax superior (TS) apresentou o maior percentual de participação na ventilação, enquanto o abdômen (AB) demonstrou maior volume médio no grupo de não fumantes não ativos (NFNA). Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos para as demais variáveis, como coordenação, variabilidade, amplitude e tempo de ciclo respiratório. **Conclusão:** O tabagismo e a prática de atividade física não apresentaram impacto estatisticamente significativo sobre a mecânica respiratória na amostra deste estudo. Investigações futuras devem incluir populações com maior

carga tabágica e análises durante condições de maior demanda ventilatória para melhor compreensão dos efeitos.

Palavras-chave: análise cinemática tridimensional; mecânica respiratória; padrão respiratório; tabagistas

## ABSTRACT

MARINHO, Victor Hugo Olympio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2024. **Comparison of the thoracoabdominal movement pattern between young physically active smokers and non-smokers.** Adviser: Amanda Piaia Silvatti.

Introduction: Smoking may be associated with certain alterations in respiratory physiology, including possible increased rigidity of the thoracic region and reduced diaphragm mobility, which could compromise respiratory function. These effects are complex and depend on several factors, such as the duration and intensity of the smoking habit and individual characteristics. However, the mechanisms leading to these alterations are not yet fully understood, and investigations into the impact of smoking in young, physically active populations remain scarce, especially under conditions of increased respiratory demand. This study investigates whether smoking causes alterations in respiratory mechanics and whether physical activity can mitigate these differences. Objectives: The objective of this study was to investigate whether smoking causes alterations in respiratory mechanics and to evaluate whether physical activity can attenuate significant differences in the mechanical respiratory pattern. Methodology: A cross-sectional study was conducted with 42 volunteers divided into four groups: active smokers, inactive smokers, active non-smokers, and inactive non-smokers. The participants underwent spirometry and two respiratory maneuvers—tidal volume (VT) and vital capacity (VC)—assessed through three-dimensional kinematic analysis with 89 retro-reflective markers positioned on the thorax and abdomen. The data were subsequently processed for respiratory mechanics kinematic analysis using the Motive and MATLAB software. The analyzed variables included the percentage of participation of the compartments, the percentage variation in these compartments, the amplitude of the volumes of the compartments, the respiratory cycle time, and the coordination between compartments. Results: The upper thorax (UT) showed the highest percentage of participation in ventilation, while the abdomen (AB) demonstrated the highest average volume in the inactive non-smoker group (INNS). No statistically significant differences were observed between the groups for other variables, such as coordination, variability, amplitude, and respiratory cycle time. Conclusion: Smoking and physical activity did not show a statistically significant impact on respiratory mechanics in this study's sample. Future investigations should include populations with higher smoking loads and analyses conducted under conditions of greater ventilatory demand to

better understand the effects.

Keywords: three-dimensional kinematic analysis; respiratory mechanics; respiratory pattern; smokers

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Imagem 1 – Localização de cada músculo respiratório

19

Imagem 2 – Espirômetro portátil Micromedical Micro CO Monitor

29

Imagem 3 – Disposição dos 89 marcadores na configuração utilizada

30

Imagem 4 – O modelo de três compartimentos da parede torácica

31

Imagem 5 – Imagem real do momento da coleta

32

Figura 1 – Curva do volume médio total toracoabdominal

40

Figura 2 – Curva do volume médio do tórax superior

41

Figura 3 – Curva do volume médio do tórax inferior

42

Figura 4 – Curva do volume médio do abdômen

43

Figura 5 – Figura de resultado do percentual de participação entre os compartimentos

44

Figura 6 – Figura de resultado do tempo do ciclo respiratório dos compartimentos - VC

45

Figura 7 – Figura de resultado do tempo do ciclo respiratório dos compartimentos - CV

45

Figura 8 – Figura de resultado do coeficiente de variação dos compartimentos

47

Figura 9 – Figura de resultado da amplitude de volume dos compartimentos

48

Figura 10 – Figura de resultado do coeficiente de variação dos compartimentos

50

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Média ( $\pm$  desvio padrão) dos valores de idade, altura e peso, para os quatro grupos do experimento: FA, FNA, NFA, NFNA  
27

Tabela 2 – Média ( $\pm$  desvio padrão) dos valores de VEF.<sub>1</sub> e CVF obtidos através de espirometria dividido pelos grupos  
39

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CC → Coeficiente De Correlação

CV → Capacidade Vital

CVF → Capacidade Vital Forçada

DPOC → Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

FA → Fumante Ativo

FNA → Fumante Não Ativo

NFA → Não Fumante Ativo

NFNA → Não Fumante Não Ativo

OMS → Organização Mundial da Saúde

POE → Pletismografia optoeletrônica

PRTC → Participação Percentual

TCLE → Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UFV → Universidade Federal de Viçosa

VAR → Variabilidade

VC → Volume Corrente

VEF<sub>1</sub> → Volume Expiratório Forçado no Primeiro Segundo

VLA → Volume De Amplitude

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
2.1 - Introdução ao sistema respiratório .....	17
2.2 - Influência da atividade física na função pulmonar.....	20
2.3 - Influência do tabagismo na função respiratória .....	21
2.4 – Análise cinemática tridimensional da respiração .....	22
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>25</b>
3.1 Objetivo Geral .....	25
3.2 Objetivos específicos .....	25
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	<b>26</b>
4.1. Design do Estudo .....	26
4.2. Caracterização da Amostra .....	26
4.3. Coleta de dados .....	27
4.3.1. Espirometria .....	27
4.3.2. Análise Cinemática Tridimensional do Movimento .....	28
4.4. Padrão de movimentação da região toracoabdominal .....	31
4.4.1. Volumes iniciais e média dos volumes por grupo.....	31
4.4.2. Participação percentual dos compartimentos .....	32
4.4.3. Tempo de ciclo respiratório .....	33
4.4.4. Coeficiente de variação do volume .....	33
4.4.5. Amplitude de Volume dos compartimentos .....	34
4.4.6. Coeficiente de correlação entre os compartimentos .....	34
4.5 Análise estatística .....	35
4.5.1 Amostra .....	35
4.5.2. Espirometria .....	36
4.5.3. Dados da cinemática .....	36
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>38</b>
5.1 Grupos.....	38
5.2. Espirometria .....	38
5.2 Análise cinemática tridimensional toracoabdominal .....	39
5.2.1 Descrição dos volumes toracoabdominais .....	39
<b>6. ESTUDOS FUTUROS</b> .....	<b>51</b>
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>53</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A respiração é responsável pela troca de gases entre o ambiente e o organismo, permitindo a obtenção de oxigênio e a eliminação do dióxido de carbono, subproduto do metabolismo celular (Souza; Elias, 2006). Do ponto de vista biomecânico, esse processo é dividido em inspiração, fase em que o ar é conduzido aos pulmões pela expansão torácica, e expiração, momento em que o ar com dióxido de carbono é eliminado pelo relaxamento da musculatura respiratória, com o pulmão retornando ao seu volume de repouso (Silva et al., 2013). A eficiência da troca gasosa está associada à integridade das superfícies alveolares, à capacidade ventilatória e à perfusão. (Souza; Elias, 2006; Powers, et al., 2023).

O hábito tabágico constitui um importante fator de risco para o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis, como a Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC). A fumaça do cigarro está relacionada a um processo inflamatório crônico que pode preceder o surgimento de doenças respiratórias diagnosticáveis, incluindo a DPOC (Dransfield et al., 2016; Huvenne et al., 2010). O tabagismo pode provocar alterações significativas nas vias aéreas e nos alvéolos, resultando em uma diminuição da elasticidade pulmonar e um aumento na resistência ao fluxo de ar. Essas mudanças comprometem tanto a ventilação quanto a oxigenação do sangue, agravando ainda mais a saúde respiratória (Godói, 2010). No entanto, sinais iniciais de comprometimento pulmonar, tem a possibilidade de serem identificados através de parâmetros específicos, como a redução do fluxo sanguíneo expiratório forçado entre 25% e 75% da capacidade vital forçada, que é importante preditor do desenvolvimento de doenças como a DPOC (Kwon et al., 2020). Esses dados podem ser detectados em avaliações específicas, tais como a espirometria (Dransfield et al., 2016), teste de difusão de monóxido de carbono (Huvenne et al., 2010), tomografia computadorizada de alta resolução (WISE, 2024), e a análise cinemática tridimensional (Fernandes, 2007, Culver, 2018). Identificar esses sinais em estágios precoces pode possibilitar intervenções para prevenção de doenças futuras (Onor et al., 2017). É interessante para a pesquisa, ressaltar que o tabaco é responsável por mais de 8 milhões de mortes anualmente, sendo 1,2 milhão delas decorrentes da exposição ao fumo passivo (Organização Mundial da Saúde, OMS, 2021). Esses dados evidenciam que o tabagismo representa um grave problema de saúde pública, impactando negativamente a

mortalidade e a morbidade em todo o mundo (OPAS/OMS). A expectativa de vida dos fumantes é inferior àquela dos não fumantes, já que o tabagismo é identificado como um dos hábitos que impactam negativamente a saúde e a longevidade (Portes, 2018). No Brasil, a implementação de políticas públicas, como a Lei Antifumo de 2011, contribuiu para a diminuição da prevalência de fumantes (INCA).

Em contraste, a prática regular de exercícios físicos contribui para o fortalecimento dos músculos respiratórios e para a otimização da troca gasosa (Marques, 2014), podendo melhorar a função respiratória, aumentando a capacidade pulmonar e, possivelmente, não diretamente, reduzindo a resistência das vias aéreas (American Lung Association, 2023). Exercícios aeróbicos, como corrida, ampliam a quantidade de ar trocado, promovendo uma melhor oxigenação dos tecidos (Bédard et al., 2020). Estudos mostram que o exercício regular pode atenuar os efeitos do tabagismo sobre a ventilação em tabagistas (Louis et al., 2022; Luzak et al., 2017).

Uma avaliação da função respiratória em diferentes grupos, como tabagistas e não tabagistas, é importante para compreender os impactos do estilo de vida sobre a saúde pulmonar (Mannino & Buist, 2007). A análise cinemática tridimensional permite uma avaliação da função respiratória através da análise de padrões de movimentação torácica e abdominal durante a respiração (Massaroni et al., 2017; Aliverti et al., 2022). Assim, a partir das coordenadas tridimensionais de marcadores fixados no tronco é possível realizar a análise compartimental da caixa torácica e do abdômen, o que vai oferecer uma visão mais detalhada das contribuições de cada região para o processo respiratório. A referida metodologia possibilita identificar assincronias e padrões anormais de movimento, colaborando para uma avaliação mais abrangente da função respiratória em diferentes grupos populacionais (Pereira et al., 2017), podendo ser utilizada em contextos clínicos e estudos de alta performance (Petrigna, L.; Musumeci G., 2023).

A análise da função respiratória em populações distintas, como tabagistas e não tabagistas, fisicamente ativos e sedentários, é importante para a compreensão dos efeitos da realação do tabagismo e da atividade física sobre a mecânica respiratória, podendo ter o objetivo de desenvolver estratégias para a prevenção, ou o acesso mais eficiente a um diagnóstico precoce e possível intervenção, o que tende a promover qualidade de vida e acaba por reduzir os impactos dessas condições na saúde pública. Pensando nesse

contexto, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar os padrões de movimentação toracoabdominal por meio da análise cinemática tridimensional, abordando duas manobras respiratórias: capacidade vital (CV) e volume corrente (VC), em condições de repouso. A nossa hipótese é que a abordagem permita identificar assimetrias e movimentos compensatórios ou prejudicados, especialmente em indivíduos tabagistas. Além disso, a comparação entre participantes ativos e sedentários visa determinar se a prática regular de atividade física pode atuar como um fator protetor contra disfunções respiratórias associadas ao tabagismo. Estudos prévios indicam que indivíduos com maior nível de condicionamento físico apresentam padrões respiratórios mais eficientes, contribuindo para uma troca gasosa otimizada e uma melhor recuperação (Massaroni et al., 2017; França et al., 2012). A partir dessas informações, a investigação pretende não só esclarecer as diferenças entre os grupos estudados, mas também possibilitar a maiores informações para futuras estratégias de intervenção que possam melhorar a função respiratória em populações de risco.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 - Introdução ao sistema respiratório

O sistema respiratório é constituído por uma organização complexa de estruturas anatômicas e musculares, responsáveis por sustentar a ventilação pulmonar e garantir a troca gasosa necessária à sobrevivência. Essa troca ocorre nos alvéolos pulmonares, onde o oxigênio do ar inspirado difunde-se para o sangue através da barreira alvéolo-capilar, enquanto o dióxido de carbono, produzido pelo metabolismo celular, é transferido do sangue para o ar expirado. Este sistema pode ser dividido em dois componentes principais: as vias respiratórias e a musculatura envolvida nos movimentos ventilatórios. Juntos, esses componentes trabalham de forma coordenada para permitir a entrada de oxigênio no organismo, a remoção de dióxido de carbono, e a perfusão adequada, para que seja garantido o transporte eficaz dos gases entre os alvéolos e os tecidos, sendo essenciais para a homeostase corporal (Guyton & Hall, 2011; West, 2013; Wheeldon, 2023). Caso ocorra uma diminuição da pressão na artéria pulmonar, o fluxo sanguíneo para os capilares poderá sofrer alterações, reduzindo o fluxo, o que vai comprometer a perfusão e, conseqüentemente, a própria troca gasosa. Isso resulta em uma menor oxigenação do sangue e acaba por acumular maior quantidade de dióxido de carbono, o que tende a prejudicar a homeostase corporal. A relevância desses efeitos se destaca em condições como a hipertensão pulmonar e insuficiência cardíaca direita. (Neder et al., 2020).

As vias respiratórias desempenham funções específicas dentro do sistema respiratório. As vias aéreas superiores, compostas pelo nariz, faringe e laringe, têm como função primordial aquecer, umidificar e filtrar o ar inspirado, removendo partículas e agentes nocivos. As vias aéreas inferiores, que incluem a traqueia, os brônquios e os bronquíolos, conduzem o ar até os alvéolos pulmonares, estruturas fundamentais para a troca gasosa (West, 2013). Os alvéolos são unidades microscópicas nos pulmões, circundadas por uma extensa rede de capilares sanguíneos, onde ocorre a difusão de oxigênio para o sangue e a eliminação de dióxido de carbono. Este processo, denominado de hematose pulmonar, é diretamente dependente da integridade estrutural e funcional dos pulmões e das vias respiratórias (Guyton & Hall, 2011).

O mecanismo ventilatório baseia-se na ação coordenada de diversas musculaturas, que desempenham papéis específicos durante os ciclos de inspiração e expiração. O diafragma, o principal músculo da respiração, é um músculo em formato de cúpula localizado na base do tórax. Ele se origina na borda costal inferior, vértebras lombares e no processo xifoide, inserindo-se no centro tendíneo do diafragma. Durante a contração, o diafragma se achata, aumentando o volume da cavidade torácica e reduzindo a pressão intrapulmonar, o que permite a entrada de ar nos pulmões (Wheeldon, 2023; Guyton & Hall, 2011). Este movimento é acompanhado pela ação dos músculos intercostais externos, que se localizam entre as costelas e promovem sua elevação e expansão lateral, aumentando ainda mais o volume torácico (West, 2013).

Além dos músculos principais, os músculos acessórios desempenham papel importante em situações de maior demanda ventilatória, como durante exercícios físicos intensos ou em condições respiratórias patológicas. Entre esses músculos estão os escalenos e o esternocleidomastoideo. Os escalenos originam-se nos processos transversos das vértebras cervicais e se inserem nas primeiras costelas, sendo responsáveis por elevar as costelas superiores durante a inspiração forçada. Já o esternocleidomastoideo, que se origina no manúbrio esternal e na clavícula, com inserção no processo mastoide do osso temporal, contribui para a elevação do tórax e ampliação do diâmetro anteroposterior durante a inspiração (Wheeldon, 2023).

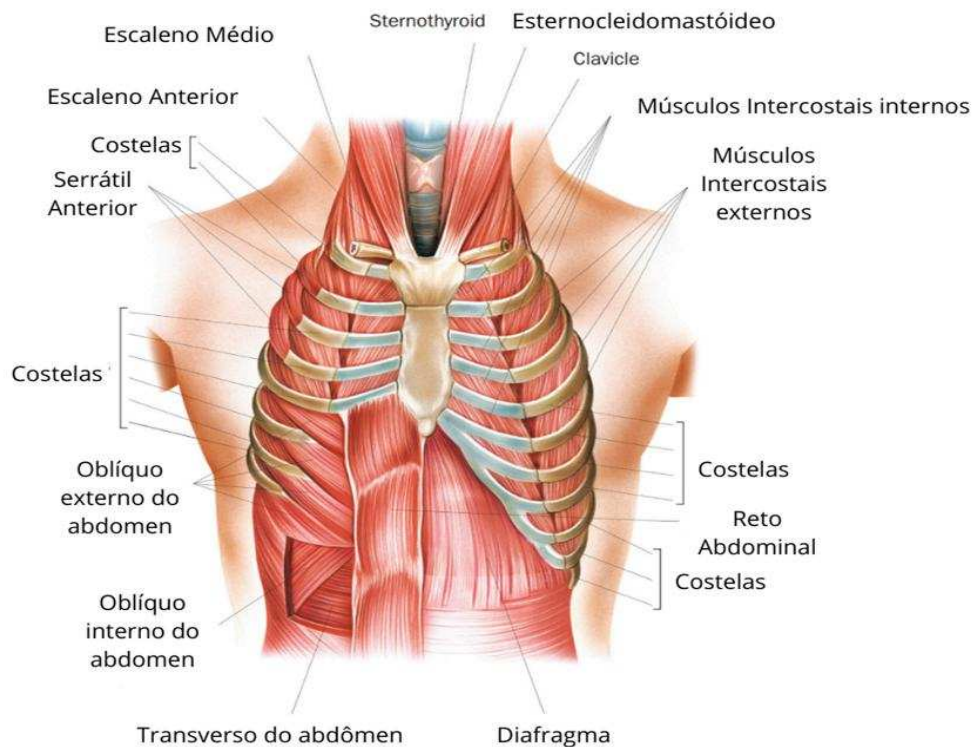
A expiração, por outro lado, ocorre de forma passiva em condições de repouso, graças ao retorno elástico natural dos pulmões e da parede torácica. Contudo, em situações de maior esforço, como durante a expiração forçada ou em exercícios físicos intensos, os músculos abdominais (oblíquos interno e externo, transverso do abdômen) e os intercostais internos são recrutados. Os músculos abdominais comprimem os órgãos viscerais, aumentando a pressão intra-abdominal, enquanto os intercostais internos auxiliam no abaixamento das costelas, reduzindo o volume torácico e facilitando a expulsão do ar (Guyton & Hall, 2011; West, 2013).

Ainda, a interação entre o tórax e o abdômen desempenha papel importante na ventilação. Durante a inspiração, a descida do diafragma reduz a pressão intratorácica e aumenta a pressão intra-abdominal, favorecendo o fluxo de ar para os pulmões. Esse equilíbrio pressórico também influencia o retorno venoso ao coração e promove a dilatação

das arteríolas pulmonares, o que facilita a perfusão alveolar e a troca gasosa. Assim, a mecânica ventilatória desempenha papel de extrema importância na circulação sistêmica, na função cardiovascular e na eficiência da hematose pulmonar (Wheeldon, 2023; Guyton & Hall, 2011).

A figura 1 apresenta a localização das principais musculaturas respiratórias, indicando a direção das fibras musculares durante a contração e a função correspondente de cada uma.

**Imagem 1.** Representação das estruturas mecânicas respiratórias.



**Fonte:** Wheeldon (2023).

Para além de uma complexa organização anatômica e funcional, o sistema respiratório é altamente influenciado por fatores externos que modulam sua eficiência e adaptabilidade. Entre esses fatores, a prática regular de atividade física desempenha um papel fundamental na função pulmonar. A compreensão da interação entre atividade física e saúde respiratória é essencial para avaliar como diferentes níveis de esforço físico podem impactar a funcionalidade do sistema respiratório, tanto em indivíduos saudáveis quanto em populações com condições respiratórias específicas. Essa relação será explorada na próxima seção, com foco nas adaptações funcionais decorrentes da atividade física.

## 2.2 - Influência da atividade física na função pulmonar

A prática regular de atividades físicas apresenta benefícios significativos para o sistema respiratório, especialmente no que diz respeito à mecânica ventilatória. Estudos destacam que a atividade física pode promover maior elasticidade pulmonar, coordenação eficiente dos músculos respiratórios e ventilação aprimorada (Bédard et al., 2020). Os indivíduos fisicamente ativos demonstram padrões respiratórios mais eficazes, possuindo maior sincronia entre os movimentos do tórax superior, tórax inferior e abdômen (Aliverti et al., 1997). Os ajustes mecânicos encontrados, refletem a capacidade do sistema respiratório de conseguir otimizar as trocas gasosas e responder a demandas aumentadas, como as que são colocadas durante o exercício.

Pesquisas anteriores demonstram que a atividade física contribui para o aumento dos volumes pulmonares, como a capacidade vital (CV) e o volume corrente (VC), que são indicativos da capacidade de expansão pulmonar (Massaroni et al., 2017). Esses efeitos vão ocorrer, em parte, devido ao fortalecimento dos músculos respiratórios, o que irá incluir o diafragma e os intercostais, que vai resultar em maior amplitude de movimentação toracoabdominal. Evidências indicam que, a prática regular de exercícios pode melhorar a flexibilidade da caixa torácica, o que permite uma expansão e retração mais eficiente durante o ciclo respiratório (Parreira et al., 2010).

Já os indivíduos sedentários tendem a apresentar padrões respiratórios menos profundos, tendo maior dependência de músculos acessórios e maior rigidez torácica, que são fatores que podem levar a uma ventilação ineficaz ao longo do tempo (Bédard et al., 2020). Certos de que a atividade física altera, segundo trabalhos anteriores, como o de Bédard et al. (2020), a coordenação dos compartimentos toracoabdominais e a elasticidade do sistema respiratório, é possível que seus efeitos positivos sejam observados em populações potencialmente suscetíveis a alterações respiratórias, como os tabagistas. Destacando a importância de investigar se esses benefícios se estendem a indivíduos que apresentam alterações na mecânica respiratória devido ao hábito de fumar.

Embora a atividade física traga benefícios evidentes para a função pulmonar, como o fortalecimento muscular e a melhoria na ventilação, é importante considerar que esses efeitos positivos podem ser limitados ou contrabalanceados por vários fatores, como o tabagismo. O hábito de fumar, amplamente reconhecido por causar danos significativos ao

sistema respiratório, afeta a elasticidade pulmonar, a eficiência das trocas gasosas e a coordenação dos compartimentos toracoabdominais. Dada a relevância do impacto do tabagismo na mecânica ventilatória e na saúde respiratória, a próxima seção abordará de como esse fator influencia negativamente a função pulmonar, explorando as possíveis interações com os benefícios promovidos pela prática de atividade física.

### **2.3 - Influência do tabagismo na função respiratória**

O tabagismo é amplamente reconhecido como um fator de risco para distúrbios ventilatórios obstrutivos, como a DPOC, devido às alterações que provoca nas vias aéreas e na mecânica respiratória (Tepedino et al., 2023). A exposição crônica à fumaça do cigarro pode levar à inflamação das vias aéreas, à destruição dos alvéolos e o aumento da resistência ao fluxo aéreo, o que pode comprometer a ventilação e poderá resultar em maior esforço respiratório (Adatia et al., 2021). A DPOC, segundo a Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD), é uma doença comum, prevenível e tratável, caracterizada por sintomas respiratórios persistentes e limitação do fluxo de ar devido a alterações nas vias aéreas e nos alvéolos, geralmente causadas por exposição significativa a partículas ou gases nocivos (GOLD, 2024). Essa condição resulta em alterações estruturais e funcionais no sistema respiratório. Além disso, o tabagismo contribui para consequências sistêmicas, como hipertensão pulmonar, insuficiência cardíaca direita e perda de massa muscular, o que agrava o quadro clínico e reduz a qualidade de vida (Devereux, 2006; Spruit et al., 2013). "Intervenções não farmacológicas, como a reabilitação pulmonar, têm se mostrado eficazes na melhora da capacidade funcional, redução de sintomas respiratórios e aumento da qualidade de vida (Puhan et al., 2016). Essas estratégias incluem exercícios físicos supervisionados, técnicas de controle respiratório, como a respiração diafragmática, e educação para a cessação do tabagismo (França et al., 2012; Spruit et al., 2013)

As alterações na mecânica respiratória dos tabagistas incluem maior rigidez da caixa torácica, mobilidade reduzida dos compartimentos toracoabdominais e o aumento da dependência de músculos acessórios para compensar a perda de eficiência ventilatória (Marques, 2014). Embora o tabagismo possa ser um fator de risco associado a alterações pulmonares, a relação com o desenvolvimento de fibrose pulmonar é complexa e depende

de vários outros fatores. Essa condição, caracterizada pela restrição da expansão pulmonar, pode dificultar a movimentação coordenada entre o tórax e o abdômen (Skoczylas et al., 2007). Essas adaptações irão afetar diretamente a capacidade dos tabagistas de realizar trocas gasosas eficazes, o que vai aumentar o esforço necessário para manter a ventilação em condições normais ou durante esforços físicos.

Pensando que a prática regular de atividades físicas promove alterações na mecânica respiratória, como maior elasticidade torácica e coordenação entre os compartimentos, surge a questão de como esses benefícios podem se manifestar em indivíduos tabagistas. Será que a atividade física também altera a função mecânica da respiração nesses indivíduos? Essa é uma questão importante e não tão bem explorada em pesquisas anteriores, pois está relacionada ao fato de o tabagismo afetar justamente os aspectos que a atividade física tem o potencial de melhorar. Explorar essa relação pode oferecer informações importantes para o desenvolvimento de estratégias baseadas na prática de exercícios físicos, com o objetivo de minimizar os impactos negativos do tabagismo sobre a mecânica respiratória.

Compreender as alterações na mecânica respiratória causadas pelo tabagismo é importante para avaliar as estratégias que podem minimizar esses impactos. Porém, para investigar detalhadamente as mudanças no padrão respiratório, incluindo a mobilidade dos compartimentos toracoabdominais e a coordenação entre o tórax e o abdômen, é necessário utilizar ferramentas avançadas que permitam uma análise precisa. A partir disso, a análise cinemática aparece como alternativa para mensurar as alterações biomecânicas associadas ao tabagismo, o que possibilita uma avaliação tridimensional dos movimentos respiratórios e das adaptações mecânicas que possam aparecer devido ao hábito. A próxima seção explora como essa metodologia pode ser empregada para estudar a dinâmica respiratória em tabagistas e os potenciais benefícios da atividade física nesse contexto.

#### **2.4 – Análise cinemática tridimensional da respiração**

Há diversas técnicas para analisar a função respiratória, incluindo espirometria e pneumotacografia, que medem volumes pulmonares, e métodos como pletismografia por indutância, magnetometria e análise cinemática tridimensional (pletismografia

optoeletrônica), que permitem avaliar tanto os movimentos toracoabdominais, quanto os volumes dos compartimentos.

Também conhecida como pletismografia optoeletrônica (OEP), a análise cinemática tridimensional (3D), é uma técnica de estudo do movimento respiratório que utiliza a captura das coordenadas tridimensionais de marcadores retro-reflexivos posicionados na superfície toracoabdominal. Esse método possibilita a mensuração indireta dos volumes respiratórios por meio da modelagem da superfície toracoabdominal (Aliverti; Pedotti, 2014; Massaroni et al., 2017), além de possibilitar uma análise compartimental da região toracoabdominal, nos fornece uma visão sobre padrões de movimento em diferentes condições, como estática e dinâmica (Loula, 2005; Massaroni, 2018).

Esse tipo de análise é um método não-invasivo que dispensa o uso de máscaras ou bocais, e que acaba reduzindo as interferências provenientes de fatores como umidade, temperatura, pressão e viscosidade (Aliverti; Pedotti, 2014). Essa técnica oferece uma experiência mais natural de respiração para o participante, aumentando seu conforto e liberdade durante o exame (Massaroni, 2018). Esse método é particularmente útil para análises biomecânicas da interação entre as estruturas e musculaturas envolvidas na respiração, além de ser relevante para o estudo das estratégias respiratórias adotadas para maximizar o desempenho do sistema respiratório (Ferrigno et al., 1994).

A análise cinemática 3D é comumente utilizada tanto em contextos de pesquisa quanto clínicos, e vai acrescentar uma perspectiva detalhada ao estudo e à reabilitação de diversas patologias respiratórias por meio da modelagem toracoabdominal (Massaroni et al., 2017).

Diversos modelos de representação do tronco são empregados para a análise cinemática tridimensional da respiração. O modelo considerado referência é composto por 89 marcadores, conforme descrito por Aliverti et al. (2001), que oferece alta precisão na mensuração dos volumes toracoabdominais e resultados comparáveis aos da espirometria. No entanto, a quantidade de marcadores torna o modelo mais complexo, tanto na coleta quanto no processamento de dados (Massaroni et al., 2018). Ainda que existam versões simplificadas, como o modelo de 32 marcadores, que facilita o uso e aumenta o conforto do participante, este estudo optou pela utilização do modelo de 89 marcadores para garantir

uma análise detalhada e abrangente dos volumes respiratórios e da dinâmica toracoabdominal.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo Geral

Investigar se o tabagismo provoca alterações na mecânica respiratória e se a prática de atividade física promove diferenças significativas no padrão mecânico respiratório, utilizando análise cinemática tridimensional da respiração.

#### 3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste estudo foram elaborados para detalhar as análises realizadas e responder às questões relacionadas às alterações na mecânica respiratória e suas variáveis. Com base nas variáveis e nos fatores de interesse, como tabagismo, atividade física e padrões respiratórios, os objetivos específicos são os seguintes:

- Analisar as curvas de volume de cada compartimento toracoabdominal (tórax superior, tórax inferior e abdômen) em diferentes manobras respiratórias para cada grupo, buscando padrões característicos e variações não característicos entre os grupos.
- Quantificar a participação percentual volumétrica de cada compartimento toracoabdominal na ventilação total, investigando possíveis diferenças relacionadas ao tabagismo e aos níveis de atividade física.
- Determinar o tempo de ciclo respiratório para cada compartimento toracoabdominal, incluindo os tempos de inspiração, expiração e ciclo total, a fim de explorar as diferenças temporais entre os grupos e manobras.
- Avaliar o coeficiente de variação do movimento respiratório de cada compartimento toracoabdominal, utilizando métricas específicas que permitam identificar diferenças significativas entre os grupos e manobras.
- Medir os volumes e as amplitudes de movimentação dos compartimentos toracoabdominais para cada manobra respiratória, analisando como essas variáveis são influenciadas pelos fatores estudados.
- Calcular e interpretar os coeficientes de correlação entre os compartimentos toracoabdominais durante as manobras respiratórias, avaliando a coordenação dos movimentos respiratórios entre os diferentes compartimentos.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Design do Estudo

Este estudo observacional transversal foi realizado na Universidade Federal de Viçosa, com o objetivo de descrever os padrões de movimento toracoabdominal durante as manobras de Capacidade Vital (CV) e Volume Corrente (VC). Para isso, os participantes foram divididos em quatro grupos com base nos hábitos de tabagismo e nível de atividade física:

- Fumante Ativo (FA): composto por 12 indivíduos;
- Fumante Não Ativo (FNA): composto por 11 indivíduos;
- Não Fumante Ativo (NFA): composto por 13 indivíduos;
- Não Fumante Não Ativo (NFNA): composto por 6 indivíduos.

Os participantes tinham idades entre 18 e 30 anos e atenderam a critérios pré-definidos, incluindo a ausência de auto-relato de doenças respiratórias crônicas ou condições que pudessem interferir nos padrões respiratórios avaliados. As características dos grupos, incluindo idade, altura e peso, são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Média ( $\pm$  desvio padrão) dos valores de idade, altura e peso, para os quatro grupos do experimento: FA, FNA, NFA, NFNA.

Grupos	N	Idade (anos)	Altura (m)	Peso (kg)
FA	12	27,0 $\pm$ 1,78	1,79 $\pm$ 0,06	81,5 $\pm$ 11,68
FNA	11	25,09 $\pm$ 2,58	1,77 $\pm$ 0,07	82,63 $\pm$ 21,50
NFA	13	23,76 $\pm$ 2,55	1,77 $\pm$ 0,09	78,53 $\pm$ 12,68
NFNA	6	25,16 $\pm$ 3,65	1,73 $\pm$ 0,08	73,83 $\pm$ 12,98

*Fonte: Elaborado pelo autor*

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Viçosa, sob o número de CAAE 74632123.1.0000.5153, e todos os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

### 4.2. Caracterização da Amostra

Os participantes foram selecionados para representar uma faixa etária ainda preservada de efeitos de envelhecimento, o que permite uma análise focada nas influências do tabagismo e do sedentarismo sobre a função pulmonar.

Os critérios de inclusão para tabagistas requerem um histórico de pelo menos 100 cigarros consumidos ao longo da vida, sendo este um parâmetro amplamente utilizado em estudos de tabagismo (Cho et al., 2024; Hamzeh et al., 2020; Cornelius et al., 2022). Esse recorte busca capturar impactos iniciais do tabagismo, considerando que alterações respiratórias, como rigidez torácica e assincronias na mecânica respiratória, podem se manifestar mesmo em jovens tabagistas. Para esta pesquisa, adotamos os critérios da OMS para classificar os participantes como fumantes, definindo como fumante qualquer indivíduo que tenha consumido pelo menos cinco maços de cigarros ao longo da vida e que continue fumando atualmente. Embora a variável 'anos-maço' seja frequentemente utilizada para quantificar a carga tabágica, optamos por seguir essa definição. (U.S. Department of Health and Human Services, 2010; Aliverti et al., 2022).

A prática regular de atividade física foi definida como a realização de, no mínimo, 150 minutos semanais de atividade física moderada, conforme recomendado pela OMS (OMS, 2020). Este critério foi utilizado para avaliar o efeito do exercício na prevenção de disfunções associadas ao tabagismo e ao sedentarismo.

Critérios de exclusão incluíram doenças pulmonares ou cardiovasculares diagnosticadas, que poderiam interferir na análise das variáveis; homens acima de 30 anos; voluntários não universitários. A justificativa para a seleção dos grupos e critérios de inclusão/exclusão reflete a importância de identificar padrões iniciais de assincronia respiratória e de entender como o estilo de vida impacta a função pulmonar em jovens.

### **4.3. Coleta de dados**

#### **4.3.1. Espirometria**

O teste de espirometria foi conduzido utilizando o dispositivo *Micromedical Micro CO Monitor*, da marca *CareFusion*, um espirômetro portátil projetado para avaliar a função respiratória por meio da medição de volumes e fluxos pulmonares, além de níveis de monóxido de carbono no ar expirado. Bocais descartáveis foram utilizados para cada voluntário, garantindo a higiene. Os voluntários foram orientados a realizar uma inspiração máxima, enchendo completamente os pulmões de ar, seguida por uma expiração máxima forçada e prolongada através do bocal do aparelho. Durante a realização do teste, foram

obtidos os valores de Capacidade Vital Forçada (CVF) e Volume Expiratório Forçado no Primeiro Segundo (VEF<sub>1</sub>).

Cada voluntário realizou o teste três vezes consecutivas, com intervalo suficiente entre as manobras para recuperação, garantindo a consistência dos resultados em um espirômetro (manual, modelo *Micromedical Micro CO Monitor* da marca *CareFusion*; *Imagem 2*). Posteriormente, calculou-se a média e o desvio padrão das três medições individuais para cada voluntário. Além disso, foram determinadas as médias das variáveis CVF e VEF<sub>1</sub> para os grupos analisados, permitindo uma análise comparativa entre os mesmos. Os testes foram realizados com o voluntário sentado, em repouso, em assento sem encosto, em ambiente controlado.

**Imagem 2.** Espirômetro portátil utilizado na realização das manobras respiratórias para teste. Esse dispositivo inclui o bocal, um visor digital que exibe os resultados obtidos no teste e bocais recicláveis para utilização segura dos voluntários.



*Fonte: Adaptado de Discount Cardiology (2024)*

#### 4.3.2. Análise Cinemática Tridimensional do Movimento

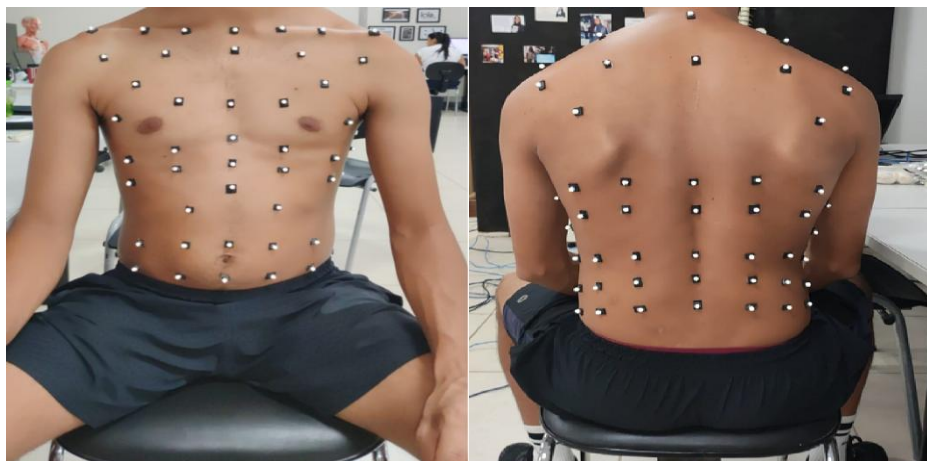
A análise cinemática tridimensional foi utilizada para uma medição precisa dos volumes pulmonares e da cinemática respiratória. Foi utilizado o sistema com 89 marcadores reflexivos posicionados em pontos anatômicos específicos na superfície do tórax e abdômen, conforme o protocolo descrito por Aliverti et al. (2022).

Os marcadores, de acordo com os estudos mencionados, são distribuídos em sete fileiras horizontais ao longo do tórax e abdômen, e linhas verticais ao longo das laterais e

da parte posterior do corpo. Essas fileiras horizontais são posicionadas nos seguintes pontos de referência anatômica: linha clavicular: posicionada ao longo da clavícula; articulação manúbrio-esternal: sobre o esterno, logo abaixo da articulação entre o manúbrio e o corpo do esterno; linhas horizontais ao nível dos mamilos: marcadores ao nível do terceiro arco costal; processo xifoide: marcador colocado na região da extremidade inferior do esterno, sobre o processo xifoide; margem costal inferior: marcadores posicionados ao longo da décima costela na linha axilar média; umbigo: marcador sobre a cicatriz umbilical; espinha ílaca ântero-superior: marcador posicionado sobre a espinha ílaca anterossuperior, como mostra a *Imagem 3* (Pereira et al. 2017; Aliverti et al., 2022; Massaroni et al, 2018).

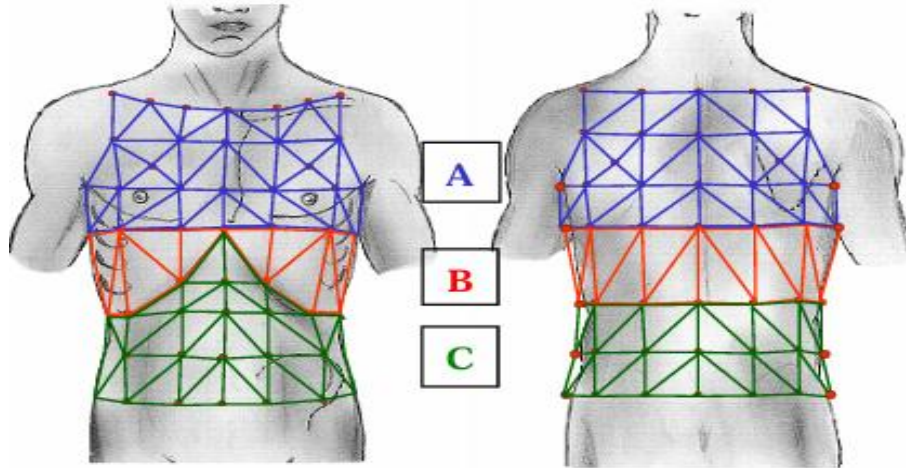
Essas linhas horizontais são intercaladas com cinco fileiras verticais, as linhas médias; as linhas axilares anteriores e posteriores; os pontos médios entre a linha média e a linha axilar anterior, bem como entre a linha média e a linha axilar posterior; as linhas axilares médias. E, são adicionados dois marcadores na região sobre a caixa torácica adjacente aos pulmões e na posição posterior correspondente. Esses pontos anatômicos são utilizados para demarcar as áreas de cada compartimento da região toracoabdominal, como mostra a *Imagem 4*.

**Imagem 3.** Disposição dos 89 marcadores na configuração utilizada, nas posições sentada e ortostática



*Fonte: Elaborado pelo autor*

**Imagem 4.** O modelo de três compartimentos da parede torácica divide a área do tronco em três partes: a caixa torácica que está próxima e mantém contato com os pulmões (RC,p), a caixa torácica adjacente à área abdominal (RC,a) e o próprio abdômen (AB). A combinação desses três compartimentos forma a parede torácica completa (CW).



**Fonte:** Romagnoli I. et al., 2008

Para o sistema de captura foram utilizadas oito câmeras OptiTrack Prime 17W, posicionadas em diferentes alturas ao redor dos participantes, para captar os movimentos tridimensionais dos marcadores em uma frequência de aquisição de 240 Hz, garantindo uma alta resolução na coleta dos dados cinemáticos, como mostra a *Imagem 5*. O software Motive, específico para sistemas OptiTrack, foi empregado para o reconhecimento dos marcadores e a reconstrução tridimensional das coordenadas de movimento nos três eixos, oferecendo ferramentas de filtragem e calibração para suavizar os dados e reduzir ruídos, aprimorando a qualidade da análise final (Aliverti et al., 2022; Massaroni et al., 2017).

Os participantes foram posicionados sentados em uma cadeira sem encosto, com os ombros abduzidos e os pés apoiados no chão. Realizaram duas manobras respiratórias: a capacidade vital (CV), em que executaram cinco ciclos de inspiração e expiração máxima, e o volume corrente (VC), com respiração normal em repouso por 1 minuto. A coleta de dados foi conduzida em uma única visita dos voluntários ao laboratório de Biomecânica da Universidade Federal de Viçosa (UFV), como mostra a *Imagem 5*.

**Imagem 5** – Imagem do momento da coleta. Setup de câmeras Optitrack e modelo de 89 marcadores.



*Fonte: Elaborado pelo autor*

#### 4.4. Padrão de movimentação da região toracoabdominal

##### 4.4.1. Volumes iniciais e média dos volumes por grupo

A análise cinemática tridimensional foi realizada em etapas sequenciais para avaliar variáveis relacionadas à mecânica respiratória, como volumes toracoabdominais, coordenação entre compartimentos, participação percentual e amplitude volumétrica. Inicialmente, os volumes dos compartimentos toracoabdominais foram calculados utilizando um método baseado no Teorema de Gauss. O tronco foi dividido em prismas geométricos, e o volume de cada prisma foi calculado individualmente através da fórmula:

$$V = \frac{1}{6} \cdot \det \begin{bmatrix} 1 & X_1 & Y_1 & Z_1 \\ 1 & X_2 & Y_2 & Z_2 \\ 1 & X_3 & Y_3 & Z_3 \\ 1 & C_x & C_y & C_z \end{bmatrix}$$

onde  $X_i, Y_i, Z_i$  representa coordenadas tridimensionais dos vértices do prisma e;  $C_x, C_y, C_z$  são coordenadas de centroide, obtidas através das médias das coordenadas dos vértices.

Os volumes prismáticos foram calculados frame a frame para cada compartimento e para cada voluntário, considerando as duas manobras respiratórias realizadas. Em seguida, os volumes de todos os prismas de cada compartimento foram somados, resultando no volume total do compartimento toracoabdominal correspondente.

Os dados brutos de volume foram processados com um filtro Butterworth de quarta ordem para suavizar os sinais e minimizar ruídos na coleta. Para as manobras de VC a frequência utilizada para corte do filtro foi de 0,32Hz a 0,48Hz; e para a CV 0,12Hz a 0,24Hz, em uma coleta de 240Hz. Após a obtenção dos volumes, foi utilizado uma função no MATLAB para segmentar e normalizar os ciclos respiratórios. A função identificou os pontos de mínimo local no volume total, correspondentes ao início e fim de cada ciclo respiratório, o que permitiu selecionar apenas os ciclos regulares. Esses ciclos foram interpolados para normalizar o número de pontos (100 pontos por ciclo), garantindo a comparabilidade entre eles. Esse processo foi realizado para cada compartimento toracoabdominal (TS, TI e AB), e resultou em ciclos interpolados e alinhados.

Com os ciclos segmentados, foram extraídos os valores médios de volume para cada ciclo respiratório, isso possibilitou o cálculo das médias individuais por voluntário e, posteriormente, das médias para cada grupo (FA, FNA, NFA e NFNA) e para as manobras de VC e CV. Esses dados foram utilizados como base para o cálculo das variáveis derivadas, como participação percentual, coeficiente de variação, amplitude de volume e coeficiente de correlação entre os compartimentos, que compõem a análise detalhada da mecânica respiratória neste estudo.

#### 4.4.2. Participação percentual dos compartimentos

O percentual de participação de cada compartimento foi calculado utilizando a fórmula que expressa a participação de cada compartimento no volume total mobilizado, sendo a soma das contribuições igual a 100%. Essa variável identifica a contribuição relativa dos compartimentos em relação ao volume total mobilizado no ciclo respiratório (Massaroni et al., 2017; Aliverti et al., 2022). Este cálculo é importante para entender qual a distribuição do esforço respiratório entre os compartimentos do tórax superior, tórax inferior e abdômen, realizado a partir da fórmula:

$$\text{Participação (\%)} = \frac{\text{Média do Volume do Compartimento}}{\text{Média do Volume Total}} \times 100$$

Onde, *Média do Volume do Compartimento* é o valor médio do volume mobilizado por um compartimento específico durante o ciclo respiratório; e *Média do Volume Total* é a soma das médias dos volumes dos três compartimentos ao longo do ciclo (Pereira et al., 2017).

#### 4.4.3. Tempo de ciclo respiratório

O tempo de ciclo respiratório foi avaliado para cada compartimento, durante as fases de inspiração e expiração, ela reflete o tempo total para completar um ciclo respiratório. Essa variável é importante para identificar alterações na dinâmica respiratória, como ciclos mais curtos, com uma maior frequência, ou irregulares em indivíduos que têm padrões respiratórios alterados pelo tabagismo ou sedentarismo (Massaroni et al., 2017; Guyton & Hall, 2011).

Em condições normais, o tempo de ciclo é importante porque apresenta uma relação de equilíbrio entre as fases de expiração e inspiração. Possíveis alterações, como ciclos mais frequentes e curtos, podem ser indicativos de padrão respiratório irregular, o que é comum em sujeitos com doenças respiratórias relacionadas ao tabagismo ou ao sedentarismo (Pereira et al., 2017; Aliverti et al., 2022). O tempo total do ciclo também pode ser associado à eficiência ventilatória e é influenciado pela elasticidade pulmonar, força muscular respiratória, entre outros. É calculado através da equação

$$T_{tot} = T_i + T_e$$

Onde,  $T_{tot}$  é o tempo total do ciclo respiratório;  $T_i$  o tempo da fase inspiratória e;  $T_e$  o tempo da fase expiratória.

#### 4.4.4. Coeficiente de variação do volume

A variação do volume avalia as mudanças que ocorrem no volume mobilizado por parte dos compartimentos toracoabdominais ao longo do ciclo respiratório. Esse dado mostra quanto o volume dos compartimentos do tórax e do abdômen varia ao longo da respiração, porém, considerando todas as variações ao longo do ciclo. É uma variável diferente da amplitude do volume, que mede a diferença entre o mínimo e o máximo. O coeficiente de variação do volume é referente à divisão do valor de desvio padrão da amostra, dividida pela média da amostra vezes 100 (Silva, Fernandes e Almeida, 2015).

A variação do volume respiratório foi calculada como a diferença entre os volumes inspiratórios e expiratórios de cada compartimento, isso correspondente à diferença entre o maior e o menor volume registrado durante o ciclo inspiratório. Essa variável é importante para avaliar a mobilidade do movimento respiratório, podendo identificar possíveis restrições ou desvios das regiões analisadas (Aliverti et al., 2022). A fórmula utilizada é:

$$\text{Coef. Variação} = \left( \frac{\sigma}{\bar{x}} \right) \times 100$$

onde,  $\sigma$  é o desvio padrão da amostra ou população;  $\bar{x}$  é a média da amostra da população.

#### 4.4.5. Amplitude de Volume dos compartimentos

O volume de amplitude, avaliado durante manobras respiratórias, é uma medida geral do volume mobilizado pelos compartimentos toracoabdominais. A amplitude reflete o alcance máximo de mobilização do volume de cada compartimento durante o ciclo respiratório. A variável trabalha com a capacidade pulmonar total dos indivíduos e é comumente reduzida em tabagistas devido à obstrução das vias aéreas e ao comprometimento estrutural dos pulmões (Adatia et al., 2021).

A relação com as demais variáveis: uma redução no volume de amplitude pode estar associada a uma menor variação de volume nos compartimentos, maior assincronia e alterações no percentual de contribuição de cada compartimento (Massaroni et al., 2017; Pereira et al., 2017). Em indivíduos fisicamente ativos, espera-se que o volume de amplitude seja maior, o que reflete uma maior eficiência ventilatória. A equação utilizada para calcular a variável é a seguinte:

$$\Delta V_{\text{compartimento}} = V_{\text{max}} - V_{\text{min}}$$

#### 4.4.6. Coeficiente de correlação entre os compartimentos

Para avaliar a coordenação entre os compartimentos toracoabdominais, foi utilizado o coeficiente de correlação. Este coeficiente é uma medida estatística que varia de -1 a 1, sendo que valores próximos de 1 indicam uma forte correlação positiva (os compartimentos se movem de forma sincronizada), valores próximos de -1 indicam uma forte correlação

negativa (assincronia), e valores próximos de 0 indicam ausência de correlação (Massaroni et al., 2017; Aliverti et al., 2022).

O coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) foi utilizado para avaliar a coordenação entre os compartimentos toracoabdominais durante os ciclos respiratórios. Ele mede o grau de relacionamento linear entre duas variáveis, neste caso, os volumes dos diferentes compartimentos, a partir da fórmula:

$$r = \left\{ \frac{\sum_{\{i=1\}}^n (X_i - \underline{X})(Y_i - \underline{Y})}{\sqrt{\left\{ \sum_{\{i=1\}}^{\{n\}} (X_i - \underline{X})^2 \cdot \sum_{\{i=1\}}^{\{n\}} (Y_i - \underline{Y})^2 \right\}}} \right\}$$

onde,  $X_i$  e  $Y_i$  representam os volumes instantâneos dos compartimentos em cada momento do ciclo respiratório;  $\underline{X}$  e  $\underline{Y}$  são as médias dos volumes dos dois compartimentos ao longo de todo o ciclo respiratório.

## 4.5 Análise estatística

### 4.5.1 Amostra

A análise estatística dos grupos foi realizada com o objetivo de descrever e comparar as características demográficas e antropométricas, como idade, altura e peso, entre os diferentes grupos de participantes: FA, FNA, NFA e NFNA.

Para avaliar a normalidade dos dados, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk. Como os dados não seguiram uma distribuição normal, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis, um método não paramétrico adequado para comparações entre mais de dois grupos independentes. Este teste foi aplicado às variáveis idade, altura e peso para verificar possíveis diferenças significativas entre os grupos.

Nos casos em que o teste de Kruskal-Wallis identificou diferenças significativas, foi realizado o teste de Mann-Whitney como pós-teste, com o objetivo de determinar quais pares de grupos apresentavam diferenças específicas. Todas as análises estatísticas consideraram um nível de significância de 1% ( $p < 0,01$ ), conforme definido na metodologia do estudo.

#### 4.5.2. Espirometria

A análise estatística dos dados de espirometria foi realizada para comparar os valores das variáveis obtidas nos testes espirométricos entre os quatro grupos. As variáveis analisadas incluíram os volumes e capacidades pulmonares, como o Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo ( $VEF_1$ ) e a Capacidade Vital Forçada (CVF).

Inicialmente, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados. Como as variáveis não apresentaram distribuição normal, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis para comparar os valores entre os grupos. Para diferenças significativas que foram observadas, o teste de Mann-Whitney foi empregado para realizar comparações pareadas entre os grupos, identificando diferenças específicas.

O nível de significância adotado para todas as análises foi de 1% ( $p < 0,01$ ). Os resultados dessas análises foram expressos em valores de média ( $\pm$  desvio padrão) e apresentados através na Tabela 2, que detalha as características dos grupos.

#### 4.5.3. Dados da cinemática

A escolha pelo ANOVA 2-way se justifica pela necessidade de analisar tanto as variações intra-individuais (diferenças entre compartimentos em um mesmo indivíduo) quanto as diferenças intergrupais (diferentes perfis de sujeitos em relação aos fatores de tabagismo e atividade física) escolha apropriada, como mostra PAESE; TEN CATEN; RIBEIRO, (2001). O método é adequado para identificar possíveis interações entre os fatores, como a influência do grupo no comportamento dos compartimentos respiratórios, oferecendo uma visão mais completa das variáveis em análise.

Para analisar as variáveis relacionadas, a coordenação entre os compartimentos toracoabdominais, a participação percentual de cada compartimento, o tempo de duração do ciclo respiratório de cada compartimento, a variabilidade de cada compartimento e o volume de amplitude dos diferentes grupos, foi utilizado o teste ANOVA 2-way que é uma análise de variância de dois fatores. Tal método foi escolhido por permitir a comparação entre múltiplos grupos, seja em fatores intra-sujeitos ou quanto entre-sujeitos.

Para esse estudo, o ANOVA 2-way foi utilizado com um fator intra-sujeito de três níveis, referente aos compartimentos analisados (tórax superior, tórax inferior e abdômen).

A escolha do fator intra-sujeito de três níveis possibilita a comparação dos resultados obtidos para cada um dos compartimentos dentro dos mesmos indivíduos, permitindo avaliar as diferenças na participação e coordenação dos compartimentos durante a respiração em função das condições fisiológicas observadas.

O ANOVA adicionou um fator entre-sujeitos de quatro níveis, representando os diferentes grupos experimentais. Essa abordagem permite a comparação entre os grupos, evidenciando como diferentes condições (tabagismo e nível de atividade física) podem influenciar os padrões respiratórios e a coordenação entre os compartimentos.

O "*pValueGG*" refere-se ao valor de p ajustado pela correção de Greenhouse-Geisser, que é usado quando a esfericidade não é atendida na ANOVA de medidas repetidas.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Grupos

Na Tabela 1 estão os dados de idade, altura e peso dos participantes, sendo mostradas suas médias e desvios padrão distribuídos nos quatro grupos do experimento. A análise inicial, feita a partir do teste de Kruskal-Wallis, mostra que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, para nenhuma das variáveis, onde  $p > 0,01$ .

**Tabela 1.** Média ( $\pm$  desvio padrão) dos valores de idade, altura e peso, para os quatro grupos do experimento: FA, FNA, NFA, NFNA.

Os resultados indicam que as características demográficas e antropométricas dos grupos do estudo não apresentaram nenhum tipo de variações significativas, o que reforça a ideia de homogeneidade das amostras em relação a essas variáveis.

### 5.2. Espirometria

A tabela abaixo apresenta as médias dos valores espirométricos, incluindo VEF1 e FVC, para os diferentes grupos analisados. Esses valores refletem os resultados obtidos na espirometria, destacando as características respiratórias dos participantes em relação aos fatores investigados, como tabagismo e prática de atividade física.

**Tabela 2.** Média ( $\pm$  desvio padrão) dos valores de VEF<sub>1</sub> e CVF obtidos através de espirometria dividido pelos grupos

Grupos	VEF <sub>1</sub> (L/s)	CVF (L/s)
FA	4,17 $\pm$ 0,05	4,63 $\pm$ 0,06
FNA	4,34 $\pm$ 0,27	4,81 $\pm$ 0,24
NFA	4,25 $\pm$ 0,10	4,62 $\pm$ 0,11
NFNA	3,83 $\pm$ 0,05	4,24 $\pm$ 0,08

*Fonte: Elaborado pelo autor*

Os valores de espirometria, representados por VEF1 e FVC, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos analisados ( $p > 0,01$ ). Ressalta-se que a análise foi realizada com base nos valores absolutos, sem o uso do percentual do valor predito, o que pode limitar a comparação direta entre indivíduos ou grupos com características heterogêneas. Ainda assim, os resultados obtidos não indicaram alterações

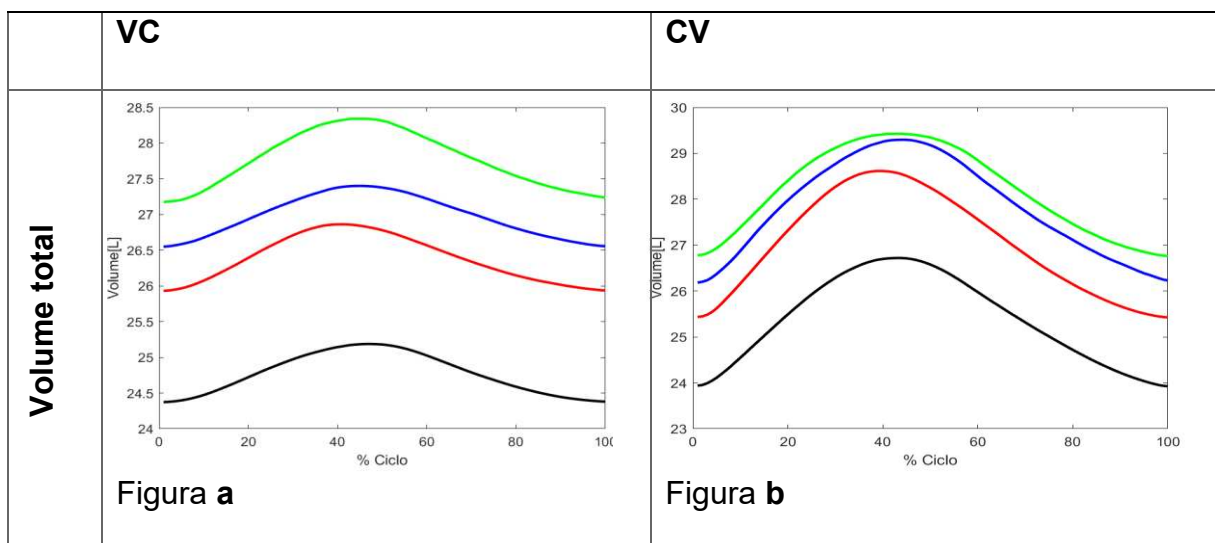
relevantes relacionadas ao tabagismo ou à prática de atividade física nos parâmetros avaliados. Esses resultados sugerem que, na amostra estudada, as variáveis espirométricas permanecem dentro de padrões semelhantes, independentemente dos fatores experimentais.

## 5.2 Análise cinemática tridimensional toracoabdominal

### 5.2.1 Descrição dos volumes toracoabdominais

A Figura 1, apresenta os valores das curvas médias dos grupos do volume total (TOT) ao longo do ciclo respiratório nas manobras VC e CV. Em ambas as Figuras, os volumes aumentam até o pico, aproximadamente em 50% do ciclo respiratório, e decrescem de forma semelhante entre os grupos. Na manobra VC (Figura 1.a), o grupo NFNA apresentou o maior volume médio total dos compartimentos, acompanhado por uma curva mais fechada, indicando um ciclo respiratório mais profundo. O grupo FA apresentou um pico de volume mais antecipado, próximo aos 40% do ciclo, enquanto os demais grupos (FNA e NFA) mantiveram picos mais tardios. As linhas dos grupos FA, FNA e NFA mostraram maior similaridade entre si, com curvas de menor amplitude, refletindo ciclos respiratórios menos profundos. Todas as figuras representam as curvas médias de cada grupo. Em cada uma delas os grupos FA é representado pela cor vermelha, FNA azul, NFA preto e NFNA na cor verde. O TS destacou-se como o compartimento com maior volume médio em ambas as manobras, com padrões consistentes entre os grupos.

**Figura 1. Variação do volume** do volume total sendo, vermelho grupo FA; o azul, FNA; o traço Preto, NFA e o traço Verde, NFNA. , sendo **a.** VC e **b.** CV

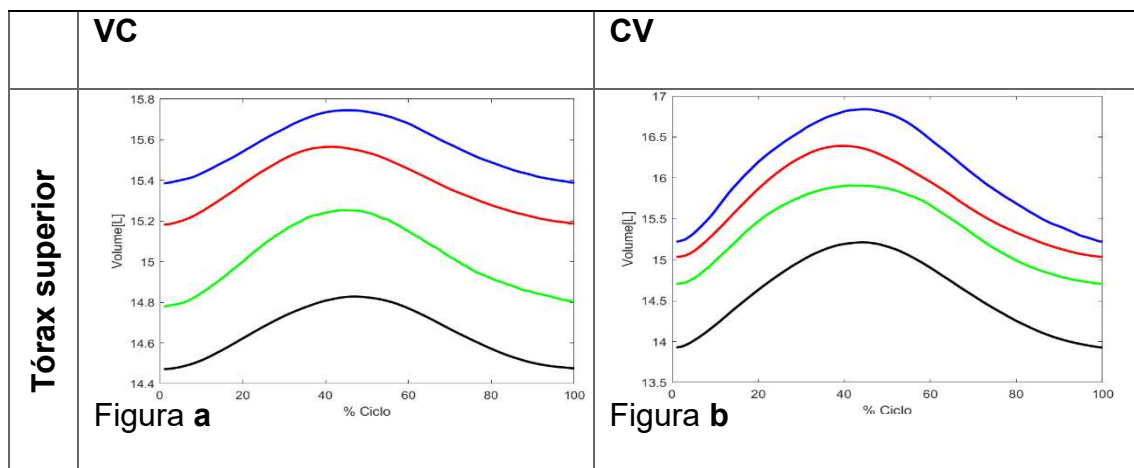


*Fonte: Elaborado pelo autor*

Na manobra CV (Figura 1.b), observam-se curvas com maior amplitude, indicando ciclos respiratórios mais profundos em relação à manobra VC. O grupo NFNA apresentou curva com a menor amplitude entre os grupos, refletindo um ciclo menos acentuado. O grupo FA destacou-se pelo pico de volume mais antecipado, ocorrendo próximo aos 40% do ciclo, enquanto os outros grupos, como o NFA, apresentaram picos mais tardios, com o do NFA próximo aos 50% do ciclo. Além disso, a linha do grupo FA exibiu uma fase ascendente mais íngreme, o que pode indicar uma inspiração mais acelerada.

A Figura 2 mostra os volumes do tórax superior (TS) durante os ciclos respiratórios das manobras de capacidade vital (CV) e volume corrente (VC); a Figura 3 mostra os volumes do TI; a Figura 4, mostra os volumes de AB;

**Figura 2. Variação do volume** dos compartimentos TS sendo, vermelho grupo FA; o azul, FNA; o traço Preto, NFA e o traço Verde, NFNA, sendo a. VC e b. CV



*Fonte: Elaborado pelo autor*

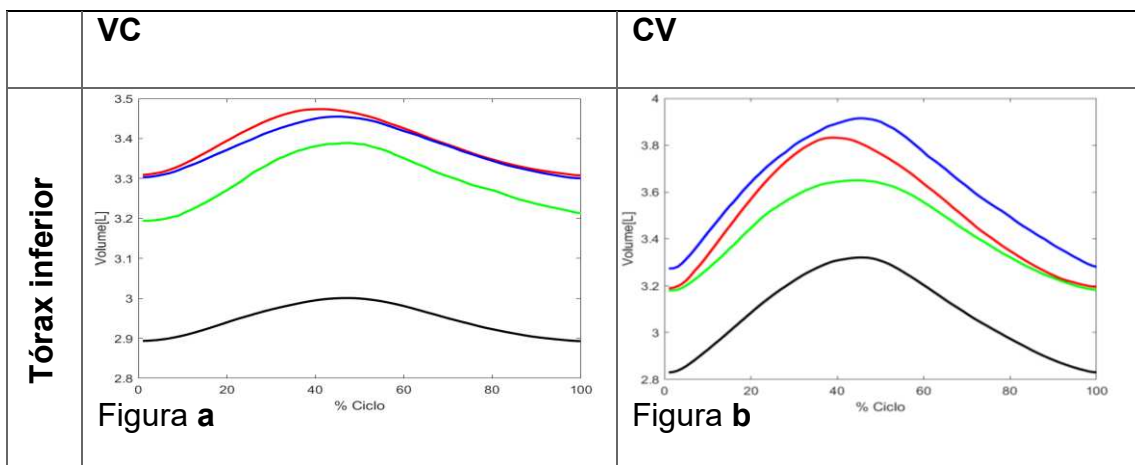
Na manobra VC (Figura 2.a), os resultados mostram que todos os grupos apresentaram um padrão consistente de curva de volume, com o pico ocorrendo em torno de 50% do ciclo respiratório. No entanto, algumas variações foram observadas entre os grupos. O grupo FA apresentou um pico ligeiramente mais precoce em comparação aos demais, enquanto o grupo NFNA exibiu uma curva mais fechada, o que pode sugerir diferenças sutis na dinâmica dos compartimentos toracoabdominais ao longo do ciclo respiratório.

Já para a manobra CV (Figura 2.b), os picos de volume apresentaram maior acentuação em todos os grupos, com o pico do grupo FA ocorrendo de forma antecipada, próximo a 40% do ciclo, enquanto os demais grupos atingiram o pico entre 40% e 50%.

Além disso, observou-se que todos os grupos mantiveram uma fase expiratória mais longa em relação à inspiratória.

A Figura 3 apresenta os volumes do abdômen (AB) durante os ciclos respiratórios das manobras de CV e VC. Na manobra VC (Figura 3.a), observou-se que o grupo NFA apresentou curvas de menor amplitude relativa, quando comparado aos demais grupos, enquanto o grupo FA e FNA mostraram comportamento similar, com o grupo FA antecipando ligeiramente o pico de volume. Esse padrão mostra diferenças sutis com relação à dinâmica respiratória, mais do que no volume absoluto mobilizado. Além disso, o grupo FA apresentou o pico de volume ocorrendo primeiro, destacando-se ligeiramente sobre o FNA próximo ao pico e durante ele. A curva de volume mostrou-se mais aberta nesta manobra, o que pode indicar uma dinâmica respiratória mais uniforme.

**Figura 3. Variação do volume** do compartimento TI sendo, vermelho grupo FA; o azul, FNA; o traço Preto, NFA e o traço Verde, NFNA, sendo **a.** VC e **b.** CV



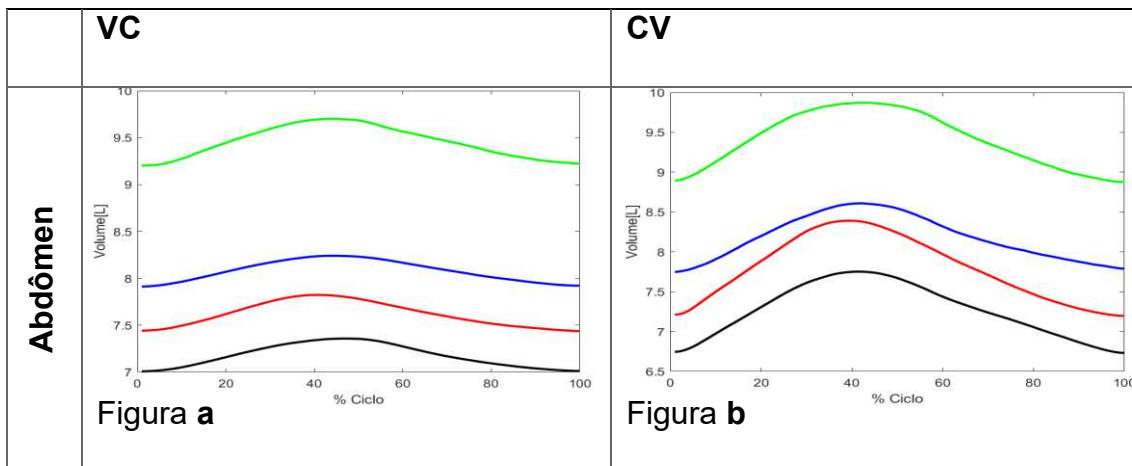
**Fonte:** Elaborado pelo autor

Na manobra CV (Figura 3.b), as curvas de volume apresentaram-se com maior amplitude em comparação à VC, como é esperado pela intensidade do ciclo, com os picos ocorrendo em torno de 50% do ciclo respiratório. O grupo FNA apresentou o maior volume médio, destacando-se em relação ao FA, que inverteu a posição observada na manobra VC. O pico do grupo FA ocorreu mais cedo, próximo aos 40% do ciclo, enquanto os demais grupos mantiveram seus picos mais próximos aos 50%.

A Figura 4 apresenta os volumes do abdômen (AB) durante os ciclos respiratórios das manobras de CV e VC. Na manobra VC (Figura 4.a), o grupo NFNA apresentou o maior volume médio no compartimento AB, mantendo o padrão observado na manobra anterior.

A curva do NFNA mostrou-se ligeiramente mais fechada, refletindo uma menor duração do ciclo respiratório. Todos os grupos apresentaram picos de volume próximo aos 40% do ciclo, com exceção do FA, que apresentou um pico mais antecipado, próximo aos 35%. Além disso, a linha do FA demonstrou a curva mais fechada, indicando um ciclo respiratório mais rápido em relação aos demais grupos.

**Figura 4. Variação do volume** do compartimento AB sendo, vermelho grupo FA; o azul, FNA; o traço Preto, NFA e o traço Verde, NFNA , sendo **a. VC** e **b. CV**

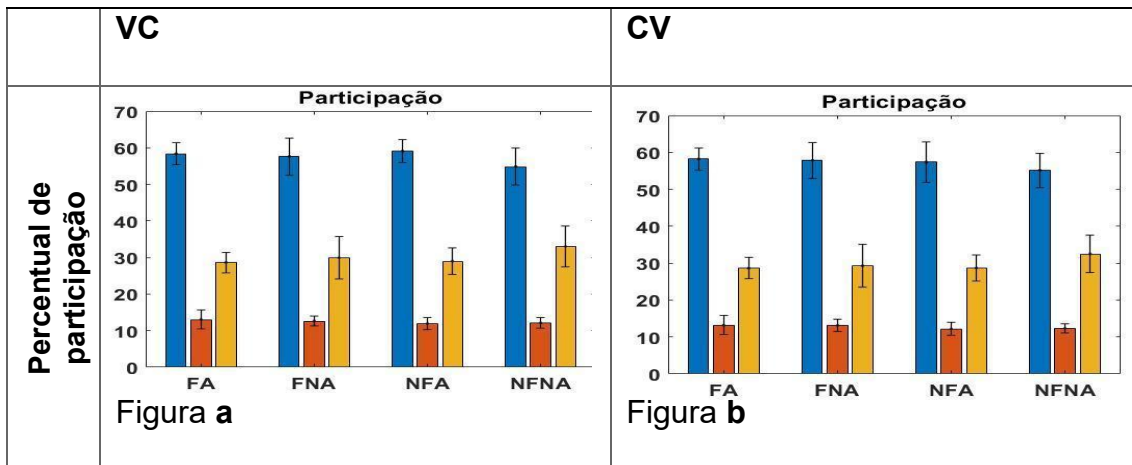


*Fonte: Elaborado pelo autor*

As curvas de volume apresentaram-se com menor amplitude, indicando um ciclo respiratório mais raso em geral. O grupo FA mostra novamente um pico mais próximo dos 40% de ciclo enquanto os demais grupos mantiveram picos em fases posteriores.

A figura 5 apresenta os percentuais de participação dos compartimentos toracoabdominais no volume total mobilizado durante as manobras de VC e CV. Na VC (Figura 5.a), o TS apresentou um Percentual de Participação significativamente maior que AB e ambos foram significativamente maiores que TI ( $p = 0,7 \times 10^{-3,8}$ ). No TS os valores médios foram superiores a 50%, enquanto o AB os valores foram aproximadamente 30%, e o TI 10%. Como visto na Figura 9 este comportamento foi identificado em todos os grupos. A análise estatística não mostrou diferença significativa para o fator grupo ( $p=0,43$ ) e para a interação ( $p=0,25$ ).

**Figura 5.** Gráficos da variável do Percentual de Participação de cada compartimento. As barras estão divididas dentro dos grupos; onde a cor Azul representa o TS, a cor laranja o TI e a cor amarela o AB, sendo **a. VC** e **b. CV**

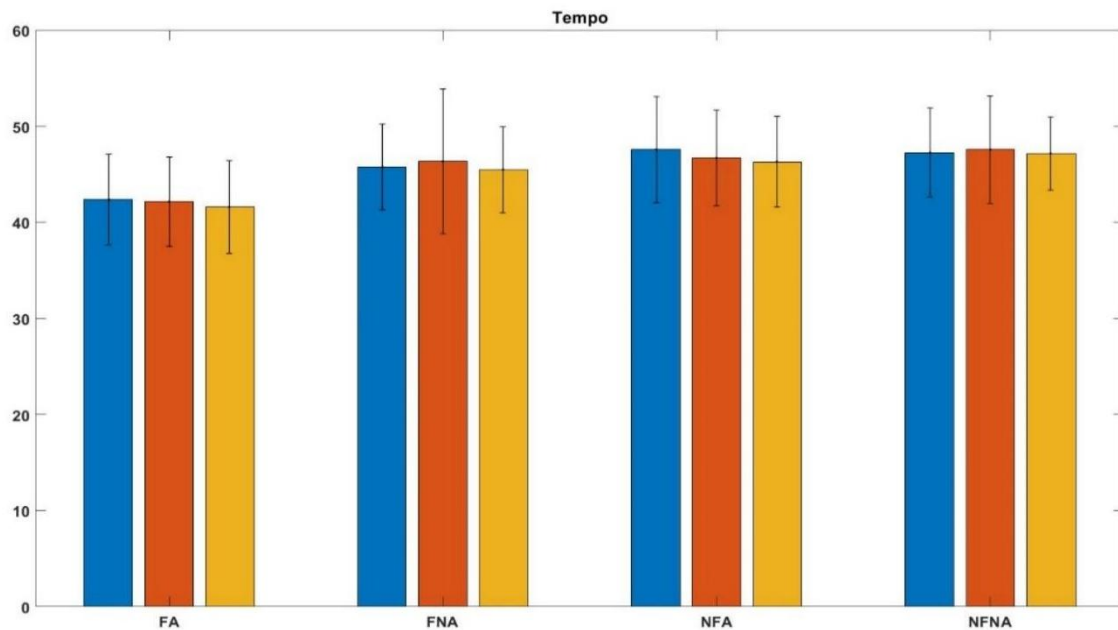


*Fonte: Elaborado pelo autor*

O padrão foi semelhante na manobra de CV (Figura 5.b), com o TS predominando entre todos os compartimentos. A análise estatística revelou uma diferença significativa entre os compartimentos ( $p=0,7^{42}$ ), com uma maior utilização do TS. No entanto, as diferenças entre os grupos não foram estatisticamente significativas ( $p = 0,33$ ) e nem para a interação entre os compartimentos ( $p=0,48$ ). Embora a predominância do TS tenha sido identificada no presente estudo, os resultados devem ser interpretados de forma a considerar as características das amostras do estudo, que é composta por indivíduos jovens e com menor taxa tabágica. Os voluntários da amostra do presente estudo, podem apresentar essa característica devido a fatores diversos como por exemplo um controle motor específico do TS, hábitos posturais cotidianos (Clifton-Smith et al., 2011); ou ainda, como apontam Bradley et al., (2014), que desequilíbrios musculares e estratégias compensatórias, podem acabar levando a padrões de respiração superiores.

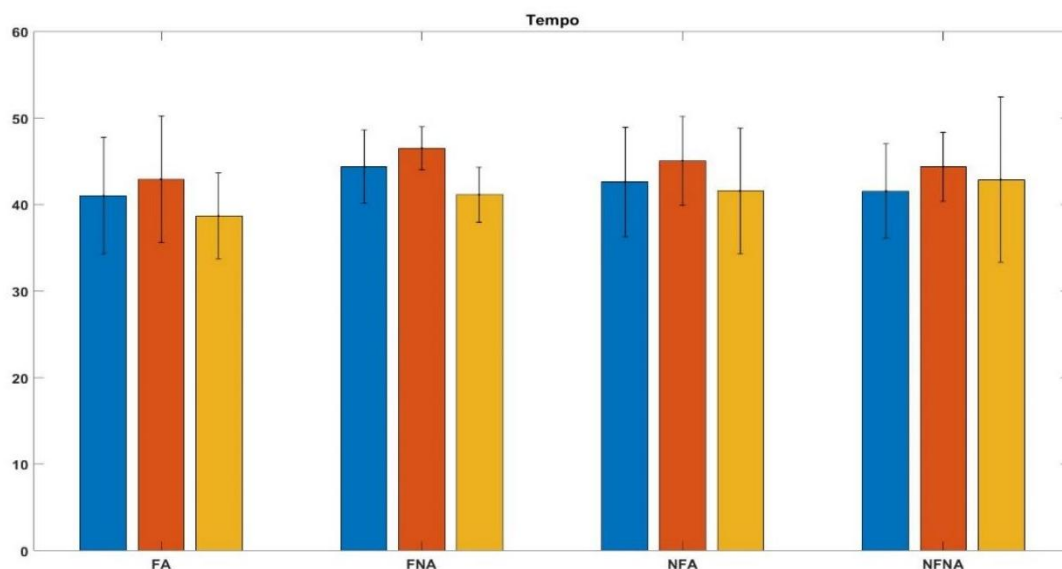
As Figuras 6 e 7 são correspondentes às manobras de VC e CV, respectivamente, e apresentam os valores médios do tempo de ciclo respiratório nos compartimentos toracoabdominais para os grupos. Na Figura 6 (manobra VC), os tempos médios de ciclo também se mantiveram consistentes entre os grupos e compartimentos. Observou-se uma leve redução no tempo do grupo FA e um tempo ligeiramente maior no TI dos grupos não fumantes. No entanto, essas diferenças não foram significativas para o fator grupo ( $p = 0,06$ ), para o fator compartimento ( $p = 0,45$ ) e para a interação entre grupo e compartimento ( $p = 0,94$ ).

**Figura 6.** Gráfico para variável tempo sobre cada compartimento, dentro dos grupos, da manobra VC. As barras estão divididas dentro dos grupos; onde a cor Azul representa o TS, a cor laranja o TI e a cor amarela o AB.



*Fonte: Elaborado pelo autor*

**Figura 7.** Gráfico para variável tempo sobre cada compartimento, dentro dos grupos, da manobra CV. As barras estão divididas dentro dos grupos; onde a cor Azul representa o TS, a cor laranja o TI e a cor amarela o AB.



*Fonte: Elaborado pelo autor*

Na Figura 7 (manobra CV), os tempos de ciclo respiratório também foram consistentes entre os grupos, sem diferenças estatisticamente significativas para o fator grupo ( $p = 0,60$ ) e para a interação ( $p = 0,25$ ), porém com uma diferença estatística

encontrada no fator compartimento ( $p=0,10^{-6}$ ), sendo o TI o compartimento que apresentou maiores valores médios de tempo. Ainda, nota-se uma leve tendência de maior utilização do AB no grupo NFNA.

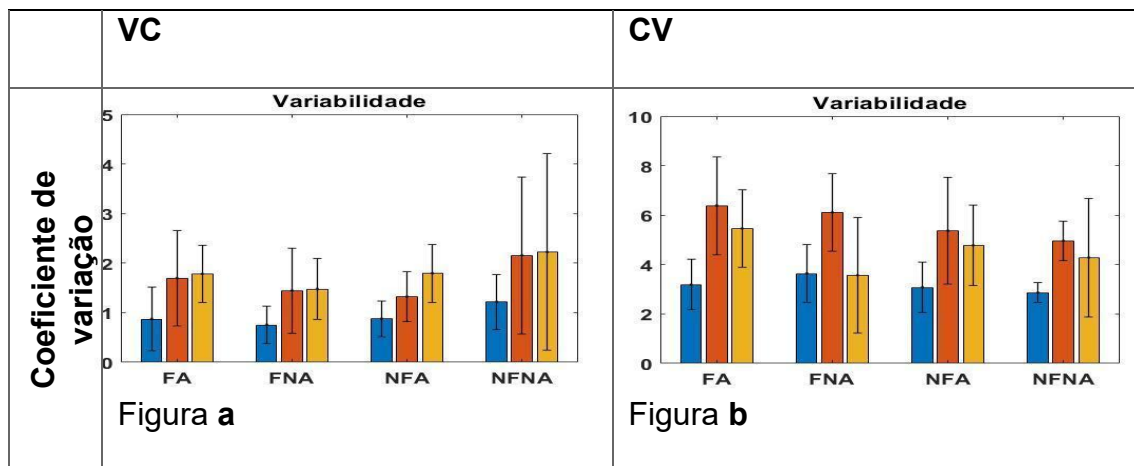
Esse resultado pode indicar que, durante uma respiração forçada, o TI pode desempenhar uma função importante no padrão respiratório, o que pode estar associado à necessidade de uma maior expansão da região do diafragma.

Essa predominância do TI no tempo de ciclo respiratório pode refletir a dinâmica natural do controle ventilatório em respirações mais profundas, em que há maior envolvimento do diafragma e dos músculos intercostais inferiores para sustentar a inspiração prolongada e a acomodação de volumes maiores de ar (Boundless, 2024). Esse padrão é consistente com a fisiologia respiratória de indivíduos saudáveis, em que a respiração profunda demanda uma maior ativação dos compartimentos inferiores (Pascotini et al., 2016). E Rodrigues (2019) observou tempos de ciclo mais curtos em idosos devido à menor elasticidade pulmonar, o que destaca a importância da preservação da elasticidade torácica na regulação do tempo de ciclo respiratório em populações jovens. Em amostras jovens e saudáveis, como as deste estudo, tais variações tendem a ser menos expressivas. Yang et al. (2022) apontam que fumantes crônicos frequentemente apresentam aumento no tempo expiratório devido à menor elasticidade pulmonar e maior resistência das vias aéreas, enquanto Massaroni et al. (2017) destacam que a prática de atividade física pode melhorar o controle respiratório. No presente estudo, esses efeitos não foram evidentes, possivelmente devido ao perfil dos participantes, com baixa exposição ao tabagismo e sem alterações pulmonares graves.

A Figura 8 apresenta os valores médios de variabilidade dos compartimentos toracoabdominais durante as manobras de VC e CV. Na VC (Figura 8.a) Os resultados indicaram que o TS apresentou os menores valores de variação de volume em todos os grupos e manobras, o que pode indicar a função de garantir maior estabilidade durante a respiração. A análise estatística não mostrou diferença significativa para o fator grupo ( $p = 0,32$ ) e para a interação entre grupo e compartimento ( $p = 0,73$ ). Entretanto, mostrou uma diferença estatística significativa para o fator compartimento ( $p = 0,15^{10^{-8}}$ ). Esse comportamento pode estar associado à estabilização natural do TS durante a respiração profunda, especialmente na manobra de CV, onde há uma maior demanda de controle e

coordenação respiratória para sustentar a inspiração profunda e a expiração prolongada (Bradley et al., 2014). Além disso, essa menor variação no TS pode estar relacionada ao recrutamento dos músculos intercostais inferiores e do diafragma, que desempenham papéis importantes em respirações mais profundas e na mobilização dos compartimentos inferiores (TI e AB). Esse padrão de controle ventilatório pode ser uma característica da amostra jovem e sem comprometimentos respiratórios significativos, como foi observado em estudos com populações saudáveis (Massaroni et al., 2017; Yang et al., 2022).

**Figura 8.** Gráficos do Coeficiente de variação dos volumes dos compartimentos. As barras estão divididas dentro dos grupos; onde a cor Azul representa o TS, a cor laranja o TI e a cor amarela o AB, sendo **a.** VC e **b.** CV.



*Fonte: Elaborado pelo autor*

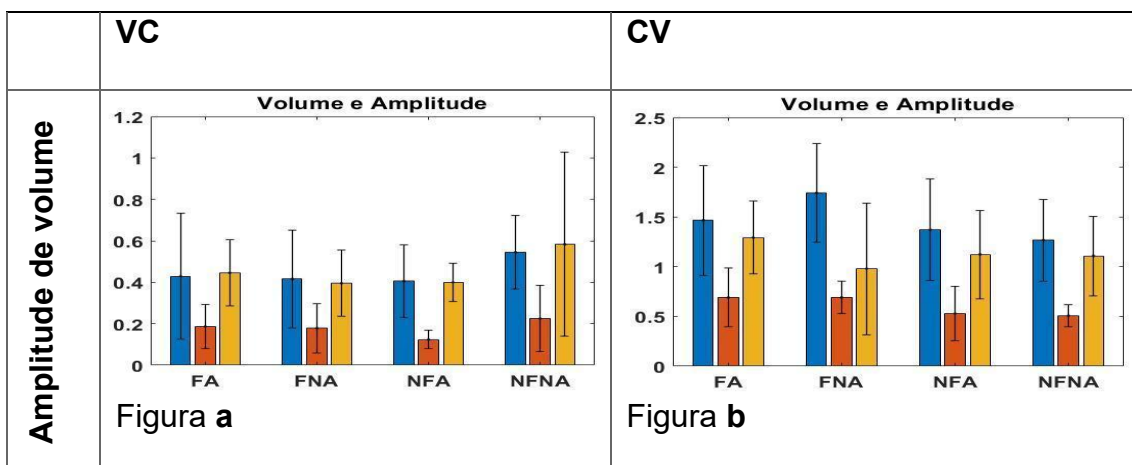
Na CV (Figura 8.b), o TI destacou-se com maior variação de volume em comparação aos outros compartimentos, enquanto o AB registrou os maiores valores médios, o que pode demonstrar uma leve tendência a maior variação nos compartimentos TI e AB. A análise estatística indicou uma diferença significativa para o fator compartimento ( $p=0,24^{-90}$ ), mas não para o fator grupo ( $p = 0,46$ ) nem para a interação entre compartimentos e grupos ( $p = 0,07$ ). Esse resultado está alinhado com os resultados de Rodrigues et al. (2019), que observaram maior mobilidade abdominal em idosos ativos durante manobras de CV, o que pode sugerir que o AB poderia compensar a menor mobilidade dos compartimentos superiores.

A maior variação do TI pode ser explicada pela necessidade de expansão torácica inferior e ativação diafragmática durante a inspiração profunda, o que proporciona um padrão eficiente para mobilizar volumes maiores de ar (Adatia et al. 2021). Além disso, o

envolvimento do AB no grupo NFNA pode refletir padrões de controle respiratório associados a indivíduos não condicionados, onde há maior dependência do compartimento abdominal para sustentar a ventilação profunda (Bradley et al., 2014). Essas tendências sugerem que a mobilização de volumes durante a CV não depende exclusivamente do condicionamento físico ou do tabagismo, mas também de estratégias individuais de controle respiratório e ativação muscular. Já a predominância do AB, especialmente no grupo NFNA, pode sugerir uma maior mobilidade abdominal, como apontado por Bédard et al. (2020). Em fumantes, a literatura destaca menor variação volumétrica devido à rigidez torácica (Adatia et al., 2021), mas essas alterações foram pouco expressivas em nossa amostra, possivelmente devido à idade jovem e à baixa carga tabágica dos participantes.

Figura 9 apresenta os valores médios de volume e amplitude dos compartimentos toracoabdominais, em litros, durante as manobras VC e CV. Na VC (Figura 9.a), o TS e o AB apresentaram amplitudes equilibradas, enquanto o TI registrou os menores valores, devido, principalmente, à diferenças anatômicas dos compartimentos. O grupo NFNA demonstrou leve predominância no AB. A análise estatística não mostrou diferenças significativas para o fator grupo ( $p = 0,30$ ) e para a interação entre grupo e compartimento ( $p = 0,87$ ), porém, mostrou diferença estatisticamente significativa para o fator compartimento ( $p = 0,36 \times 10^{-10}$ ).

**Figura 9.** Gráficos da variável da Amplitude de volume de cada compartimento. As barras estão divididas dentro dos grupos; onde a cor Azul representa o TS, a cor laranja o TI e a cor amarela o AB, sendo **a.** VC e **b.** CV.



*Fonte: Elaborado pelo autor*

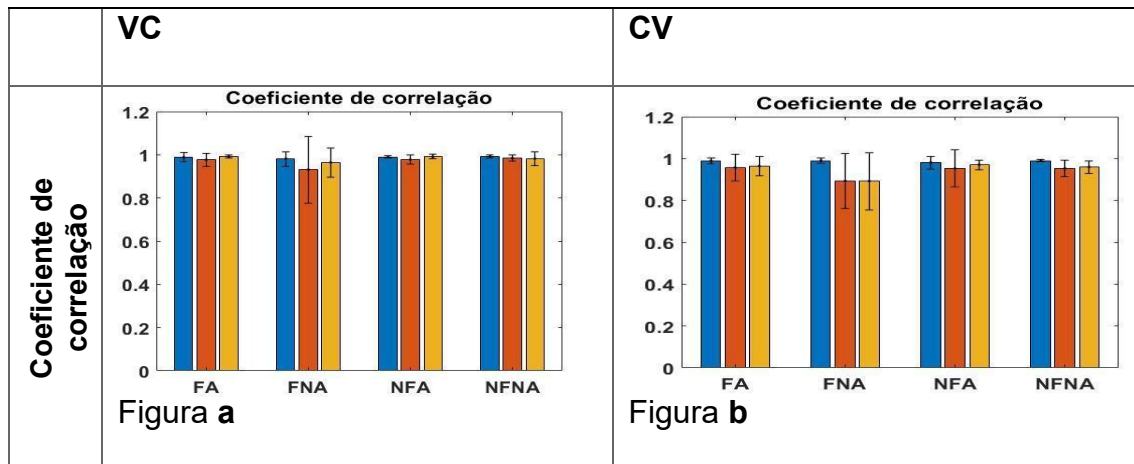
Na CV (Figura 9.b), o TS exibiu os maiores valores médios em todos os grupos, com destaque para o FNA. Pode-se notar uma leve diferença entre a utilização do AB em FA, que é um pouco maior, em comparação ao FNA. A análise estatística indicou uma diferença significativa apenas para o fator compartimento ( $p = 0,34 \times 10^{-10}$ ), enquanto o fator grupo ( $p = 0,45$ ) e a interação entre grupo e compartimento ( $p = 0,25$ ) não apresentaram significância estatística

Embora os resultados não apresentem significância estatística, identifica-se uma tendência que corrobora parcialmente com a literatura. Na CV, o TS apresentou valores mais altos nos grupos fumantes, principalmente no FNA. Essa observação não corrobora com estudos que associam o tabagismo à rigidez torácica e menor mobilidade do TS devido ao aumento da resistência das vias aéreas e à utilização compensatória do diafragma (Yang et al., 2022; Adatia et al., 2021). Mas é resultado semelhante ao de Silvatti (2009) com nadadores, que mostra a predominância do TS durante a CV, o que pode estar ligado à necessidade de maior controle e estabilidade torácica durante inspirações profundas. Apesar das diferenças nas amostras – nadadores com alta demanda ventilatória e, nesse estudo, amostra composta por fumantes e sedentários – o ponto de conexão pode estar na necessidade de estabilização do TS para sustentar a respiração profunda e coordenada. Por outro lado, a leve predominância do AB no grupo FA pode refletir um padrão compensatório, em que o abdômen auxilia na mecânica ventilatória devido a possíveis limitações funcionais do tórax superior, como sugerido por Dransfield et al. (2017) e Garcia-Aymerich et al. (2012). Essa compensação abdominal também pode ser observada em populações com menor eficiência torácica, como demonstrado por Rodrigues (2019) em idosas, que apresentaram menor amplitude toracoabdominal devido à redução da flexibilidade torácica.

A Figura 10 apresenta os valores médios do coeficiente de correlação entre os compartimentos toracoabdominais durante as manobras VC e CV. Os coeficientes de correlação entre os compartimentos toracoabdominais (TS-TI, TS-AB e TI-AB) indicaram alta sincronização em ambas as manobras. Na VC (Figura 10.a), o par TS-TI apresentou os maiores valores médios, seguido por TS-AB e TI-AB, com pequenas variações entre os grupos. A análise estatística não revelou diferenças significativas para o fator grupo ( $p = 0,41$ ) e para a interação entre grupo e compartimento ( $p = 0,53$ ), porém encontrou

diferenças significativas para o fator compartimento ( $p = 0,32 \times 10^{-9}$ ) onde o TS foi predominante.

**Figura 10.** Gráficos do Coeficiente de Correlação entre os compartimentos. As barras estão divididas dentro dos grupos; onde a cor Azul representa o TSxTI, a cor laranja o TSxAB e a cor amarela o TlxAB



*Fonte: Elaborado pelo autor*

Na CV (Figura 10.b), os resultados seguiram o mesmo padrão, com coeficientes médios variando entre 0,94 e 0,98. A análise estatística revelou diferença significativa para o fator compartimento ( $p = 0,34 \times 10^{-10}$ ), enquanto o fator grupo ( $p = 0,40$ ) e a interação ( $p = 0,14$ ) não apresentaram significância estatística.

Esses resultados indicam uma tendência de alta coordenação entre os compartimentos toracoabdominais, o que é consistente com estudos anteriores em populações saudáveis (Massaroni et al., 2017). A alta sincronização observada pode estar relacionada à integridade funcional do sistema respiratório dos participantes jovens e com função ventilatória preservada, independentemente do tabagismo ou nível de atividade física.

Estudos como o de Silvatti (2009) observaram alta coordenação em nadadores durante a manobra de CV, sugerindo que atividades que envolvem controle respiratório e fortalecimento dos músculos torácicos podem favorecer a manutenção da coordenação entre os compartimentos. Embora a amostra do presente estudo não inclua atletas, a ausência de assincronias pode ser atribuída à boa mobilidade torácica dos participantes e ao controle motor adequado durante as manobras.

Por outro lado, em fumantes com alta carga tabágica, a literatura aponta que a rigidez torácica e a menor elasticidade pulmonar podem levar a assincronias respiratórias e à redução do coeficiente de correlação, especialmente em situações de alta demanda ventilatória (Yang et al., 2022; Adatia et al., 2021). A ausência desses efeitos em nossa amostra pode ser explicada pela baixa carga tabágica e pela faixa etária dos participantes, que não apresentam comprometimentos pulmonares significativos.

## 6. ESTUDOS FUTUROS

Os resultados deste estudo destacam a necessidade de futuras investigações para superar limitações metodológicas e explorar novos cenários. Estudos futuros devem incluir populações com maior carga tabágica, como indivíduos com histórico de tabagismo prolongado, para avaliar alterações respiratórias mais pronunciadas.

Além disso, recomenda-se a inclusão de protocolos com exercícios físicos de intensidade moderada a alta, analisando padrões respiratórios durante e após o esforço, em momentos de hiperventilação, para identificar alterações que não são evidentes em repouso.

Estudos longitudinais também seriam valiosos para monitorar a progressão das alterações respiratórias em função do tabagismo e da atividade física

## 7. CONCLUSÃO

Os resultados desta pesquisa demonstraram que, apesar de diferenças significativas observadas no fator compartimento, as variáveis analisadas não apresentaram diferenças estatisticamente relevantes relacionadas ao tabagismo ou à prática de atividade física. Assim, não foi possível identificar padrões respiratórios característicos dos tabagistas, nem evidências claras de que a prática de atividade física atenuasse os potenciais impactos do tabagismo sobre a mecânica ventilatória. Esses achados podem estar relacionados à composição da amostra, formada por indivíduos jovens, com baixa carga tabágica e aparentemente saudáveis, o que limita a detecção de efeitos mais pronunciados.

Embora a hipótese inicial não tenha sido confirmada, os resultados reforçam a importância de ampliar investigações futuras, incluindo amostras mais diversificadas, como tabagistas com maior carga tabágica e indivíduos submetidos a condições de maior demanda ventilatória, como o exercício físico intenso. Isso contribuiria para uma melhor compreensão dos impactos do tabagismo e da atividade física sobre a mecânica ventilatória e permitiria o desenvolvimento de intervenções mais direcionadas.

## REFERÊNCIAS

- ADATIA, A. et al. *Effects of cigarette smoke exposure on pulmonary physiology, muscle strength, and exercise capacity in a retrospective cohort with 30,000 subjects*. PLoS ONE, v. 16, n. 6, p. e0250957, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250957> . Acesso em: 29 nov. 2024.
- ADDISSOUKY, E. et al. Early detection of respiratory changes in smokers. *Journal of Respiratory Studies*, 2024.
- Aliverti, A., Dellacà, R., Pelosi, P. et al. Compartmental Analysis of Breathing in the Supine and Prone Positions by Optoelectronic Plethysmography. *Annals of Biomedical Engineering* 29, 60–70 (2001). <https://doi.org/10.1114/1.1332084>
- ADDISSOUKY, Tamer A.; EL SAYED, Ibrahim E. T.; ALI, Majeed M. A.; WANG, Yuliang; EL BAZ, Ayman; ELARABANY, Naglaa; KHALIL, Ahmed A.. Oxidative stress and inflammation: elucidating mechanisms of smoking-attributable pathology for therapeutic targeting. *Bulletin of the National Research Centre*, v. 48, n. 16, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s42269-024-01174-6> . Acesso em: 07 out. 2024
- ALIVERTI, A. et al. Analysis of chest wall motion using plethysmography. *Journal of Applied Physiology*, 1997.
- ALIVERTI, A.; PEDOTTI, A. Opto-electronic Plethysmography. In: ALIVERTI, A.; PEDOTTI, A. (Eds.). *Mechanics of Breathing*. Milão: Springer, 2014. p. 47-70. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-88-470-5647-3\\_11](https://doi.org/10.1007/978-88-470-5647-3_11) . Acesso em: 29 nov. 2024.
- ALIVERTI, A.; LACCA, D.; LOMAURO, A. Quantitative analysis by 3D graphics of thoraco-abdominal surface shape and breathing motion. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, v. 10, p. 910499, 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbioe.2022.910499/full>. Acesso em: 29 nov. 2024..
- AMERICAN LUNG ASSOCIATION. How exercise improves lung function. Disponível em: <https://www.lung.org/lung-health-diseases/wellness/exercise-and-lung-health> . Acesso em: 29 nov. 2024.
- BÉDARD, A. et al. Physical activity and lung function—Cause or consequence? PLOS ONE, 2020. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0237769> . Acesso em: 25 ago. 2024.
- BRADLEY, H.; ESFORMES, J. Breathing pattern disorders and functional movement. *International Journal of Sports Physical Therapy*, v. 9, n. 1, p. 28-39, 2014. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3924606/> . Acesso em 26 de nov 2024.
- Boundless. (n.d.). *Breathing - The Mechanics of Human Breathing*. BioLibreTexts. Disponível em: <https://bio.libretexts.org/@go/page/14029> . Acesso em: 25 de nov 2024

CHO, E. R.; BRILL, I. K.; GRAM, I. T.; BROWN, P. E.; JHA, P. Smoking cessation and short- and longer-term mortality. *NEJM Evidence*, v. 3, 2024. DOI: 10.1056/EVIDoa2300272. Disponível em: <https://doi.org/10.1056/EVIDoa2300272> . Acesso em: 10 out. 2024.

CLIFTON-SMITH, T.; ROWLEY, J. *Breathing pattern disorders and physiotherapy: A guide for clinicians*. New Zealand: Physiotherapy New Zealand, 2011. Disponível em: [https://www.aipro.info/drive/File/Breathing\\_pattern\\_disorders\\_and\\_physiotherapy\\_inspiration\\_for\\_our\\_profession.%20T.%20CliftonSmith,%20J.%20Rowley.pdf](https://www.aipro.info/drive/File/Breathing_pattern_disorders_and_physiotherapy_inspiration_for_our_profession.%20T.%20CliftonSmith,%20J.%20Rowley.pdf) . Acesso em 25 de nov 2024.

ORNELIUS, Monica E. et al. Tobacco Product Use Among Adults — United States, 2020. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, v. 71, n. 11, p. 398–405, 18 mar. 2022. Disponível em: <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/71/wr/mm7111a1.htm> . Acesso em: 29 nov. 2024.

CULVER, B. H. Assessment of severity and prognosis in COPD: moving beyond percent of predicted. *European Respiratory Journal*, v. 52, n. 1801005, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1183/13993003.01005-2018> . Acesso em: 25 ago. 2024.

DEVEREUX, Graham. ABC of chronic obstructive pulmonary disease. *BMJ*, v. 332, p. 1142–1144, 13 maio 2006. Disponível em: <https://www.bmj.com/content/332/7549/1142> . Acesso em: 29 set. 2024..

DRANSFIELD, Mark T.; KUNISAKI, Ken M.; STRAND, Matthew J. et al. Acute Exacerbations and Lung Function Loss in Smokers With and Without Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 195, n. 3, pp. 324-330, 2017. Disponível em: <https://www.atsjournals.org/doi/10.1164/rccm.201605-1014OC> . Acesso em: 25 ago. 2024

FERNANDES, M.o. *Estudo do padrão respiratório, movimentação toracoabdominal e ventilação em pacientes portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica durante respiração diafragmática*. 2007. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5131/tde-11032008-100300/> . Acesso em: 28 nov. 2024.

FERRIGNO, G. et al. Biomechanics of respiratory mechanics: A tridimensional approach. *Journal of Biomechanics*, 1994.

FRANÇA, E. E. T. et al. Fisioterapia em pacientes críticos adultos: recomendações do Departamento de Fisioterapia da Associação de Medicina Intensiva Brasileira. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, v. 24, n. 1, p. 6-22, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbti/a/GxXyxWJ3HssKPryPkn9MLn> . Acesso em: 28 nov. 2024.

Garcia-Aymerich, J., et al. Regular physical activity modifies smoking-related lung function decline and reduces risk of chronic obstructive pulmonary disease: a population-based cohort study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 175, n. 5, p. 458-463, 2007. Disponível em: <https://www.atsjournals.org/doi/pdf/10.1164/rccm.200607-896OC> . Acesso em: 29 nov. 2024.

Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease. 2024 report. Disponível em:

[https://assets.ctfassets.net/d5m2z71gofiq/3IPfHkbimPF8miQf2otLPS/dc51c6a9c1dfe38e1c98bb9193128bf3/GOLD\\_2024.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://assets.ctfassets.net/d5m2z71gofiq/3IPfHkbimPF8miQf2otLPS/dc51c6a9c1dfe38e1c98bb9193128bf3/GOLD_2024.pdf?utm_source=chatgpt.com) . Acesso em: 16 de jan 2025.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. *Tratado de Fisiologia Médica*. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. Disponível em:

[https://www.academia.edu/9639842/Tratado\\_de\\_Fisiologia\\_M%C3%A9dica](https://www.academia.edu/9639842/Tratado_de_Fisiologia_M%C3%A9dica) . Acesso em: 20 out 2024.

HAMZEH, Behrooz et al. Pattern of cigarette smoking: intensity, cessation, and age of beginning: evidence from a cohort study in West of Iran. *Substance Abuse Treatment, Prevention, and Policy*, v. 15, n. 83, p. 1-9, 2020. Disponível em:

<https://doi.org/10.1186/s13011-020-00324-z> . Acesso em: 10 out. 2024..

HUVENNE, W., PÉREZ-NOVO, C. A., Derycke, L., De Ruyck, N., Krysko, O., Maes, T., ... & Bachert, C. Different regulation of cigarette smoke induced inflammation in upper versus lower airways. *Respiratory Research*, 11(1), 100. 2010. Disponível em: <https://respiratory-research.biomedcentral.com/articles/10.1186/1465-9921-11-100> . Acesso em: 28 nov. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). Conheça as mudanças da Lei Antifumo. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/publicacoes/folhetos/conheca-mudancas-da-lei-antifumo> . Acesso em: 25 ago. 2024.

KENYON, C. M.; CALA, S. J.; YAN, S.; ALIVERTI, A.; SCANO, G.; DURANTI, R.; PEDOTTI, A.; MACKLEM, P. T. Rib cage mechanics during quiet breathing and exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, v. 83, n. 4, p. 1242-1255, 1997. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jappl.1997.83.4.1242> . Acesso em: 08 out. 2024.

Kwon DS, Choi YJ, Kim TH, Byun MK, Cho JH, Kim HJ, Park HJ. FEF25-75% values in patients with normal lung function can predict the development of chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2020;15:2913-2921. doi:10.2147/COPD.S261732. Acesso em: 10 de jan de 2025. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33209020/>

LOUIS, Renaud; SATIA, Imran; OJANGUREN, Inigo; et al. European Respiratory Society guidelines for the diagnosis of asthma in adults. *European Respiratory Journal*, v. 60, n. 3, p. 2101585, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1183/13993003.01585-2021> . Acesso em: 25 ago. 2024..

LUZAK, Agnes; KARRASCH, Stefan; THORAND, Barbara; NOWAK, Dennis; HOLLE, Rolf; PETERS, Annette; SCHULZ, Holger. Association of physical activity with lung function in lung-healthy German adults: results from the KORA FF4 study. *BMC Pulmonary Medicine*, v. 17, n. 1, p. 215, 2017. Disponível em: <https://bmcpulmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12890-017-0562-8> . Acesso em: 25 ago. 2024.

MANNINO, D. M.; BUIST, A. Sonia. Global burden of COPD: risk factors, prevalence, and future trends. *The Lancet*, v. 370, n. 9589, p. 765-773, 2007. DOI: 10.1016/S0140-6736(07)61380-4 .Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17765526/> . Acesso em 15 nov. 2024

MARQUES, A. A. A. Efeitos do tabagismo na função cardiorrespiratória. Universidade Estadual da Paraíba, 2014. Disponível em: <https://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/4473/1/PDF%20-%20Ana%20Alice%20Albuquerque%20Marques.pdf> . Acesso em: 10 jan 2022

MASSARONI, Carlo; CARRARO, Elena; VIANELLO, Andrea; MICCINILLI, Sandra; MORRONE, Michelangelo; LEVAI, Irisz K.; SCHENA, Emiliano; SACCOMANDI, Paola; STERZI, Silvia; DICKINSON, John W.; WINTER, Samantha; SILVESTRI, Sergio. Optoeletrografia de Pletismografia na Prática Clínica e Pesquisa: Uma Revisão. *Respiração*, Basel, v. 93, n. 5, p. 339-354, 2017. DOI: 10.1159/000462916. Disponível em: <http://karger.com/res/article-pdf/93/5/339/3519970/000462916.pdf> . Acesso em: 07 out. 2024.

MASSARONI, C. et al. Comparison of marker models for the analysis of the volume variation and thoracoabdominal motion pattern in untrained and trained participants. *Journal of Biomechanics*, v. 76, p. 247-252, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29921520/> . Acesso em: 07 out. 2024.

Onor, I. et al. Clinical Effects of Cigarette Smoking: Epidemiologic Impact and Review of Pharmacotherapy Options. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph14101147> . Acesso em: 30 ago. 2024.

Organização Mundial da Saúde. Diretrizes da OMS para atividade física e comportamento sedentário: num piscar de olhos. Genebra: Organização Mundial da Saúde; 2020. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/336657/9789240015111-eng.pdf>. Acesso em: 16 jan 2025.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS/OMS). Sete em cada 10 pessoas estão protegidas por pelo menos uma medida de controle do tabaco. 2023. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/31-7-2023> . Acesso em: 25 ago. 2024.

Pádua, A. I.; Alvares, F.; Martinez, J. A. B. Insuficiência respiratória. *Medicina (Ribeirão Preto)*, v. 36, n. 2/4, p. 205-213, 2003. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/549>. Acesso em: 29 nov. 2024.

PARREIRA, Verônica F.; BUENO, Carolina J.; FRANÇA, Danielle C.; VIEIRA, Danielle S. R.; PEREIRA, Dirceu R.; BRITTO, Raquel R. Padrão respiratório e movimento toracoabdominal em indivíduos saudáveis: influência da idade e do sexo. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, v. 14, n. 5, p. 411-416, 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2350/235016581008.pdf> . Acesso em: 09 out. 2024.

PASCOTINI, F. S. et al. Força muscular respiratória, função pulmonar e expansibilidade toracoabdominal em idosos e sua relação com o estado nutricional. *Fisioterapia em*

Pesquisa, v. 23, n. 4, p. 416-422, 2016. DOI: 10.1590/1809-2950/16843223042016. Disponível em: <https://www.scielo.br/jfp/a/RMFX3hDPTQXZskZ8QwnLkfB/abstract/?lang=pt> . Acesso em: 29 nov. 2024..

Pereira, M. C. et al. Thoracoabdominal asynchrony: Two methods in healthy, COPD, and interstitial lung disease patients. PLOS ONE, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182417> . Acesso em: 30 ago. 2024..

PETRIGNA, L., & MUSUMECI, G. (2023). The metaverse: A new challenge for the healthcare system: A scoping review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 7(3), 63. <https://doi.org/10.3390/jfkm7030063>

Portes LA. Número de componentes do estilo de vida saudável, mortalidade e expectativa de vida. *LifeStyle Journal*. 2018;5(2):77-89. doi:10.19141/2237-3756.lifestyle.v5.n2.p77-89. Acesso em: 10 de jan 2025. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/330550758\\_NUMERO\\_DE\\_COMPONENTES\\_DO\\_ESTILO\\_DE\\_VIDA\\_SAUDAVEL\\_MORTALIDADE\\_E\\_EXPECTATIVA\\_DE\\_VIDA](https://www.researchgate.net/publication/330550758_NUMERO_DE_COMPONENTES_DO_ESTILO_DE_VIDA_SAUDAVEL_MORTALIDADE_E_EXPECTATIVA_DE_VIDA)

Powers KA, Dhamoon AS. Fisiologia, Ventilação Pulmonar e Perfusão. [Atualizado em 23 de janeiro de 2023]. Em: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539907/>

Puhan, M. A., Gimeno-Santos, E., Cates, C. J., & Troosters, T. Pulmonary rehabilitation following exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2016, Issue 12, Art. No.: CD005305. DOI: 10.1002/14651858.CD005305.pub4. Disponível em: <https://www.cochranelibrary.com> . Acesso em: 29 nov. 2024..

RODRIGUES, Isabella Martins. Análise cinemática da mecânica respiratória: efeitos da atividade física e idade. 2019. 96 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2019. Disponível em: <https://locus.ufv.br/items/b14d9091-521b-4827-a5b4-15c1a69a042b> . Acesso em: 20 set. 2024.

ROMAGNOLI, I. et al. Comparative studies on abdominal respiratory patterns. *Chest Journal*, 2008.

Scanlon, P. D., et al. Smoking cessation and lung function in mild-to-moderate chronic obstructive pulmonary disease: The Lung Health Study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 161, n. 2, p. 381-390, 2000. Disponível em: <https://www.atsjournals.org/doi/pdf/10.1164/ajrccm.161.2.9901044> . Acesso em: 29 nov. 2024.

SILVA, Jorge Luiz de Castro e; FERNANDES, Maria Wilda; ALMEIDA, Rosa Livia Freitas de. *Estatística e Probabilidade*. 3. ed. Fortaleza: EdUECE, 2015. 125 p. ISBN 978-85-7826-439-0. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/554261/2/Livro%20Estatistica%20e%20Probabilidade%20.pdf> . Acesso em: 20 de out 2024.

SKOCZYLAS, K.; CICHOCKA-JAROSZ, E.; PIEGAT, M.; ŁUŻNIAK, A. Optoelectronic Plethysmography—A New Technique to Measure Changes of Chest Wall Volume. *Advances in Medical Sciences*, v. 52, p. 151-154, 2007. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2543-6031/75/1/81> . Acesso em: 09 out. 2024..

SOUZA, M. H. L.; ELIAS, D. O. *Fundamentos da Circulação Extracorpórea*. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Editorial Alfa Rio, 2006. Disponível em: <https://www.lung.org> . Acesso em: 29 nov. 2024.

SPRUIT, M. A.; et al. An Official American Thoracic Society/European Respiratory Society Statement: Key Concepts and Advances in Pulmonary Rehabilitation. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 188, n. 8, p. e13-e64, 2013. Disponível em: <https://www.atsjournals.org/doi/full/10.1164/rccm.201309-1634ST> . Acesso em: 29 nov. 2024..

Sugawara H, et al. Association between annual change in VEF1 and comorbidities or impulse oscillometry in chronic obstructive pulmonary disease. *BMC Pulmonary Medicine*, 2022. Disponível em: <https://bmcpulmmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12890-022-01980-6> . Acesso em: 10 out. 2024

STUDOCU. Ficha técnica | Two-way ANOVA. Disponível em: <https://www.studocu.com/pt/document/instituto-universitario-de-lisboa/analise-de-dados/ficha-tecnica-two-way-anova/76012780> . Acesso em: 5 dez. 2024.

Tepedino, K. R., & da Silva, M. G. (2023). A relação entre o tabagismo e a Doença Obstrutiva Pulmonar Crônica: uma revisão de literatura. *Brazilian Journal of Development*, 9(3), 10837-10848. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/369281977\\_A\\_relacao\\_entre\\_o\\_tabagismo\\_e\\_a\\_Doenca\\_Obstrutiva\\_Pulmonar\\_Cronica\\_uma\\_revisao\\_de\\_literatura](https://www.researchgate.net/publication/369281977_A_relacao_entre_o_tabagismo_e_a_Doenca_Obstrutiva_Pulmonar_Cronica_uma_revisao_de_literatura) .Acesso em: 11 de jan de 2025

U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. *How Tobacco Smoke Causes Disease: The Biology and Behavioral Basis for Smoking-Attributable Disease: A Report of the Surgeon General*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, Office on Smoking and Health, 2010. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK53017/> . Acesso em: 09 out. 2024..

WEST, John B. *Fisiologia respiratória: princípios básicos*. Tradução de Ana Cavalcanti Carvalho Botelho, André Garcia Islabão, Edison Moraes Rodrigues Filho. 9. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. Disponível em: [https://www.google.com.br/books/edition/Fisiologia\\_respirat%C3%B3ria\\_9\\_ed/5FwGBwAAQBAJ?hl=pt-BR&qbpv=1&pg=PP3&printsec=frontcover](https://www.google.com.br/books/edition/Fisiologia_respirat%C3%B3ria_9_ed/5FwGBwAAQBAJ?hl=pt-BR&qbpv=1&pg=PP3&printsec=frontcover) . Acesso em: 8 nov. 2024

WHEELDON, Anthony. The respiratory system and associated disorders. *British Journal of Nursing*, v. 32, n. 13, p. 613-619, 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37410687/> . Acesso em: 09 de set. 2024

WISE, R. A. Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC). In: *Manual MSD - Versão para Profissionais de Saúde*. 2024. Disponível em: <https://www.msmanuals.com/pt/profissional/distúrbios-pulmonares/doença-pulmonar-obstrutiva-crônica-e-doenças-relacionadas/doença-pulmonar-obstrutiva-crônica-dpoc>. Acesso em: 28 nov. 2024.

YANG, Xiaoyan; SUN, Haishuang; DENG, Mei; CHEN, Yicong; LI, Chen; YU, Pengxin; ZHANG, Rongguo; LIU, Min; DAI, Huaping; WANG, Chen. *Characteristics of Diaphragmatic and Chest Wall Motion in People with Normal Pulmonary Function: A Study with Free-Breathing Dynamic MRI*. *Journal of Clinical Medicine*, v. 11, n. 7276, p. 1–12, 2022. DOI: 10.3390/jcm11247276. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0383/11/24/7276>. Acesso em: 15 nov. 2024.