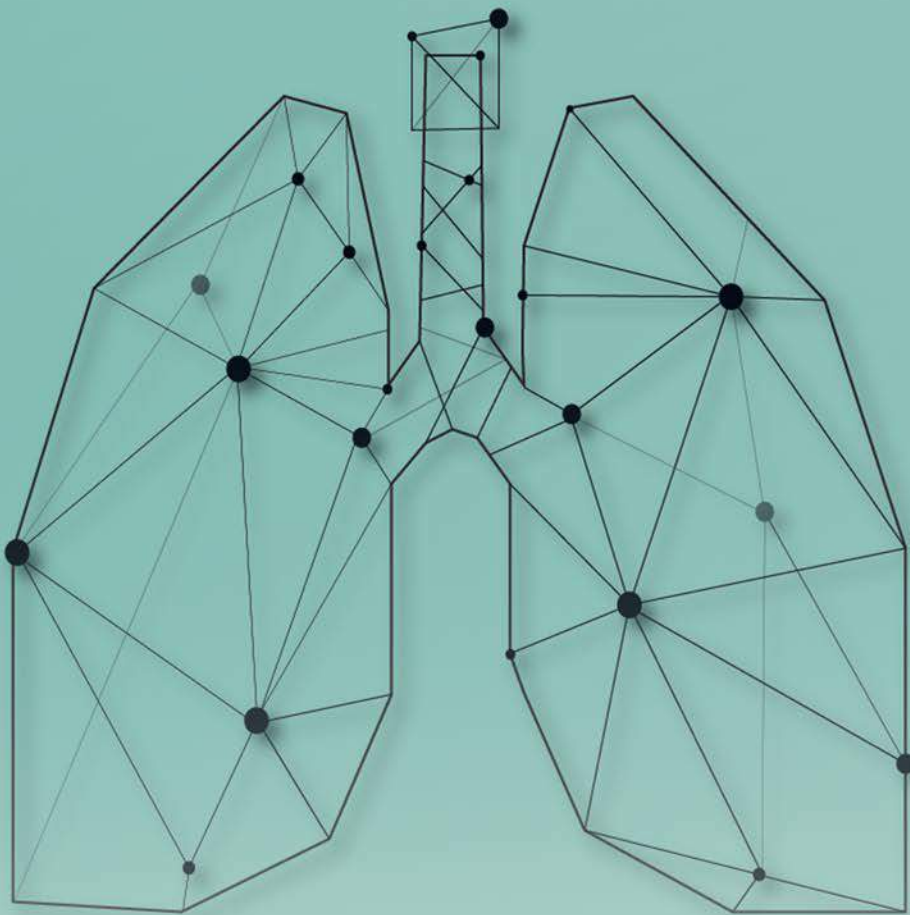


MINISTÉRIO DA SAÚDE

Tele-espirometria



Brasília – DF
2022

MINISTÉRIO DA SAÚDE
Secretaria de Atenção Primária à Saúde
Departamento de Promoção da Saúde

Tele-espirometria



2022 Ministério da Saúde.



Esta obra é disponibilizada nos termos da Licença Creative Commons – Atribuição – Não Comercial – Compartilhamento pela mesma licença 4.0 Internacional. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte.

A coleção institucional do Ministério da Saúde pode ser acessada, na íntegra, na Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde: bvsms.saude.gov.br.

Tiragem: 1ª edição – 2022 – versão eletrônica

Elaboração, distribuição e informações

MINISTÉRIO DA SAÚDE

Secretaria de Atenção Primária à Saúde

Departamento de Promoção da Saúde

Coordenação Geral de Prevenção de Doenças Crônicas e Controle do Tabagismo

Esplanada dos Ministérios, bloco G, 4º andar, Edifício Anexo, ala B

CEP: 70058-900 – Brasília/DF

Site: <http://aps.saude.gov.br>

Universidade Federal de Minas Gerais

Equipe do Centro de de Telessaúde do Hospital de Clínicas da UFMG

Av. Professor Alfredo Balena, 110 - 1º Andar - Ala Sul - Sala 107

CEP 30130-100 – Belo Horizonte/MG

Site: <https://telessaude.hc.ufmg.br>

Organização:

Coordenação Geral de Prevenção de Doenças Crônicas e Controle do Tabagismo

Departamento de Promoção da Saúde

Editor-Geral:

Raphael Câmara Medeiros Parente

Supervisão geral:

Jaqueline Silva Misael

Juliana Rezende Melo da Silva

Elaboração:

Camila Farnese Resende

Eliane Viana Mancuzo

Ricardo de Amorim Corrêa

Colaboração:

Alessandro Amadeu Fortini

Glauciene Analha Leister

Hannah Carolina Tavares Domingos

Izabella Barbosa de Brito

Juliana Michelotti Fleck

Silvana Júnia Roriz

Thais Coutinho de Oliveira

Coordenação da tele-educação:

Lidiane Aparecida Pereira de Sousa

Edênia Santos Garcia Oliveira

Projeto gráfico:

Alex Lazzarotti

Natália Alkmim Oliveira

Ilustração:

Johnny Júnio Barbosa Ramos

Normalização:

Luciana Cerqueira Brito – Editora MS/CGDI

Ficha Catalográfica

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Primária à Saúde. Departamento de Promoção da Saúde.

Tele-espirometria [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção Primária à Saúde, Departamento de Promoção da Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde, 2022.

91 p. : il.

Modo de acesso: World Wide Web: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/tele_espirometria.pdf

ISBN 978-65-5993-228-3

1. Espirometria. 2. Tele-Espirometria. 3. Doenças Respiratórias. I. Título.

CDU 616.24

Catálogo na fonte – Coordenação-Geral de Documentação e Informação – Editora MS – OS 2021/0357

Título para indexação:

Título para indexação: Telespirometry

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mortalidade devido a doenças respiratórias infecciosas e crônicas e por outras causas no Brasil, em ambos os sexos, em 2019	14
Figura 2 – Mortalidade por 100.000 habitantes devido à DPOC no Brasil e no mundo, em ambos os sexos, no período de 1990 - 2019	14
Figura 3 – Taxa de mortalidade DPOC, por sexo, entre 1990 e 2015	15
Figura 4 – Impacto da asma no Brasil e em diversos países em termos de anos de vida perdidos pela doença e de anos vividos com a enfermidade no período de 1990 a 2019	15
Figura 5 – Práticas e consequências da falta de controle da asma na América Latina, incluindo o Brasil	17
Figura 6 – Redução da hospitalização por asma de acordo com a dispensação do tratamento com corticoide inalatório pelo sistema de saúde municipal	17
Figura 7 – Sistema respiratório e o limite entre os tratos respiratórios superior e inferior	22
Figura 8 – Ramificação brônquica e os alvéolos	22
Figura 9 – Etapas envolvidas na função pulmonar de difusão e trocas gasosas	22
Figura 10 – Fases de inspiração e expiração pulmonar	23
Figura 11 – Volumes pulmonares	23
Figura 12 – Capacidades pulmonares	24
Figura 13 – Um modelo de espirômetro	25
Figura 14 – Pessoa posicionada e pronta para a realização da espirometria	25
Figura 15 – Risco de complicações pós-operatórias de acordo com o tempo cirúrgico, presença de doença pulmonar e outras doenças associadas	30
Figura 16 – Contraindicações da espirometria	30
Figura 17 – Alinhar a cabeça com as mãos	38
Figura 18 – A jovem está curvada, sem apoio e de frente	39
Figura 19 – Os pés, panturrilha, nádegas e dorso estão alinhados	39
Figura 20 – A cabeça está posicionada de modo que o pavilhão auditivo está alinhado com a região occipital, que está em contato com o antropômetro	39
Figura 21 – Medida da envergadura	39
Figura 22 – Cálculo da estatura pela envergadura	40
Figura 23 – Classificação do estado nutricional	40
Figura 24 – Medida da saturação periférica de oxigênio	40
Figura 25 – Fenômeno de Raynaud	41
Figura 26 – Espirômetros com sensor de fluxo	43
Figura 27 – Representação dos conceitos de precisão e acurácia (exatidão)	43

Figura 28 – Volumes pulmonares	44
Figura 29 – Medida dos volumes e fluxos pulmonares	45
Figura 30 – Curva fluxo-volume e volume-tempo	45
Figura 31 – Curvas volume-tempo e fluxo-volume da espirometria	46
Figura 32 – Curva volume-tempo	47
Figura 33 – Curva fluxo-volume	47
Figura 34 – Cálculo de pico de fluxo expiratório	48
Figura 35 – Fases da curva	50
Figura 36 – Morfologia da curva fluxo-volume	51
Figura 37 – Curva fluxo-volume	51
Figura 38 – Medida da Capacidade Vital Lenta	53
Figura 39 – Curva fluxo-volume com morfologia normal	57
Figura 40 – Exemplos de curvas inaceitáveis	58
Figura 41 – Fluxo zero para iniciar o exame	58
Figura 42 – Curva fluxo-volume começa inspiratória máxima antes do início do teste	58
Figura 43 – Hesitação inicial na alça expiratório	59
Figura 44 – Medida do volume retroextrapolado	59
Figura 45 – Critérios para atingir fase final da expiração forçada adequados (FEF)	59
Figura 46 – Capacidade vital inspiratória final inaceitável	60
Figura 47 – Fluxograma com os critérios de aceitabilidade das manobras forçadas	60
Figura 48 – Capacidade vital lenta e capacidade inspiratória	61
Figura 49 – Critérios de reprodutibilidade nas manobras forçadas e lentas	61
Figura 50 – Comparações entre os valores previstos de CVF e VEF ₁ para brancos e os observados para negros	67
Figura 51 – Curva fluxo-volume antes e após broncodilatador	71
Figura 52 – Efeito do medicamento broncodilatador na musculatura dos brônquios	71
Figura 53 – Uso somente do inalador	73
Figura 54 – Uso do espaçador	73
Figura 55 – Exemplo de esforço submáximo após broncodilatador	74
Figura 56 – Fluxograma para interpretação da espirometria	77

Figura 57 – Morfologia da curva fluxo-volume compatível com exame normal, distúrbio ventilatório restritivo e obstrutivo	78
Figura 58 – Fluxograma para diagnóstico de distúrbio ventilatório obstrutivo	80
Figura 59 – Fluxograma para diagnóstico de distúrbio ventilatório restritivo	81
Figura 60 – Mecanismos que explicam a redução da capacidade vital	82
Figura 61 – Avaliação do tipo de distúrbio ventilatório quando sinais de obstrução pela espirometria estão associados à capacidade vital reduzida	82
Figura 62 – Fluxograma para diagnóstico de distúrbios ventilatórios obstrutivos com capacidade vital forçada reduzida e obstrutivo com capacidade vital forçada reduzida por provável aprisionamento aéreo	83
Figura 63 – Indicativos de redução proporcional da capacidade vital forçada e volume expiratório forçado de primeiro segundo	84
Figura 64 – Seringa de calibração	87
Figura 65 – Parâmetros a serem inseridos no aparelho antes de iniciar o exame	87
Figura 66 – Seringa adaptada ao espirômetro	88
Figura 67 – Fluxo baixo	88
Figura 68 – Fluxo médio	88
Figura 69 – Fluxo alto	88
Figura 70 – Passos para higienização das mãos	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tempo de suspensão de medicamentos de uso inalatório antes da realização da espirometria	26
Quadro 2 – Fluxograma para interpretação da espirometria	56
Quadro 3 – Broncodilatadores e suas vias de administração	72
Quadro 4 – Tempo de suspensão de medicamentos de uso inalatório antes da realização da espirometria	73
Quadro 5 – Variação após broncodilatador: diferença absoluta, percentual do previsto e percentual do valor inicial da pessoa	74
Quadro 6 – Cálculo das razões entre as variáveis para interpretação do laudo do exame de espirometria com prova broncodilatadora	78
Quadro 7 – Cálculo da variação após broncodilatador em valor absoluto e percentual do previsto	78
Quadro 8 – Doenças que cursam com distúrbio ventilatório obstrutivo	79
Quadro 9 – Doenças que cursam com distúrbio ventilatório restritivo	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Grau de qualidade de espirometria	56
Tabela 2 – Exemplo de exame de espirometria com seleção das variáveis para interpretação	62
Tabela 3 – Dados espirométricos principais da amostra	65
Tabela 4 – Dados espirométricos principais da amostra	66
Tabela 5 – Equações para valores previstos para crianças entre 3 e 12 anos	69
Tabela 6 – Reversibilidade após broncodilatador na espirometria, quando exame sem ou com distúrbio ventilatório obstrutivo	75
Tabela 7 – Reversibilidade após broncodilatador na espirometria, quando presença ou ausência de obstrução basal	79
Tabela 8 – Classificação da gravidade do distúrbio ventilatório obstrutivo	80
Tabela 9 – Classificação da gravidade do distúrbio ventilatório obstrutivo	81

LISTA DE ABREVIATURAS

APS – Atenção Primária à Saúde

ATS – *American Thoracic Society*

BTPS – Condições corporais, temperatura corporal, pressão ambiente, saturada com vapor d'água

BTS – *British Thoracic Society*

cm – Centímetros

CI – Capacidade Inspiratória

CO₂ – Dióxido de Carbono

CPT – Capacidade Pulmonar Total

CRF – Capacidade Residual Funcional

CV – Capacidade Vital

CVF – Capacidade Vital Forçada

CVIF – Capacidade Vital Inspiratória Forçada

CVL – Capacidade Vital Lenta

DALYs – *Disability Adjusted Life Years* - anos de vida perdidos por morte ou incapacidade

DPOC – Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

DVO – Distúrbio Ventilatório Obstrutivo

DVR – Distúrbio Ventilatório Restritivo

EV – Endovenosa

FEF – Final Expiração Forçada

FEF_{25%-75%} – Fluxo Expiratório Forçado entre 25% e 75%

FEF_{50%} – Fluxo Expiratório Forçado de 50%

FEF_{max} – Fluxo Expiratório Forçado Máximo

FEF_{x-y%} – Fluxo Expiratório Forçado Médio

h – Horas

HP – Hipertensão Pulmonar

IM – Intramuscular

IMC – Índice de massa corpórea

kg – Quilograma

L – Litros

l/s – Litros/Segundo

m² – Metro quadrado

mcg – microgramas

ml – Mililitros

ms – Milissegundos

OMS – Organização Mundial da Saúde

O₂ – Oxigênio

PA – Pressão Arterial

PFE – Pico de Fluxo Expiratório

SAOS – Síndrome da Apneia Obstrutiva do Sono

SBPT – Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia

SC – Subcutânea

SUS – Sistema Único de Saúde

TEF – Tempo da Expiração Forçada

TPFE – Tempo para atingir o Pico do Fluxo Expiratório

VC – Volume Corrente

VEF₁ – Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo

VEF₁/CFV – Índice de Tiffeneau

VEF_t – Volume Expiratório Forçado no tempo

VR – Volume Residual

VRE – Volume de Reserva Expiratório

VRI – Volume de Reserva Inspiratório

YLDs – Anos Vividos com Incapacidade

YLLs – Anos de Vida Perdidos

SUMÁRIO

Prefácio	11
1 Importância da Atenção Primária à Saúde no manejo das doenças respiratórias	12
1.1 Introdução	13
1.2 Impacto das doenças respiratórias crônicas no mundo e no Brasil	14
1.3 Por que a APS?	16
1.4 A APS no diagnóstico e prevenção das doenças respiratórias crônicas	16
1.5 Espirometria na APS é viável	18
1.6 Alterações pulmonares pós-covid-19: novos desafios	18
1.7 Mensagens finais	19
Referências	19
2 Aquisição de conhecimentos sobre os princípios da espirometria, volumes e capacidades pulmonares	21
2.1 Impacto das doenças respiratórias crônicas no mundo e no Brasil	22
2.2 Fisiologia do sistema respiratório	22
2.3 Ventilação pulmonar	23
2.4 Princípios da espirometria	25
2.4.1 O que é?	25
2.4.2 Histórico	25
2.4.3 Como é feito o exame?	25
2.4.4 Cuidados técnicos	26
2.4.5 Instruções para a pessoa antes do exame	26
2.5 Conclusões	27
Referências	27
3 Indicações da espirometria	28
3.1 Introdução	29
3.2 Contraindicações	30
3.3 Conclusões	31
Referências	31
4 Questionário respiratório	32
4.1 Introdução	33
4.2 Conclusões	36
Referências	36
5 Medida dos dados antropométricos	37
5.1 Introdução	38
5.1.1 Estatura	38
5.1.2 Envergadura	39
5.1.3 Peso	40
5.1.4 Medida da saturação periférica de oxigênio	40
5.2 Conclusões	41
Referências	41
6 Variáveis da espirometria, curva fluxo-volume e volume-tempo	42
6.1 Introdução	43
6.2 Características dos espirômetros	43
6.2.1 Capacidade	43
6.2.2 Exatidão ou acurácia	43
6.2.3 Precisão	43
6.3 Volumes e capacidades	44
6.4 Curvas fluxo-volume e volume-tempo e volumes medidos na espirometria	45
6.4.1 Capacidade vital forçada	46
6.4.2 Volume expiratório forçado no tempo	46

6.4.3 Fluxo expiratório forçado máximo	46
6.4.4 Fluxo expiratório forçado médio	46
6.4.5 Tempo da expiração forçada	46
6.5 Conclusões	48
Referências	48
7 Capacidade vital forçada e capacidade vital lenta	49
7.1 Introdução	50
7.2 Conclusões	54
Referências	54
8 Qualidade do exame: critérios de aceitabilidade e reprodutibilidade	55
8.1 Importância	56
8.2 Critérios de aceitabilidade	57
8.3 Critérios de reprodutibilidade	61
8.4 Seleção das curvas para interpretação.....	61
8.5 Conclusões	62
Referências	62
9 Valores de referência	63
9.1 Introdução	64
9.1.1 Fonte biológica	64
9.1.2 Técnica e instrumentos utilizados	65
9.1.3 Modelos estatísticos utilizados nas equações desenvolvidas	65
9.2 Equações de referência	65
9.3 Conclusões	69
Referências	69
10 Prova broncodilatadora	70
10.1 Importância da prova broncodilatadora	71
10.1.1 Quando fazer a prova broncodilatadora?	71
10.2 Broncodilatador (Bd)	71
10.3 Como realizar a prova broncodilatadora?	72
10.4 Variação significativa após broncodilatador	74
10.5 Conclusões	75
Referências	75
11 Interpretação dos resultados	76
11.1 Interpretação da espirometria com prova broncodilatadora	77
11.2 Parâmetros de referência para o laudo	77
11.3 Diagnóstico de distúrbios ventilatórios	78
11.3.1 Distúrbio ventilatório obstrutivo	79
11.3.2 Distúrbio ventilatório restritivo	80
11.3.3 Distúrbio ventilatório obstrutivo com CVF reduzida	82
11.3.4 Distúrbio ventilatório obstrutivo com CVF reduzida por provável aprisionamento aéreo	83
11.3.5 Houve redução proporcional da CVF e do VEF ₁	84
11.4 Conclusões	85
Referências	85
12 Calibração e controle de infecção	86
12.1 Introdução	87
12.1.1 Calibração	87
12.1.2 Controle de infecção	89
12.2 Conclusões	91
Referências	91

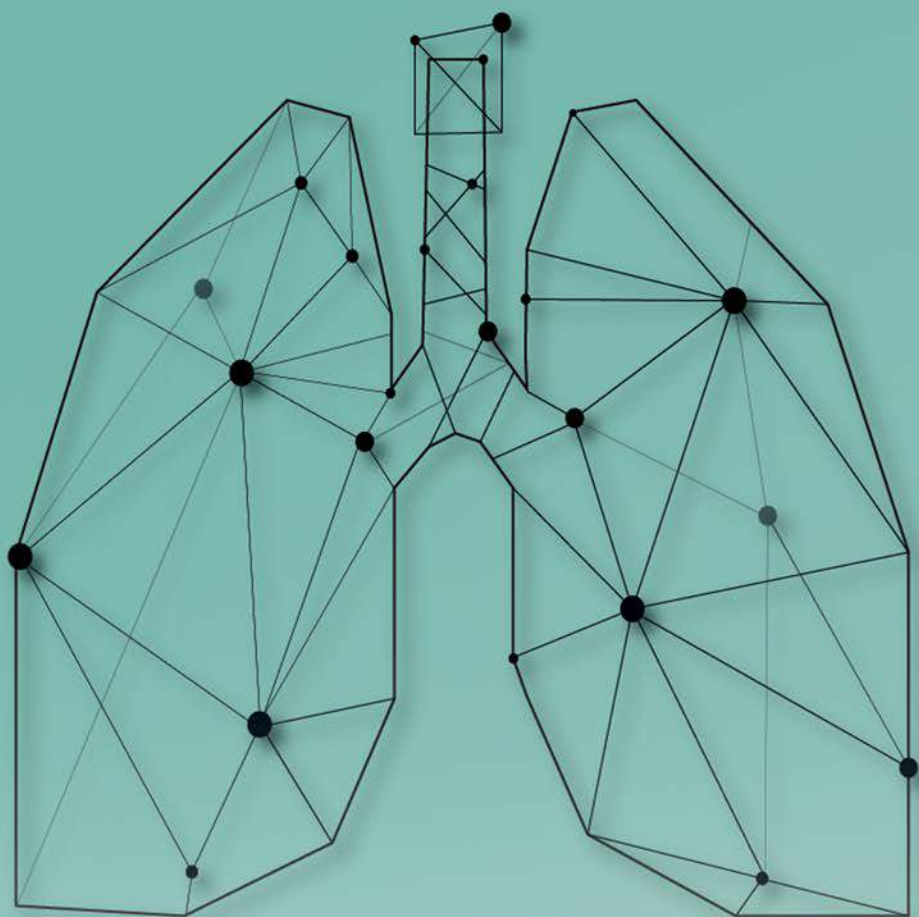
As doenças respiratórias representam uma carga significativa para os serviços de saúde e são responsáveis por cerca de um terço dos atendimentos em unidades de Atenção Primária à Saúde (APS). Entre as doenças respiratórias, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e asma são as mais prevalentes e com maior mortalidade e incapacidade. Além disso, no último ano, a Organização Mundial de Saúde (OMS) declarou pandêmica a infecção pelo vírus SARS-CoV-2. Os indivíduos que sobrevivem à forma grave da doença podem apresentar complicações pulmonares a longo prazo, sendo a fibrose pulmonar e a embolia pulmonar as mais temidas.

O diagnóstico precoce é importante para garantir que as doenças respiratórias recebam o tratamento correto. Espera-se que os médicos da atenção primária forneçam atendimento eficaz para pelo menos 85% dos problemas de saúde, incluindo doenças respiratórias. A espirometria é um instrumento de baixo custo e fundamental como exame complementar no diagnóstico das principais doenças respiratórias crônicas.

Este manual apresenta informações relacionadas à realização e interpretação do exame de espirometria, possibilitando a aquisição de habilidades e competências para um exame de qualidade (exato e acurado).

1 Importância da Atenção Primária à Saúde no manejo das doenças respiratórias

Ricardo de Amorim Corrêa



1.1 Introdução

Segundo dados da Organização Mundial de Saúde (OMS), as doenças respiratórias respondem por cerca de um terço dos atendimentos nas unidades da Atenção Primária à Saúde (APS) e por 20% das 59 milhões de mortes anuais por todas as causas em todo o mundo. As doenças respiratórias crônicas, entre elas a doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), constituem causas significativas de morte e de morbidade. Em 2019, a DPOC foi a terceira dentre as 10 principais causas de morte no mundo e a sétima dentre as principais de adoecimento ou de incapacidade, conforme aferidos pela metodologia DALYs (*disability-adjusted life-years*), que é uma medida combinada dos anos de vida perdidos por morte prematura (YLLs – *years of life lost*) com os anos vividos com incapacidade (YLDs – *years lived with disability*) (WORLD HEALTH ORGANIZATION, ©2020).

No Brasil, os programas de gestão de doenças respiratórias são ainda limitados, o que contribui para o aumento da taxa de diagnósticos incorretos e, por conseguinte, tratamentos imprecisos (NASCIMENTO *et al.*, 2007).

O presente projeto visa aumentar a oferta da realização de espirometrias por meio da capacitação de profissionais das equipes da APS na realização dos exames e transmissão dos resultados pela plataforma de telessaúde, o que proporcionará uma importante ferramenta de diagnóstico em pessoas com sintomas respiratórios.

Este projeto foi estruturado em etapas que vão desde o fornecimento de espirômetros às unidades de saúde, passando pelo treinamento e capacitação do profissional de saúde que será designado para a realização do exame e emissão de laudos a distância. A capacitação consiste na participação do profissional no módulo virtual sobre a espirometria e no módulo presencial, em que será realizada a parte prática do treinamento.

Após instalados os equipamentos e capacitados os profissionais, os exames serão realizados e os resultados serão enviados ao serviço de telessaúde, que contará com especialistas que interpretarão os exames e emitirão os laudos, os quais serão enviados à unidade de saúde.

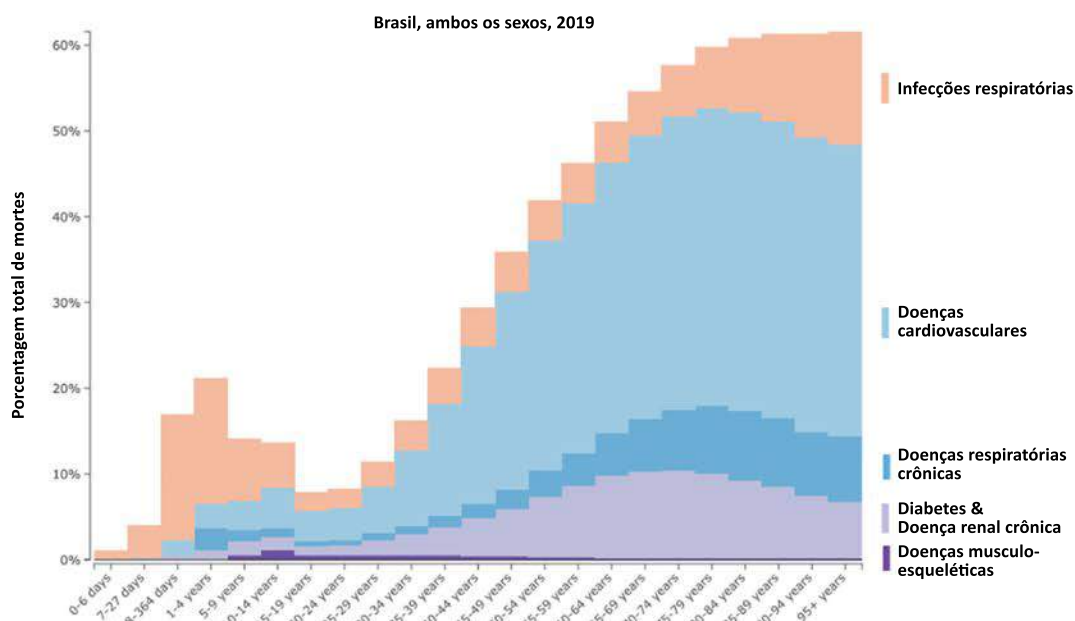
Este capítulo apresenta as características, objetivos, capacidades e responsabilidades da equipe multidisciplinar da APS no manejo das doenças respiratórias, abordando os seguintes tópicos:

1. Impacto das doenças respiratórias crônicas no mundo e no Brasil
2. Por que a APS?
3. A APS no diagnóstico e prevenção das doenças respiratórias crônicas
4. Espirometria na APS é viável
5. Alterações pulmonares pós-covid-19: novos desafios
6. Mensagens finais

1.2 Impacto das doenças respiratórias crônicas no mundo e no Brasil

As doenças respiratórias representam uma carga significativa para os serviços de saúde e são responsáveis por cerca de um terço dos atendimentos em unidades de APS, causando 20% das 59 milhões de mortes anuais por todas as causas em todo o mundo. Dados atuais sugerem que essas condições costumam ser subdiagnosticadas (HAHN; BEASLEY, 1994; WHO, 2004; WHO, 2020). O diagnóstico precoce é importante para garantir que as doenças respiratórias recebam o tratamento correto. Como porta de entrada para o sistema de saúde na APS, espera-se que os médicos de atenção primária forneçam atendimento eficaz para pelo menos 85% dos problemas de saúde, incluindo doenças respiratórias (Figura 1) (GLOBAL BURDEN OF DISEASES, 2021).

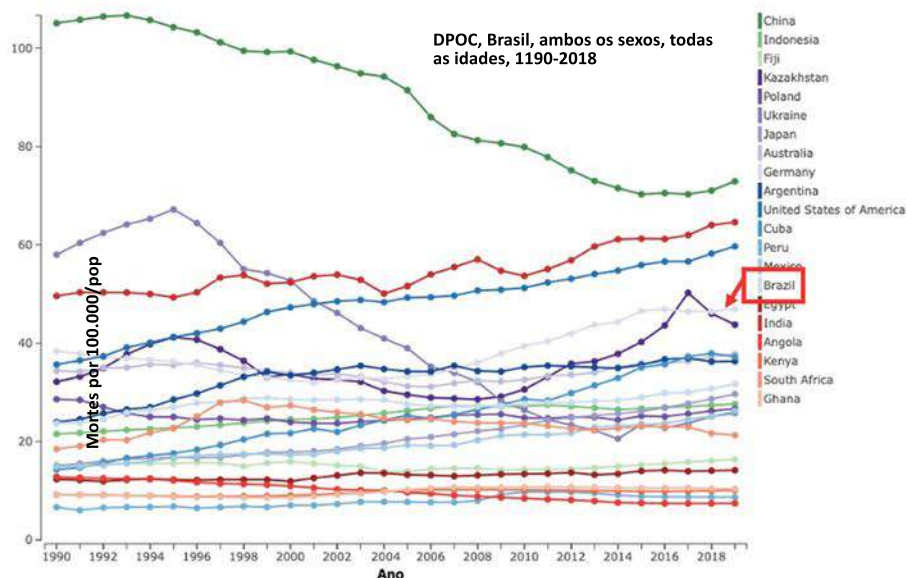
Figura 1 – Mortalidade devido a doenças respiratórias infecciosas e crônicas e por outras causas no Brasil, em ambos os sexos, em 2019



Fonte: Adaptado de: Global burden of diseases: <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>. Acesso em: 11 mar. 2021.

Quanto às doenças respiratórias crônicas, o Brasil ocupa o 15º lugar no mundo em relação à taxa de mortalidade por 100.000 habitantes por DPOC (Figura 2) (GLOBAL BURDEN OF DISEASES, 2021).

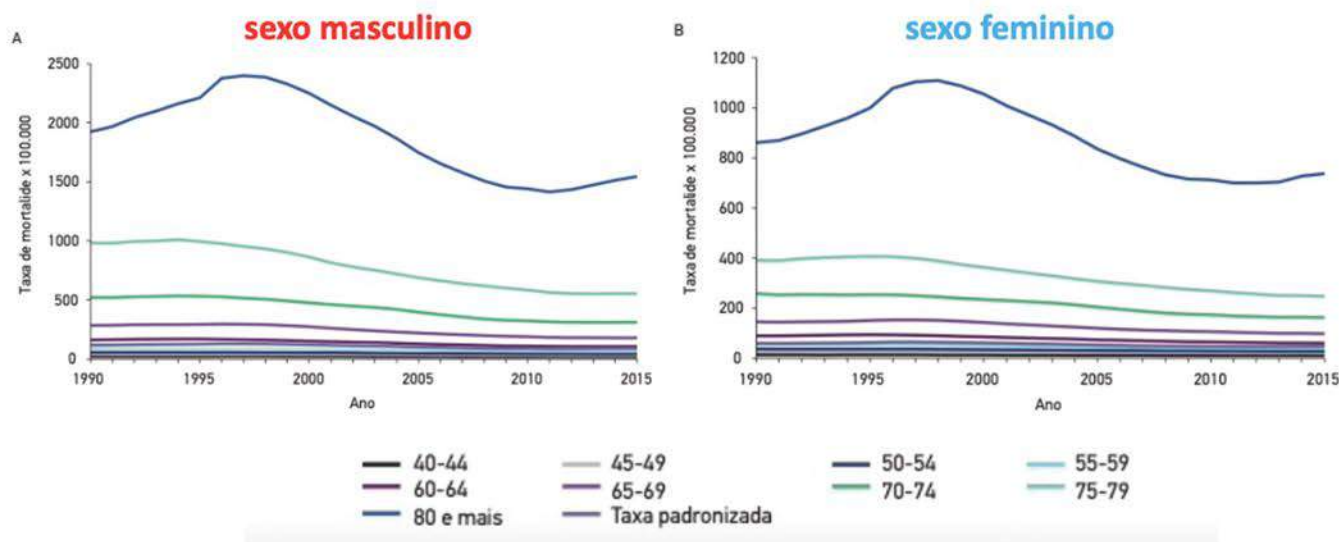
Figura 2 – Mortalidade por 100.000 habitantes devido à DPOC no Brasil e no mundo, em ambos os sexos, no período de 1990 - 2019



Fonte: Adaptado de: Global burden of diseases: <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>. Acesso em: 11 mar. 2021.

A DPOC constitui importante causa de morte no Brasil ao longo do período compreendido entre 1990 e 2015 em ambos os sexos (Figura 3) (GLOBAL BURDEN OF DISEASES, 2021).

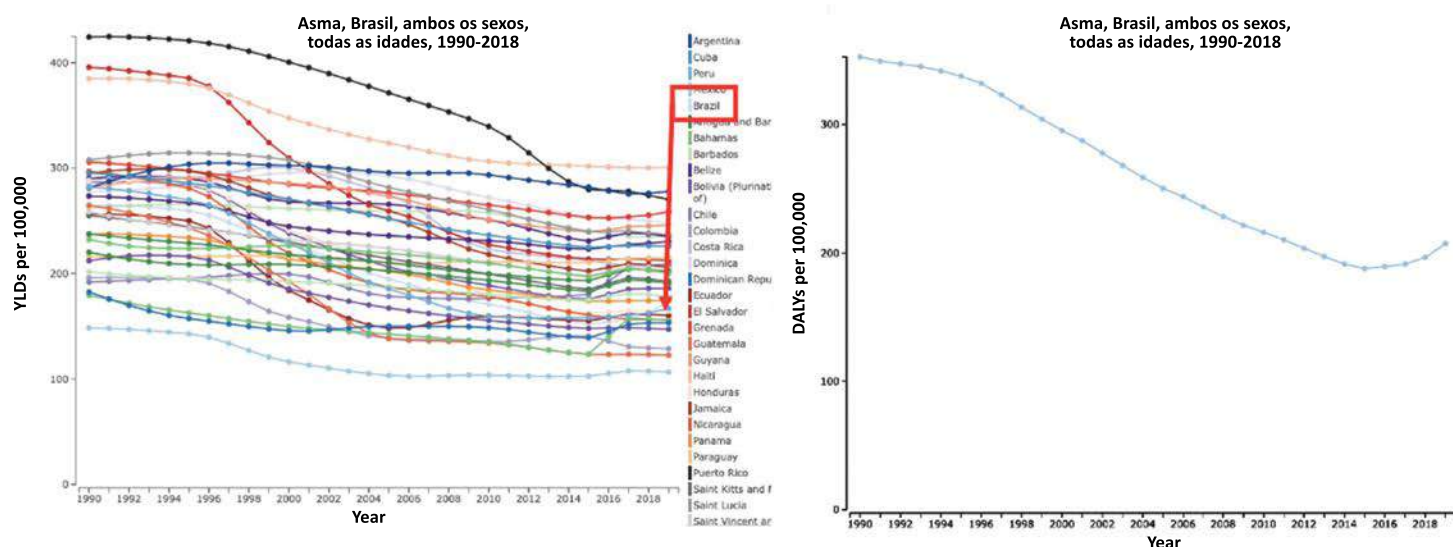
Figura 3 – Taxa de mortalidade DPOC, por sexo, entre 1990 e 2015



Fonte: Adaptado de: Global burden of diseases: <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>. Acesso em: 11 mar. 2021.

A avaliação do impacto das doenças na vida das pessoas ou de uma comunidade ou população pode ser feita utilizando outros métodos além da taxa de mortalidade. Um desses métodos é o DALYs (*Disability Adjusted Life Years*), que significa “anos de vida perdidos por morte ou incapacidade”, ou seja, DALYs para uma doença ou condição de saúde corresponde à soma dos anos de vida perdidos devido aos anos de vida perdidos (YLLs) e os anos vividos com incapacidade (YLDs) devido a casos prevalentes da doença ou condição de saúde em uma população (GLOBAL BURDEN OF DISEASES, 2021). A asma, outra doença respiratória crônica, tem grande impacto sobre a vida das pessoas no Brasil e no mundo, em termos de anos de vida perdidos e vividos com a enfermidade, embora tenha havido uma melhora desses parâmetros nas últimas décadas (Figura 4) (WORLD HEALTH ORGANIZATION, ©2008).

Figura 4 – Impacto da asma no Brasil e em diversos países em termos de anos de vida perdidos pela doença e de anos vividos com a enfermidade no período de 1990 a 2019



Fonte: Adaptado de: Global burden of diseases: <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>. Acesso em: 11 mar. 2021.

1.3 Por que a APS?

Os profissionais que atuam no nível da APS têm grande importância na promoção da saúde da população e no diagnóstico precoce e adequado das doenças, o que se aplica também e especialmente às doenças respiratórias. Essas doenças são muito prevalentes, e as pessoas dependem muito da assistência médica adequada e capacitada para a realização do diagnóstico, bem como da oferta dos exames complementares necessários (NEFFEN *et al.*, 2005). Nesse contexto, a espirometria é o exame inicial e básico para esse fim e deve estar prontamente acessível aos profissionais e às pessoas assistidas. O diagnóstico adequado leva a tratamentos corretos e resultados favoráveis quanto ao controle, por exemplo, da asma e da DPOC, reduzindo os sintomas, crises agudas e internações hospitalares (MENEZES *et al.*, 2020).

A APS caracteriza-se por quatro atributos (VILAÇA, 2012):

- Constitui o **Acesso de Primeiro Contato** do indivíduo com o sistema de saúde e, portanto, porta para a resolução de seus problemas de saúde;
- **Integralidade**, que é definida pela gama de serviços disponíveis e prestados pelo serviço de saúde, ou seja, ações que o serviço deve oferecer para que os usuários tenham assistência integral, incluindo doença, promoção da saúde, medidas de prevenção, cura e reabilitação, ainda que sejam utilizados outros recursos tecnológicos e humanos de outros níveis de atenção;
- **Longitudinalidade**, definida pela continuidade da atenção ao indivíduo ao longo do tempo;
- **Coordenação do cuidado**, que é o papel da APS no gerenciamento de todo o cuidado prestado e pelos diversos serviços necessários ao indivíduo.

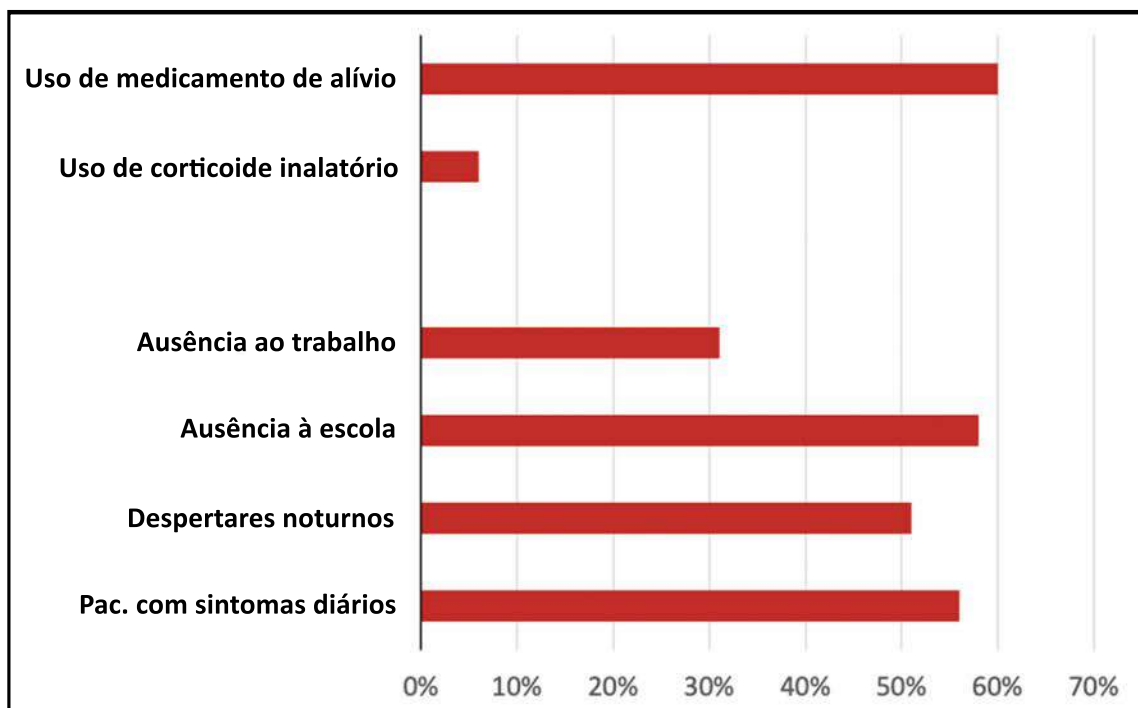
1.4 A APS no diagnóstico e prevenção das doenças respiratórias crônicas

Diante do exposto, a APS deve exercer a sua função de forma a abranger os pilares de seus objetivos, o que envolve não só o diagnóstico, mas também ações de prevenção e de promoção da saúde. Nesse sentido, o controle do tabagismo - causa maior de doenças evitáveis no mundo - é estratégico para a prevenção da DPOC e outras doenças do aparelho respiratório (SÃO JOSÉ *et al.*, 2017).

Um importante estudo realizado em cinco cidades de países da América Latina envolveu mais de 900 participantes da cidade de São Paulo. Esse estudo aplicou questionário de sintomas respiratórios e do hábito de fumar entre adultos com mais de 40 anos de idade e encontrou uma prevalência de DPOC de 15,8%, segundo os critérios da espirometria, que é indispensável para esse diagnóstico. É de se notar que entre essas pessoas (144 de 918 participantes) apenas 12,5% já tinham tido esse diagnóstico, ou seja, 87,5% correspondiam a casos não diagnosticados (NASCIMENTO *et al.*, 2007).

Em relação à asma, sabe-se que, apesar de todas as informações disponíveis, essa é, ainda, uma condição pouco controlada, fazendo com que as pessoas padeçam de muitos sintomas e consequências médico-sociais. A doença é facilmente controlada na maioria dos casos por meio do uso correto da medicação, no caso, o corticoide inalatório (MENEZES *et al.*, 2020). Um estudo, entre vários disponíveis, demonstrou que a doença é mal controlada na América Latina, o que resulta em absenteísmos escolares e ocupacionais, além de piora de aspectos relacionados, como qualidade de sono e incapacidades (estudo Airla, Figura 5) (NEFFEN *et al.*, 2005).

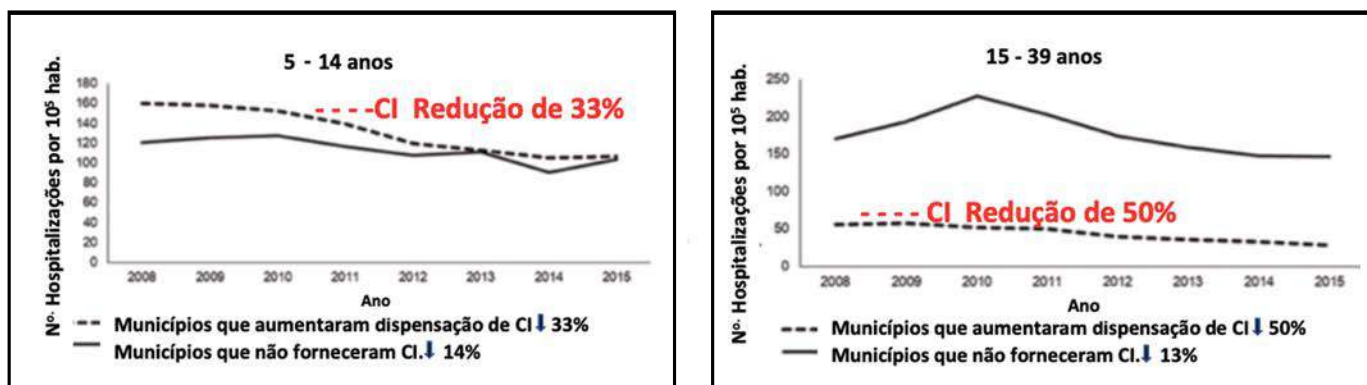
Figura 5 – Práticas e consequências da falta de controle da asma na América Latina, incluindo o Brasil



Fonte: Adaptado de: Neffen *et al.*, 2005.

Dessa forma, a APS deve estar apta a reconhecer essas condições prevalentes, oferecer exames necessários para o seu diagnóstico, notadamente a espirometria, e prover o acompanhamento integral visando à boa adesão aos respectivos tratamentos, prevenindo, assim, a manutenção dos sintomas e redução da carga das mesmas ao sistema de saúde como um todo (Figura 6) (MENEZES *et al.*, 2020).

Figura 6 – Redução da hospitalização por asma de acordo com a dispensação do tratamento com corticoide inalatório pelo sistema de saúde municipal



Fonte: Adaptado de: Menezes *et al.*, 2020.

1.5 Espirometria na APS é viável

A implantação de métodos diagnósticos com auxílio da telemedicina tem se mostrado bastante efetiva em diversos cenários clínicos no Brasil e no exterior. Como exemplo, no Brasil podem ser citados os Programas de Telediagnósticos da Universidade Federal de Minas Gerais (Centro de Telessaúde do Hospital das Clínicas) e da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - RESPIRANET. Essas iniciativas oferecem suporte a teleconsultas bem como a laudos de exames realizados a distância, como ecocardiograma, teleoftalmologia e espirometria (RESPIRANET). Essas plataformas estão citadas também em linhas de cuidado, como a do infarto agudo do miocárdio. Essas plataformas podem ser acessadas nos endereços eletrônicos:

Telessaúde HC-UFGM: <https://telessaude.hc.ufmg.br>

TelessaúdeRS/RESPIRANET - <https://www.ufrgs.br/telessauders/telediagnostico/respiranet/>

O telediagnóstico possibilita aos usuários do Sistema Único de Saúde (SUS) a realização do exame em cidades mais distantes dos grandes centros e próximas de suas residências, reduzindo o deslocamento e o tempo de espera. Segundo resultados disponíveis no sítio do RESPIRANET, desde o início do programa, em 2013, houve mais de 35 mil telediagnósticos, disponíveis para 100% da população do estado do Rio Grande do Sul. Pesquisa feita junto aos usuários, 98% deles relataram estar satisfeitos ou muito satisfeitos com o serviço prestado (TELESSAÚDE-RS, 2021).

Para que esses exemplos se tornem realidade para um número maior de serviços de saúde, são componentes essenciais um ótimo treinamento da equipe de saúde e técnicos em espirometria, equipe de suporte técnico à plataforma de telediagnóstico, espirômetros acurados com valores de referência ajustados à população brasileira e insumos para o teste e motivação da equipe.

1.6 Alterações pulmonares pós-covid-19: novos desafios

A pandemia da covid-19 atingiu, até a data de 31/08/2021, a marca de quase 218 milhões de casos confirmados com mais de 4,5 milhões de mortes no mundo. Nessa mesma data, o Brasil contava com quase 21 milhões de casos e cerca de 580 mil mortes (WORLD HEALTH ORGANIZATION, ©2021).

As características epidemiológicas e clínicas, o mecanismo e as complicações das pessoas com covid-19 na fase aguda já foram amplamente descritos, mas as consequências da doença em longo prazo estão sendo descritas com o passar do tempo (ANASTASIO *et al.*, 2021). Estudos de seguimento de médio prazo têm relatado sintomas persistentes, alterações da função pulmonar, problemas físicos e psicológicos de pessoas que receberam alta hospitalar, mas estudos de maior tempo de acompanhamento são necessários. Sintomas persistentes, como fadiga e dispneia, alterações dos exames de função pulmonar e alterações radiológicas do tórax foram relatados em pessoas após a alta hospitalar, mas o espectro completo das características pós-alta ainda é desconhecido. Um estudo realizado na cidade de Wuhan, onde a pandemia se iniciou, observou que 6 meses após o início dos sintomas, os mais prevalentes foram fadiga ou fraqueza muscular, dificuldades para dormir e ansiedade ou depressão (HUANG *et al.*, 2021). Aquelas pessoas que tiveram covid-19 mais grave durante a internação hospitalar apresentavam alterações mais significativas da capacidade de difusão pulmonar e alterações radiológicas do tórax, e essas são as pessoas que são a principal população-alvo para diagnósticos e adoção de procedimentos de reabilitação em longo prazo (HUANG *et al.*, 2021).

Dessa forma, um desafio se apresenta para os sistemas de saúde nos seus diversos níveis de atenção, particularmente no nível inicial da atenção à saúde, quanto à avaliação de sintomas e disfunção respiratória.

1.7 Mensagens finais

- As doenças respiratórias crônicas têm grande impacto na saúde da população.
- A atuação das equipes da APS é fundamental para a prevenção e o diagnóstico dos problemas de saúde prevalentes.
- Diagnóstico precoce e adequado das doenças respiratórias crônicas permite:
 - Tratamentos corretos
 - Redução das hospitalizações
- O subdiagnóstico das doenças atrasa o tratamento e piora desfechos clínicos.
- A realização da espirometria na APS é viável.
- As consequências da covid-19 vão impor novos desafios e cuidados às pessoas que foram acometidas por essa enfermidade.

Referências

- ANASTASIO, F. *et al.* Medium-term impact of COVID-19 on pulmonary function, functional capacity and quality of life. **European Respiratory Journal**, Copenhagen, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1183/13993003.04015-2020>. Disponível em: <https://erj.ersjournals.com/content/58/3/2004015>. Acesso em: 11 fev. 2022.
- GLOBAL BURDEN OF DISEASES © 2021. Disponível em: <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>. Acesso em: 11 mar. 2021.
- HAHN, D. L.; BEASLEY, J. W. Diagnosed and possible undiagnosed asthma: a Wisconsin Research Network (WReN) Study. Wisconsin Research Network (WReN) Asthma Prevalence Study Group. **The Journal of Family Practice**, New York, v. 38, n. 4, p. 373-379, Apr. 1994.
- HUANG, C. *et al.* 6-month consequences of COVID-19 in patients discharged from hospital: a cohort study. **Lancet**, London, v. 397, n. 10270, p. 220-232, Jan. 2021.
- MENEZES, M. B. *et al.* Provision of inhaled corticosteroids is associated with decrease in hospital admissions in Brazil: a longitudinal nationwide study. **Respiratory Medicine**, London, v. 166, May 2020. DOI:10.1016/j.rmed.2020.105950. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32250873/>. Acesso em: 2 abr. 2021.
- NASCIMENTO, O. A. *et al.* Chronic obstructive pulmonary disease is underdiagnosed and undertreated in São Paulo (Brazil): results of the PLATINO study. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, São Paulo, v. 40, n. 7, p. 887-895, July 2007.
- NEFFEN, H. *et al.* Asthma control in Latin America: the asthma insights and reality in Latin America (AIRLA) survey. **Revista Panamericana de Salud Pública**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 191-197, 2005.
- RIO GRANDE DO SUL. Telessaúde-RS/RESPIRANET. © 2021. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/telessauders/telediagnostico/respiranet/>. Acesso em: 11 mar. 2021.
- SÃO JOSÉ, B. P. *et al.* Mortalidade e incapacidade por doenças relacionadas à exposição ao tabaco no Brasil, 1990 a 2015. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 20, p. 75-89, maio 2017. Supl. 1.
- VILAÇA, E. M. **O cuidado das condições crônicas na Atenção Primária à Saúde: o imperativo da consolidação da estratégia da saúde da família**. Brasília, OPAS, 2012. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/cuidado_condicoes_atencao_primaria_saude.pdf. Acesso em: 21 fev. 2021.

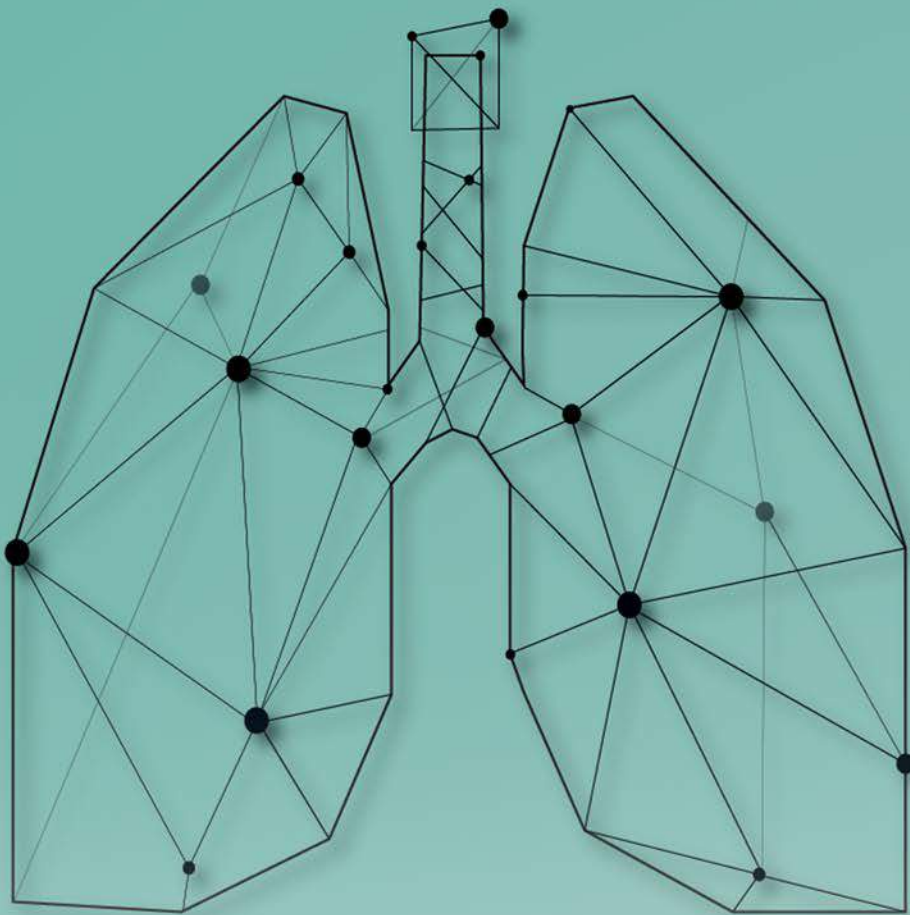
WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global Health Estimates:** life expectancy and leading causes of death and disability. Geneve: WHO, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>. Acesso em: 21 jan. 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **The global burden of disease:** 2004: Update. Geneva, Switzerland: WHO, ©2008. Disponível em: http://GBD_report_2004update_full.pdf (who.int). Acesso em: 23 abr. 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. © 2021. Disponível em: <https://covid19.who.int/region/amro/country/br>. Acesso em: 31 ago. 2021.

2 Aquisição de conhecimentos sobre os princípios da espirometria, volumes e capacidades pulmonares

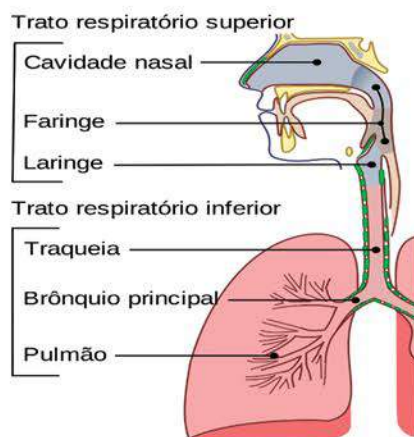
Camila Farnese Rezende



2.1 Impacto das doenças respiratórias crônicas no mundo e no Brasil

O sistema respiratório é formado pelos tratos respiratórios superior e inferior (Figura 7) (MOORE; DALLEY; AGUR, 2019).

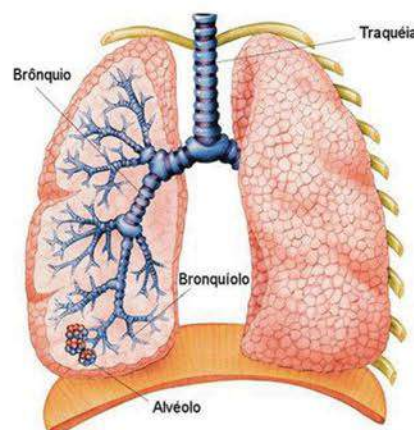
Figura 7 – Sistema respiratório e o limite entre os tratos respiratórios superior e inferior



Fonte: Adaptado de: Moore; Dalley; Agur, 2019.

No superior, encontramos a cavidade nasal, os seios paranasais, a nasofaringe e a laringe, que têm a função de filtrar, umedecer e ajustar a temperatura do ar. E, no trato inferior, a traqueia e os pulmões. Os pulmões são órgãos esponjosos, com aproximadamente 25 centímetros (cm) de comprimento, sendo envolvidos por uma membrana serosa denominada pleura. São divididos em lobos, o direito em lobo superior, médio e inferior e o esquerdo em superior e inferior. Nos pulmões, os brônquios ramificam-se profusamente dando origem a tubos cada vez mais finos, os bronquíolos. O conjunto altamente ramificado de bronquíolos é a árvore brônquica ou árvore respiratória. Cada bronquíolo termina em pequenas bolsas formadas por células epiteliais achatadas recobertas por capilares sanguíneos, denominadas alvéolos pulmonares (Figura 8) (MOORE; DALLEY; AGUR, 2019).

Figura 8 – Ramificação brônquica e os alvéolos

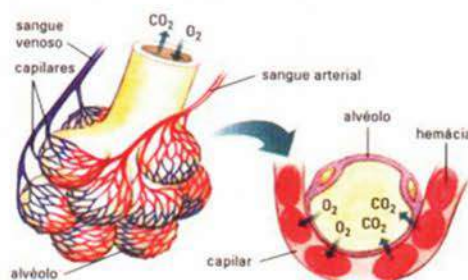


Fonte: Adaptado de: Moore; Dalley; Agur, 2019.

2.2 Fisiologia do sistema respiratório

A função primária do pulmão é fornecer o oxigênio (O_2) aos tecidos e eliminar dióxido de carbono (CO_2) do corpo (Figura 9). A adequada oxigenação do sangue e a eliminação de CO_2 dependem do funcionamento de diferentes etapas que são interdependentes: ventilação alveolar, difusão dos gases, transporte de O_2 e CO_2 no sangue e nos líquidos corporais e suas trocas com as células de todos os tecidos e regulação da ventilação alveolar (GUYTON; HALL, 2017).

Figura 9 – Etapas envolvidas na função pulmonar de difusão e trocas gasosas

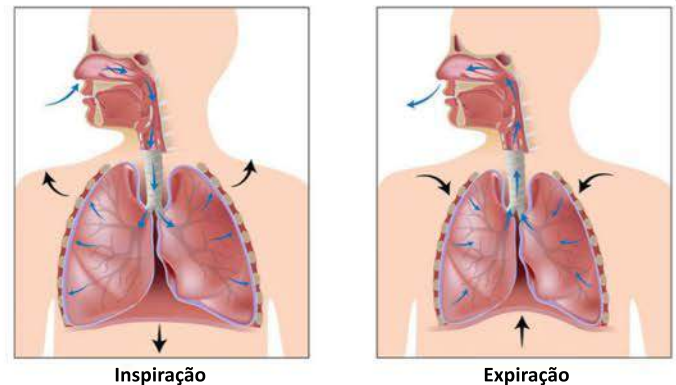


Fonte: Adaptado de: Guyton; Hall, 2017.

2.3 Ventilação pulmonar

Corresponde à entrada e saída de ar nos pulmões a partir da atmosfera até os alvéolos pulmonares. É dividida em duas fases: a inspiração e a expiração. Durante a inspiração, o diafragma e os músculos intercostais se contraem fazendo com que o diafragma se rebaixe e se retifique, e a caixa torácica aumente de volume. Durante a expiração, o diafragma e os músculos intercostais relaxam fazendo com que o diafragma se eleve e as costelas retomem a sua posição original e, com isso, o volume da caixa torácica diminui, forçando o ar para fora dos pulmões (GUYTON; HALL, 2017).

Figura 10 – Fases de inspiração e expiração pulmonar



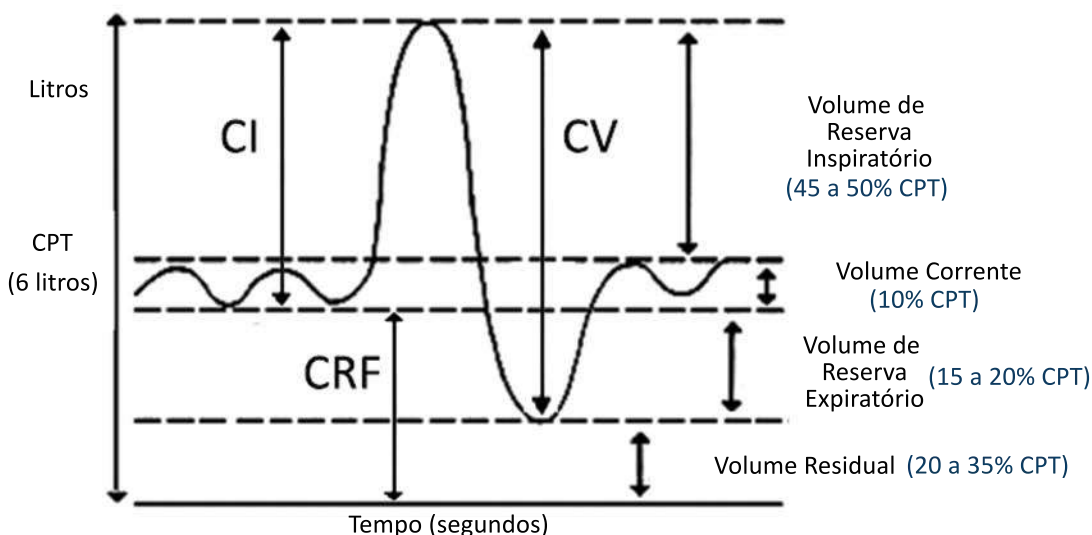
Fonte: Adaptado de: Guyton; Hall, 2017.

A inspiração é um ato ativo que requer contração muscular enquanto a expiração é um ato passivo (Figura 10). Esse mecanismo de ventilação é automático e é realizado em uma frequência de 12 a 20 movimentos por minuto por um adulto em repouso. Essa frequência é denominada frequência respiratória (GUYTON; HALL, 2017).

Os quatro **volumes pulmonares**, denominados fundamentais, são medidos em litros (L) ou em mililitros (ml) (Figura 11) (PEREIRA; NEDER, 2002; GUYTON; HALL, 2017). São eles:

- a) **Volume Corrente (VC):** é o volume inspirado ou expirado, em cada respiração normal (cerca de 500 ml em um homem adulto).
- b) **Volume de Reserva Inspiratória (VRI):** é o volume máximo de ar que pode ser inspirado, além do volume corrente normal, quando a pessoa inspira com a força total (cerca de 3000 ml em um homem adulto).
- c) **Volume de Reserva Expiratória (VRE):** é o volume máximo de ar que pode ser expirado de forma forçada, além de uma expiração normal (cerca de 1100 ml em um homem adulto).
- d) **Volume Residual (VR):** é o volume de ar que permanece nos pulmões mesmo após uma expiração forçada e que só pode ser obtido por meio de equipamentos com circuito fechado e com conhecimento prévio da quantidade e da porcentagem dos gases nele contido (cerca de 1200 ml em um homem adulto). Não é possível obter esse volume pela espirometria simples.

Figura 11 – Volumes pulmonares



Fonte: Adaptado de: Pereira; Neder, 2002.

CI: Capacidade Inspiratória

CRF: Capacidade Residual Funcional

CPT: Capacidade Pulmonar Total

CV: Capacidade Vital

Volume de Reserva Inspiratório (45 a 50% CPT)

Volume Corrente (10% CPT)

Volume de Reserva Expiratório (15 a 20% CPT)

Volume Residual (20 a 35% CPT)

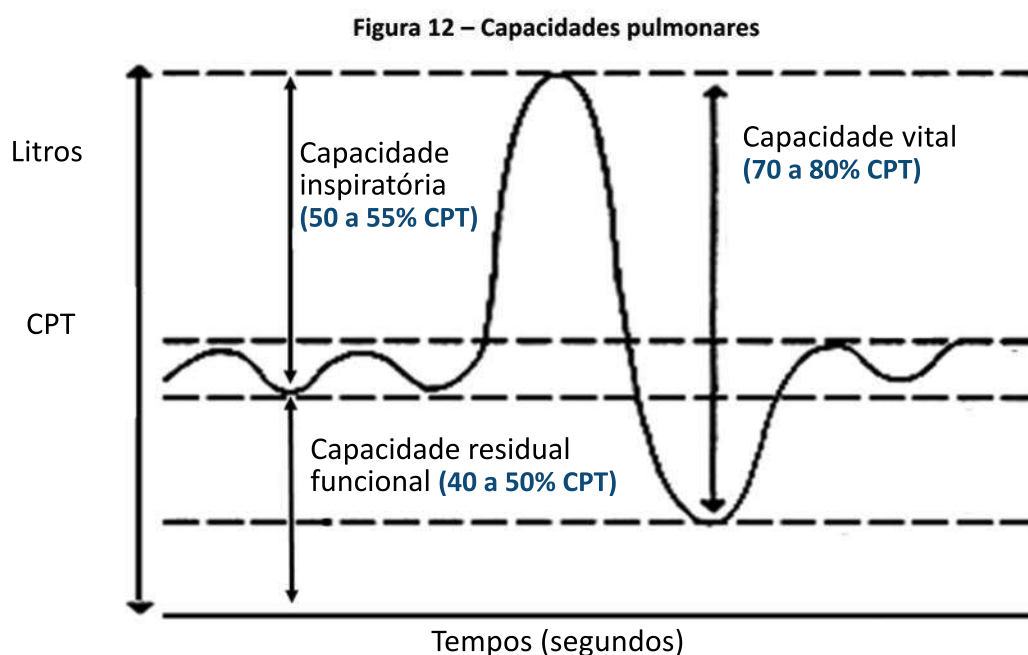
Ao descrevermos os eventos no ciclo pulmonar é importante considerar dois ou mais volumes combinados, que são chamados de capacidades pulmonares (Figura 12). Isto é, não se mede uma capacidade pulmonar, mas estima-se por meio de valores dos volumes já descritos (PEREIRA; NEDER, 2002; GUYTON; HALL, 2017). São elas:

a) **Capacidade Inspiratória (CI):** é o volume máximo que pode ser inspirado após uma expiração normal, distendendo os pulmões até seu máximo. É composta pela soma do VC com o VRI (cerca de 3500 ml em um homem adulto).

b) **Capacidade Residual Funcional (CRF):** é o volume de ar que permanece nos pulmões após uma expiração normal. É composta pela soma do VRE com o VR. Esta também não pode ser obtida pela espirometria simples (cerca de 2300 ml em um homem adulto).

c) **Capacidade Vital (CV):** é o volume máximo de ar que pode ser expirado após uma inspiração máxima. É composta pela soma de VRI, VC e VRE (cerca de 4600 ml em um homem adulto).

d) **Capacidade Pulmonar Total (CPT):** é a quantidade de ar contida nos pulmões após uma inspiração máxima. É composta pela soma dos quatro volumes: VRI, VRE, VC e VR (cerca de 5800 ml em um homem adulto).



Fonte: Adaptado de: Pereira; Neder, 2002.

Todos os volumes e capacidades pulmonares são cerca de 20% a 25% menores nas mulheres que nos homens, e são maiores em pessoas atléticas e com massas corporais maiores que em pessoas menores e astênicas (PEREIRA; NEDER, 2002; GUYTON; HALL, 2017).

A ventilação pulmonar pode ser estudada por meio do registro do movimento do volume de ar para dentro e para fora dos pulmões, que é chamado de **espirometria** (PEREIRA; NEDER, 2002).

2.4 Princípios da espirometria

2.4.1 O que é?

O termo espirometria é proveniente do latim (spiro = respirar e metrum = medida) e consiste em medir a entrada e a saída de ar nos pulmões por meio de exame de sopro. Como o ar, por si só, apresenta uma certa dificuldade de ser medido volumetricamente, a espirometria utiliza-se de registros gráficos desse ar e gera valores pulmonares numéricos (PEREIRA; NEDER, 2002).

2.4.2 Histórico

A primeira tentativa de medir um volume pulmonar remonta ao século II, quando Galeno, o famoso médico grego, tentou determinar o volume respiratório fazendo a criança encher uma bexiga. Foram surgindo outras invenções e estudos sobre fisiologia respiratória, mas o marco do início do teste de espirometria ocorreu em 1846, com John Hutchinson, um médico inglês que inventou um espirômetro baseado nas idéias anteriores (PEREIRA; NEDER, 2002).

Figura 13 – Um modelo de espirômetro



Fonte: Adaptado de: Pereira; Neder, 2002.

Ele foi a fonte de inspiração para outros pesquisadores, até que, na década de 1940, Tiffeneau contribuiu de forma decisiva para que o espirômetro saísse da bancada científica e fosse incorporado ao laboratório clínico. Desde então, foram desenvolvidos softwares para a espirometria, estabelecendo valores previstos para cada indivíduo, de acordo com equações de tabelas de normalidades para populações específicas. Todo equipamento deve fornecer informações sobre capacidade, exatidão da acurácia, com margens de erro e devem ter controle de qualidade aprovado pela ATS - *American Thoracic Society* ou pela BTS - *British Thoracic Society* (Figura 13) (PEREIRA; NEDER, 2002).

2.4.3 Como é feito o exame?

A espirometria é realizada por meio da manobra de sopro, sendo indolor. A pessoa deve estar assentada, com queixo levemente elevado; um clipe nasal é colocado, a fim de evitar escape do ar pelo nariz. O tubo é então colocado na boca e conectado ao espirômetro. A pessoa deve encher o peito de ar o máximo possível e, em seguida, soprar o mais rapidamente possível, colocando para fora dos pulmões todo o ar que puder (Figura 14) (PEREIRA; NEDER, 2002).

Além dessa manobra expiratória forçada, pode ser realizada durante respiração lenta, que é a manobra realizada sem que a pessoa expire colocando força máxima (a diferença nessas manobras será mais bem entendida no vídeo prático da aula 6) (PEREIRA; NEDER, 2002).

O exame dura 30 minutos, em média, quando são realizadas manobras antes e após broncodilatador (prova broncodilatadora). Cada manobra espirométrica deve ser repetida no mínimo três vezes para assegurar que as medidas sejam aceitáveis e reproduzíveis (PEREIRA; NEDER, 2002).

Figura 14 – Pessoa posicionada e pronta para a realização da espirometria



Fonte: Adaptado de: Pereira; Neder, 2002.

2.4.4 Cuidados técnicos

Para que a espirometria seja confiável, há necessidade de que certos cuidados sejam garantidos (PEREIRA; NEDER, 2002; GRAHAM *et al.*, 2019):

1. Compreensão e colaboração da pessoa;
2. Registro de sexo, idade, estatura e raça para cálculo dos valores de normalidade. Peso e Índice de Massa Corpórea (IMC) são importantes porque refletem a massa corporal e podem interferir na função pulmonar. Entretanto, nos estudos publicados sobre equações de referência, IMC não influenciou diretamente nos valores de normalidade;
3. Conhecimento técnico de quem realiza o teste;
4. Voz de comando (alta, esclarecedora, incentivadora, padronizada e, sempre que possível, por um mesmo operador);
5. Equipamento de boa qualidade e devidamente calibrado;
6. Controle ambiental de temperatura e pressão barométrica (Condições corporais, temperatura corporal, pressão ambiente, saturada com vapor d'água - BTPS);
7. Médico habilitado para laudar o exame.

2.4.5 Instruções para a pessoa antes do exame (GRAHAM *et al.*, 2019)

1. Não é necessário jejum, mas refeições volumosas devem ser evitadas 1 hora (h) antes;
2. Não fumar 1h antes;
3. Não realizar atividade física vigorosa 1h antes;
4. Álcool não deve ser ingerido nas últimas 8h;
5. Vestir roupa confortável (evitar restrição torácica e da expansão abdominal);
6. Repouso da pessoa 5 a 10min antes do teste.

Se o exame solicitado é a espirometria com prova broncodilatadora, para fins de diagnóstico, devem-se suspender os broncodilatadores de uso em domicílio, conforme quadro abaixo (GRAHAM *et al.*, 2019):

Quadro 1 – Tempo de suspensão de medicamentos de uso inalatório antes da realização da espirometria

Medicamento	Tempo de suspensão
B2 agonista de curta ação (salbutamol, fenoterol)	4 - 6h
Anticolinérgico de curta ação (ipratrópio)	12h
B2 agonista de longa ação (formoterol, salmeterol)	24h
B2 agonista de ultra longa ação (indacaterol, olodaterol)	36h
Anticolinérgico de longa ação (tiotrópio, umeclidínio, glicopirrônio)	36 - 48h

Fonte: Adaptado de Pereira: C.A.C. Testes de função pulmonar: bases, interpretação e aplicações clínicas. 1 ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2021.

2.5 Conclusões

Diante do exposto, pode-se concluir que a espirometria:

- Exame inicial imprescindível para medida de volumes e capacidades pulmonares.
- Pode ser realizada antes e após broncodilatador e durante respiração lenta e forçada.
- Exige treinamento do técnico responsável pelo exame, um ambiente propício, um equipamento com controle de qualidade e de um médico habilitado para laudar.

Referências

GRAHAM, B. L. *et al.* Standardization of Spirometry 2019 Update: An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, New York, v. 200, n. 8, p. e70-e88, Oct. 2019.

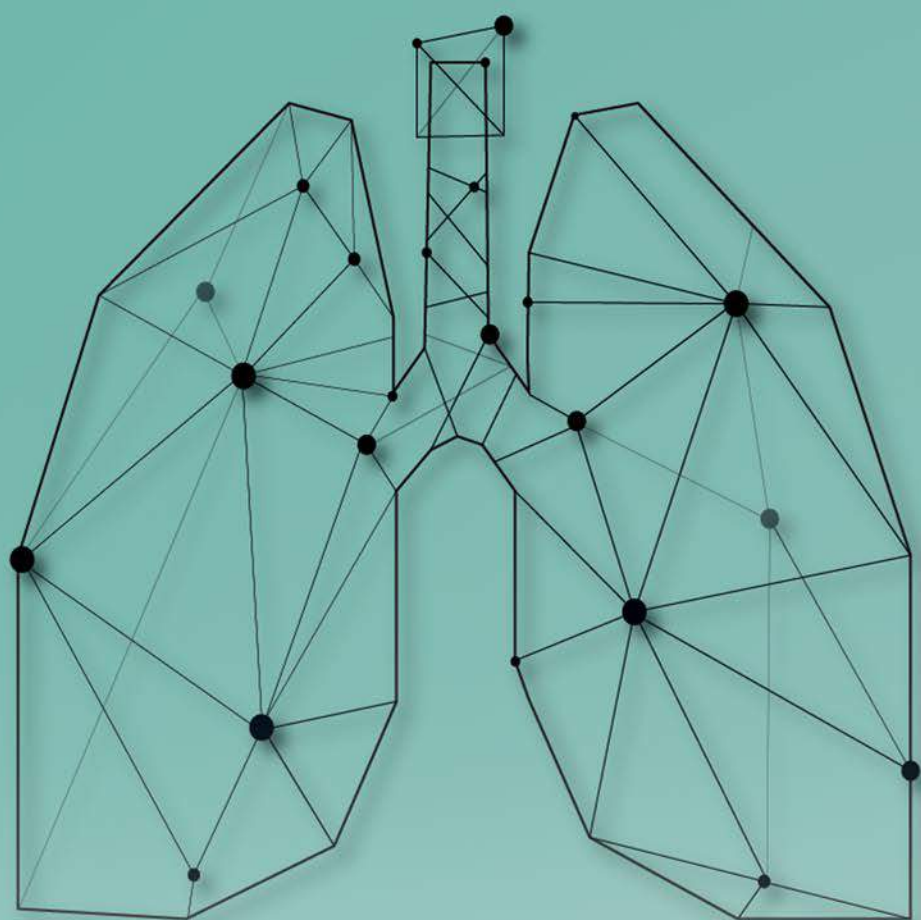
GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

MOORE, K. L.; DALLEY, A. F.; AGUR, A. M. R. **Anatomia orientada para a clínica**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2019.

PEREIRA, C. A. C.; NEDER, J. A. Diretrizes para testes de função pulmonar. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, DF, v. 28, p. 1-82, 2002. Supl. 3.

3 Indicações da espirometria

Ricardo de Amorim Corrêa



3.1 Introdução

Testes de avaliação da função pulmonar auxiliam no diagnóstico de pessoas com sintomas respiratórios, na determinação da gravidade de disfunção ventilatória, além de informar sobre os possíveis mecanismos da doença e ajudar na avaliação da resposta ao tratamento.

As indicações gerais da espirometria são (PEREIRA; NEDER, 2002):

- a) Diagnóstico: identificação de doença ou envolvimento pulmonar;
- b) Determinação da gravidade do distúrbio ventilatório;
- c) Detecção precoce de doença - DPOC, fibrose pulmonar;
- d) Esclarecimento de outras doenças pulmonares comuns;
- e) Investigação de pessoa com sintomas, como dispneia (falta de ar) e tosse;
- f) Avaliação da resposta a tratamentos;
- g) Avaliação de incapacidade de trabalhadores expostos a partículas potencialmente nocivas - ocupacional, justiça previdenciária;
- h) Avaliação pré-operatória de pessoas candidatas a procedimentos cirúrgicos no tórax e outras regiões do corpo.

Como exemplos de pessoas e situações nas quais a espirometria é frequentemente solicitada, citam-se:

Confirmação de doença pulmonar em indivíduos de risco (PEREIRA; NEDER, 2002):

- a) Indivíduos com sintomas e história familiar sugestiva de asma, como tosse, chiado, falta de ar;
- b) Diagnóstico de DPOC em pessoas tabagistas ou ex-tabagistas ou expostas à fumaça de combustão de lenha ou outros materiais, com sintomas respiratórios;
- c) Indivíduos expostos a ambientes poluídos com asbesto, isocianatos e outras substâncias, inclusive industriais;
- d) Indivíduos com doenças sistêmicas, como lúpus, esclerose sistêmica, artrite reumatoide, entre outras;
- e) Indivíduos com doenças neurológicas e/ou musculares, como polimiosite e esclerose lateral amiotrófica, dentre outras;
- f) Doenças de acometimento difuso: doenças intersticiais pulmonares crônicas, como a fibrose pulmonar.

Avaliação pré-operatória:

- a) Determinar presença e gravidade de disfunção ou doença pulmonar que possa aumentar o risco da pessoa;
- b) Estimar o risco de complicações pulmonares pós-operatórias.

Na avaliação pré-operatória, outros testes de função pulmonar podem ser necessários. Exemplos de cirurgias em que uma avaliação da função pulmonar é solicitada: cirurgia na parte superior do abdome, cirurgia na parte abdominal baixa quando se prevê que o processo será extenso ou prolongado, cirurgia de cabeça e pescoço (PEREIRA; NEDER, 2002).

O risco de complicações no pós-operatório de cirurgia abdominal alta varia de acordo com o grau da alteração encontrada na espirometria - Volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁)/Capacidade vital forçada (CVF) e tempo de cirurgia (Figura 15) (PEREIRA; NEDER, 2002).

Figura 15 – Risco de complicações pós-operatórias de acordo com o tempo cirúrgico, presença de doença pulmonar e outras doenças associadas

Grupos	Pneumopatia ou VEF ₁ /CVF < 70 %	Doença clínica associada*	Tempo cirúrgico > 210 minutos	Risco (%)
1	Não	Não	Não	14-19
2	Não	Sim	Não	21-25
3	Não	Não	Sim	20-25
4	Sim	Não	Não	27-28
5	Não	Sim	Sim	28-32
6	Sim	Sim	Não	35-37
7	Sim	Não	Sim	36-36
8	Sim	Sim	Sim	45-47

* Hipertensão arterial sistêmica, diabetes mellitus e cardiopatia de qualquer natureza.

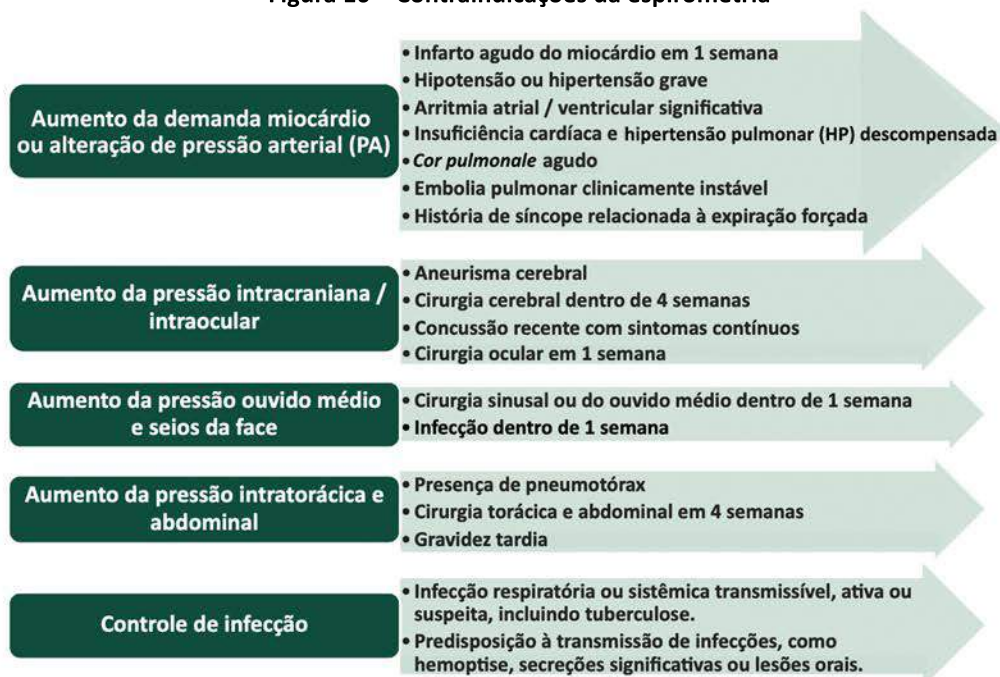
Fonte: Adaptado de: Pereira; Neder, 2002.

No caso da cirurgia torácica para ressecção de pulmão ou parte do órgão, a espirometria, além de estimar o risco de complicações, auxilia na estimativa da função pulmonar pós-operatória.

3.2 Contraindicações

Na maioria das vezes, o exame pode ser realizado sem maiores complicações. Entretanto, deve-se estar atento a algumas contraindicações. São elas (Figura 16) (GRAHAM *et al.*, 2019):

Figura 16 – Contraindicações da espirometria



Fonte: Adaptado de: Graham *et al.*, 2019.

3.3 Conclusões

Diante do exposto, pode-se concluir que a espirometria:

- a) É o teste mais indicado na avaliação inicial da função pulmonar;
- b) É fundamental no diagnóstico e acompanhamento de pessoas com DPOC, asma, doença pulmonar difusa e outras pessoas com sintomas respiratórios;
- c) É necessária na avaliação do risco operatório;
- d) Está indicada em pessoas em risco de exposição a fumaças e poeiras no ambiente domiciliar ou ocupacional;
- e) Deve estar sempre disponível, pois doenças respiratórias são muito prevalentes;
- f) Necessita de técnicos interessados, motivados e bem treinados;
- g) Deve ser realizada em parceria com o médico e o serviço de saúde, em condições adequadas, sendo o laudo de responsabilidade do médico.

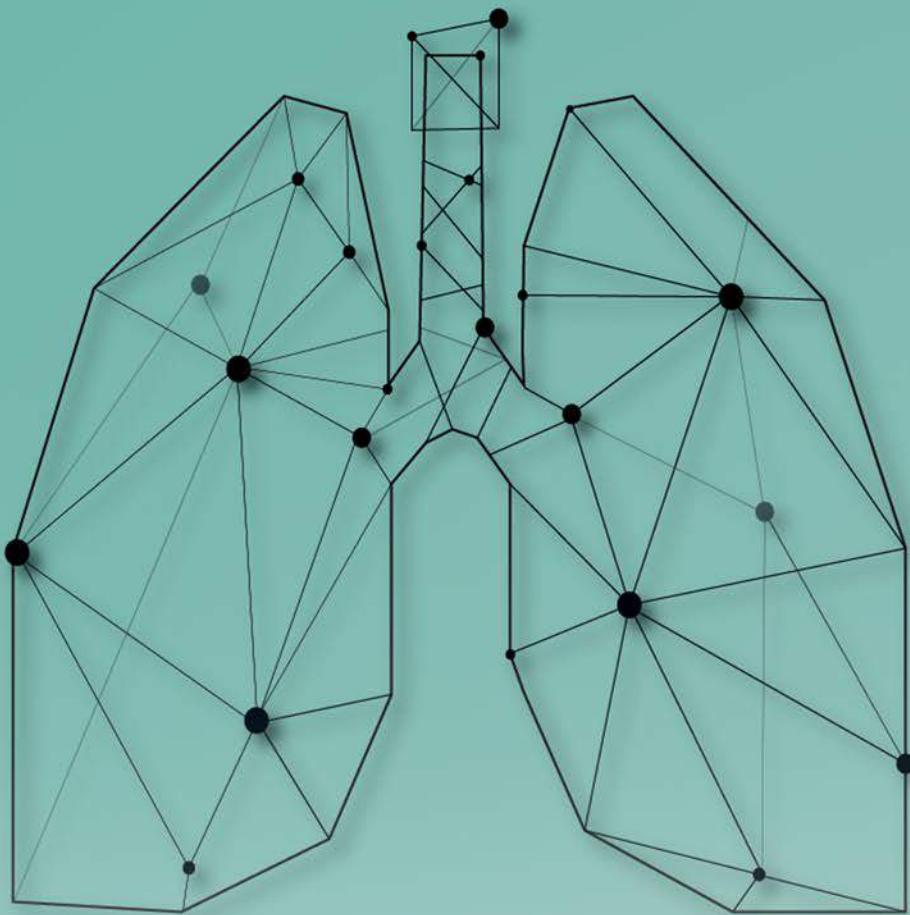
Referências

GRAHAM, B. L. *et al.* Standardization of Spirometry 2019 Update: An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, New York, v. 200, n. 8, p. e70-e88, Oct. 2019.

PEREIRA, C. A. C.; NEDER, J. A. Diretrizes para testes de função pulmonar. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, DF, v. 28, p. 1-82, 2002. Supl. 3.

4 Questionário respiratório

Eliane Viana Mancuzo



4.1 Introdução

É importante que a pessoa seja instruída, quando o exame for agendado, em relação a algumas recomendações (GRAHAM *et al.*, 2019):

- ☐ Não é necessário jejum, mas refeições volumosas devem ser evitadas 1h antes;
- ☐ Não fumar 1h antes;
- ☐ Não realizar atividade física vigorosa 1h antes;
- ☐ Álcool não deve ser ingerido nas últimas 8h;
- ☐ Vestir roupa confortável;
- ☐ Repouso da pessoa 5 a 10min antes do teste.

O **questionário respiratório** é realizado com o objetivo de auxiliar o médico que vai interpretar os resultados da espirometria e deve sempre ser realizado antes de iniciar o teste (PEREIRA; NEDER, 2002).

Em virtude da pandemia do coronavírus, antes de iniciarmos os exames, deveremos realizar uma avaliação específica, com perguntas direcionadas e classificar a pessoa como de **ALTO RISCO** (em caso de qualquer afirmação positiva) ou **BAIXO RISCO** para infecção pelo coronavírus (PEREIRA, 2021):

1 - Você teve algum dos sintomas abaixo nos últimos 14 dias?

Febre () Calafrios () Tosse () Dor de garganta ()

Respiração curta/Aaperto no peito () Perda do paladar ou olfato ()

Nariz escorrendo () Congestão nasal ()

Fadiga acentuada/exaustão () Dor muscular () Diarreia () Conjuntivite ()

Teve algum sintoma novo e inexplicável? _____

2 - Realizou teste covid-19 nos últimos 14 dias?

Sim () Não ()

Se sim, qual tipo de teste? _____ Qual resultado? _____

Data do teste: __/__/__

3 - Você teve contato dentro do domicílio ou contato próximo por mais de 15 minutos sem uso de máscara com pessoa doente por suspeita ou confirmação de covid-19 nos últimos 14 dias?

Sim () Não ()

Será considerado de **ALTO RISCO** a pessoa que responder **positivo** para qualquer informação acima. A pessoa deverá ser dispensada, encaminhada para avaliação médica e o exame agendado para outra data.

Preenchimento pelo técnico em espirometria:() Pessoa de **BAIXO RISCO**() Pessoa de **ALTO RISCO**

Na presença de baixo risco, continuamos com o questionário respiratório para a espirometria:

1 - Inicialmente avaliamos a presença de sintomas com perguntas diretas (PEREIRA, 2021):

- Você habitualmente tosse ou apresenta **pigarro** pela manhã? Não () Sim ()
- Você habitualmente elimina **catarro**? Não () Sim ()
- Seu peito **chia**? Não () Sim ()
- O chiado melhora com **remédio**? Não () Sim () Qual? _____

**2 - Depois seguimos avaliando especificamente a dispneia/falta de ar (PEREIRA, 2021):**

Para a avaliação da falta de ar, utilizamos uma classificação de 0 a 4, que varia de 0: desconforto para realizar atividade que envolve muito esforço, como correr ou carregar cargas pesadas no plano, até 4, que se caracteriza por desconforto/falta de ar em repouso ou para se vestir, como pode ser visto abaixo:

Dispneia Esperada - Grau 0

Sensação de falta de ar apenas na execução de atividades extraordinárias: somente com exercícios muito intensos.

Dispneia Leve - Grau 1

Sensação de falta de ar na execução de atividades maiores: ao subir escada ou ladeira ou andar depressa no plano.

Dispneia Moderada - Grau 2

Sensação de falta de ar na execução de atividades moderadas: ao caminhar no próprio passo no plano ou dificuldade para acompanhar outra pessoa da mesma idade.

Dispneia Acentuada - Grau 3

Sensação de falta de ar na execução de atividades leves: ao andar menos de 100 metros no plano.

Dispneia Muito Acentuada - Grau 4

Incapaz de sair de casa devido à falta de ar ou falta de ar para se vestir ou despir.

De forma mais direta, pode-se dizer que:

Você sente falta de ar?

- Grau 0 (esperada) Não () Sim ()
- Grau 1 (leve) Não () Sim ()
- Grau 2 (moderada) Não () Sim ()
- Grau 3 (acentuada) Não () Sim ()
- Grau 4 (muito acentuada) Não () Sim ()



3 - Também devemos registrar a história de exposição ao cigarro ou equivalente (tabagismo) (PEREIRA, 2021):

- Fuma ou fumou cigarros? Não () Sim ()
- Com que idade começou a fumar? _____ anos
- Se ex-tabagista, há quanto tempo parou de fumar? _____
- Quantos cigarros fuma por dia? _____

Cálculo do nº de maços-ano: nº de maços de cigarro fumados em relação ao tempo de exposição ao fumo.

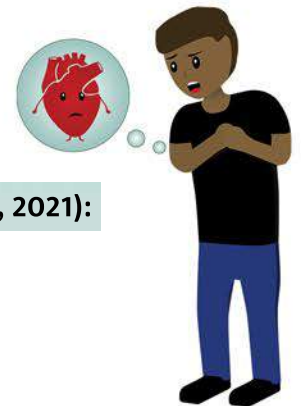
Exemplo: Para um indivíduo que fumou **5 cigarros/dia por 40 anos**:

Carga tabágica: $[5 \text{ (nº cigarros fumados por dia)} / 20 \text{ (nº de cigarros em um maço)}] \times 40 \text{ (Tempo de exposição)} = 10 \text{ maços-ano. (Equivale a ter fumado um maço de cigarro por dia por 10 anos)}$

- Você teve exposição a fogão a lenha? Não () Sim (), se sim, por quantos anos? _____

4 - Avaliação sobre doenças pulmonares prévias (PEREIRA, 2021):

- Já teve ou tem doença pulmonar? Não () Sim () Qual? _____
- Tem ou “teve” asma? Não () Sim ()
- Toma remédio para asma? Não () Sim () Qual? _____
- Cirurgia no tórax ou pulmão? Não () Sim ()
- Já precisou respirar por aparelho? Não () Sim ()



5 - Deve-se também perguntar sobre a presença de outras doenças (PEREIRA, 2021):

- Cardíacas? Não () Sim ()
- Doenças sistêmicas com envolvimento pulmonar? Não () Sim ()
- HIV positivo? Não () Sim ()
- Você teve covid-19? Não () Sim ()
- Se sim, qual data? ____/____/____
- Precisou de internação com necessidade de utilizar O₂ ou ventilação mecânica? _____

6 - E, por último, pergunte sobre exposição ambiental ou ocupacional (PEREIRA, 2021):

- 1 - Já trabalhou em ambiente com poeira por um ano ou mais? Não () Sim ()
Qual? _____ Por quanto tempo? _____
- 2 - Exposição a mofo ou travesseiro de pena de ganso ou aves? Não () Sim ()

4.2 Conclusões

O questionário respiratório sempre deve ser realizado antes do exame de espirometria. É um importante instrumento para auxiliar na sua interpretação.

Deve ser preenchido avaliando os seguintes aspectos:

- 1 - Triagem para infecção pelo coronavírus
- 2 - Avaliação dos sintomas: tosse, chieira e falta de ar
- 3 - Avaliação do tabagismo
- 4 - Doenças pulmonares prévias: asma, tuberculose, DPOC
- 5 - Outras doenças incluindo covid-19
- 6 - Exposição ocupacional: silicose, asbesto, mofo

Referências

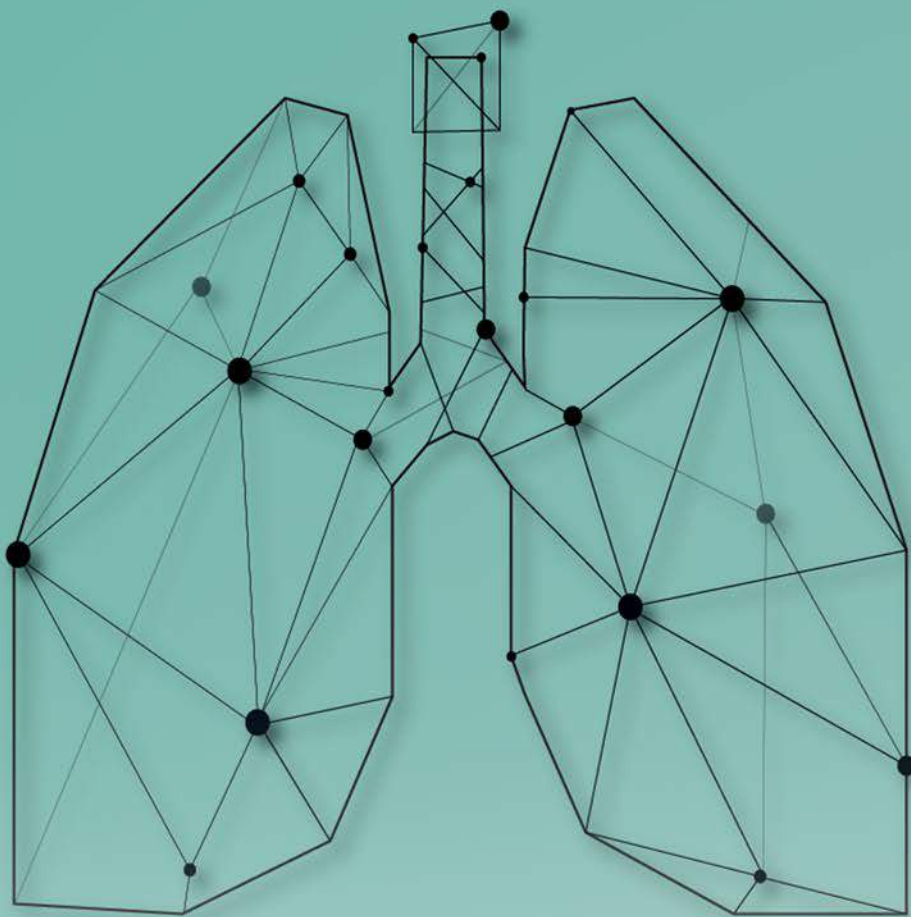
GRAHAM, B. L. *et al.* Standardization of Spirometry 2019 Update: An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, New York, v. 200, n. 8, p. e70-e88, Oct. 2019.

PEREIRA, C. A. C. **Testes de função pulmonar**: bases, interpretação e aplicações clínicas. Rio de Janeiro: Atheneu, 2021.

PEREIRA, C. A. C.; NEDER, J. A. Diretrizes para testes de função pulmonar. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, DF, v. 28, p. 1-82, 2002. Supl. 3.

5 Medida dos dados antropométricos

Eliane Viana Mancuzo



5.1 Introdução

A medida exata dos dados antropométricos é muito importante, pois pode influenciar no valor dos resultados, visto que sexo, idade e estatura são as principais variáveis relacionadas aos valores de referência para os testes de função pulmonar. As principais medidas que deverão ser realizadas são (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA; NEDER, 2002):

- Estatura
- Envergadura (nas pessoas cadeirantes)
- Peso
- IMC

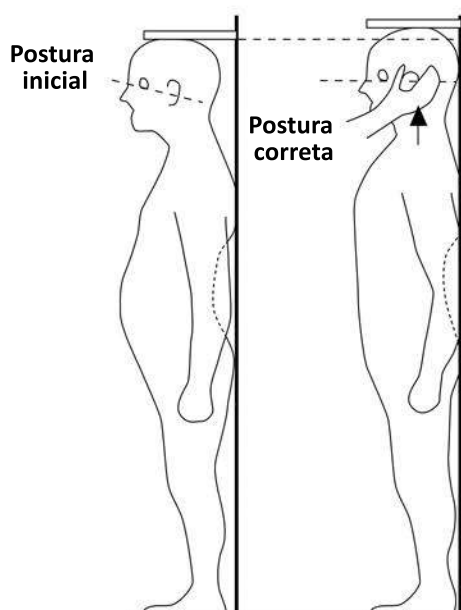
A **saturação periférica de oxigênio** também deverá ser realizada antes da realização da espirometria. É importante para nos informar sobre a condição basal da pessoa.

5.1.1 Estatura

A **estatura**, junto com sexo e idade, é a variável antropométrica com maior influência na função pulmonar. Alguns cuidados são essenciais e devem ser observados durante sua aferição:

- Sua medida deve ser rigorosa.
- Valor referido pelo indivíduo é inaceitável.
- Deve ser medida **sem sapatos**.
- Os **calcanhares devem estar juntos** e o indivíduo deve estar o mais ereto possível com os calcanhares, panturrilhas, nádegas e dorso em contato com o antropômetro.
- **Deve-se alinhar a cabeça com as mãos** para que a margem orbital inferior esteja alinhada com o meato auditivo externo e a região occipital esteja em contato com o antropômetro.

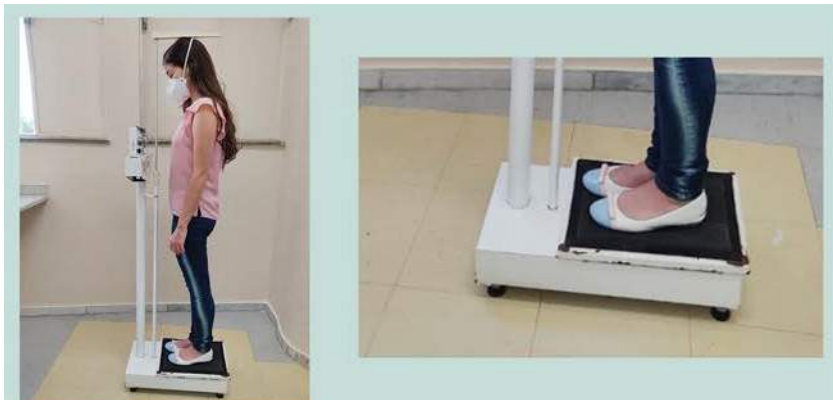
Figura 17 – Alinhar a cabeça com as mãos para que a margem orbital inferior esteja alinhada com o meato auditivo externo e a região occipital esteja em contato com o antropômetro



O indivíduo deve estar o mais ereto possível com os calcanhares juntos, panturrilhas, nádegas e dorso em contato com o antropômetro.

Veja fotografias que mostram uma maneira **incorreta** de medir a estatura e o peso, mas muito vista na prática:

Figura 18 – A jovem está curvada, sem apoio da cabeça no antropômetro e de frente



Observe que ela subiu na balança com os sapatos.
Fonte: Acervo do serviço.

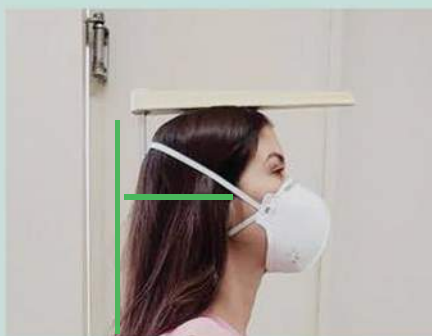
Observe abaixo a forma **correta** de medir a estatura e o peso:

Figura 19 – Os pés, panturrilha, nádega e dorso estão alinhados ao antropômetro



Fonte: Acervo do serviço.

Figura 20 – A cabeça está posicionada de modo que o pavilhão auditivo está alinhado com a região occipital, que está em contato com o antropômetro



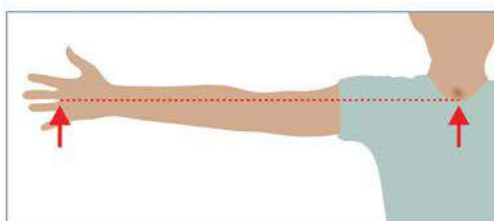
Fonte: Acervo do serviço.

5.1.2 Envergadura

Para pessoas cadeirantes, quando não será possível fazer a medida da estatura, utilizamos uma inferência pela envergadura:

- Para realização da medida, o indivíduo estende e abduz o braço esquerdo completamente.
- A semi-envergadura é o comprimento da ponta do dedo mais longo ao centro da fúrcula esternal. Para calcular a envergadura, basta multiplicar essa distância por 2 (Figura 21).

Figura 21 – Medida da envergadura



Fonte: Adaptado de: Pereira; Neder, 2002.

- Para calcular a estatura pela envergadura utilizamos a fórmula abaixo:

Figura 22 – Cálculo da estatura pela envergadura

Cálculo da estatura pela envergadura:

Estatura = Env./1,03 para mulheres

Estatura = Env./1,06 para homens

Fonte: Adaptado de: Pereira; Neder, 2002.

5.1.3 Peso

O Peso interfere menos na função pulmonar, reflete a massa corporal. O indivíduo deve retirar roupas pesadas e o calçado antes de subir na balança (PEREIRA; NEDER, 2002).

$$\text{IMC} = \text{Peso(Kg)} / \text{estatura(m}^2\text{)}$$

O estado nutricional é classificado de acordo com os valores abaixo:

Figura 23 – Classificação do estado nutricional

Abaixo do peso	< 18,50
Eutrófico	18,50 - 24,99
Sobrepeso	25,00 - 29,99
Obesidade Grau I	30,00 - 34,99
Obesidade Grau II	35,00 - 39,99
Obesidade Grau III	≥ 40,00

Fonte: Adaptado de: Whitlock G.; Lewington S., *et al.* 2009.

Ressalta-se aqui que o IMC possui limitações. Existem atualmente outros instrumentos que podem ser utilizados para avaliar o estado nutricional, como a bioimpedância, por exemplo, que avalia a composição corporal, estimando a massa magra, gordura corporal, água corporal total, entre outros dados que proporcionam informações mais precisas sobre o estado nutricional da pessoa. (WHITLOCK *et al.* 2009)

5.1.4 Medida da saturação periférica de oxigênio

A medida da saturação periférica de oxigênio deve ser realizada com a pessoa sentada, e após descansar por 5 minutos (Figura 24) (PEREIRA; NEDER, 2002).

- Posicionar o dedo no sensor com a unha para cima.
- Aguardar pelo menos 1 minuto para que a medida possa ser precisa e acurada.

Figura 24 – Medida da saturação periférica de oxigênio



Fonte: Acervo do serviço.

Algumas situações podem interferir na aferição da saturação periférica de oxigênio, como:

- Não posicionar corretamente o dedo no sensor;
- Uso de esmaltes;
- Frio e fenômeno de Raynaud [condição que afeta o fluxo sanguíneo das extremidades - mãos e pés principalmente. É uma resposta exagerada dos vasos sanguíneos à exposição ao frio (que pode ser desde leve, como entrar em ambiente com ar-condicionado, lavar as mãos em água fria, até exposição a baixas temperaturas), que acaba por levar a uma diminuição do fluxo sanguíneo para a região afetada. Com isso, dedos das mãos, dos pés, nariz, lábios, orelhas e até a língua podem apresentar dor e alteração da coloração (pela falta do fluxo sanguíneo). Classicamente, ficam pálidos primeiramente, depois cianóticos (roxos) e por fim vermelhos, que é quando o sangue volta a circular] (PEREIRA; NEDER, 2002).

Figura 25 – Fenômeno de Raynaud



Fonte: Adaptado de: Shapiro; Wigley, 2017.

5.2 Conclusões

Estatura: é a medida que mais interfere nos valores de referência para a função pulmonar.

Peso: deve ser medido sempre sem sapatos.

Envergadura: é utilizada para estimar a estatura em indivíduos cadeirantes.

IMC: é Índice de Massa Corporal = $\text{Peso(Kg)}/\text{estatura(m}^2\text{)}$.

Saturação periférica de oxigênio: também deve ser medida antes da espirometria.

Referências

GRAHAM, B. L. *et al.* Standardization of Spirometry 2019 Update: An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, New York, v. 200, n. 8, p. e70-e88, Oct. 2019.

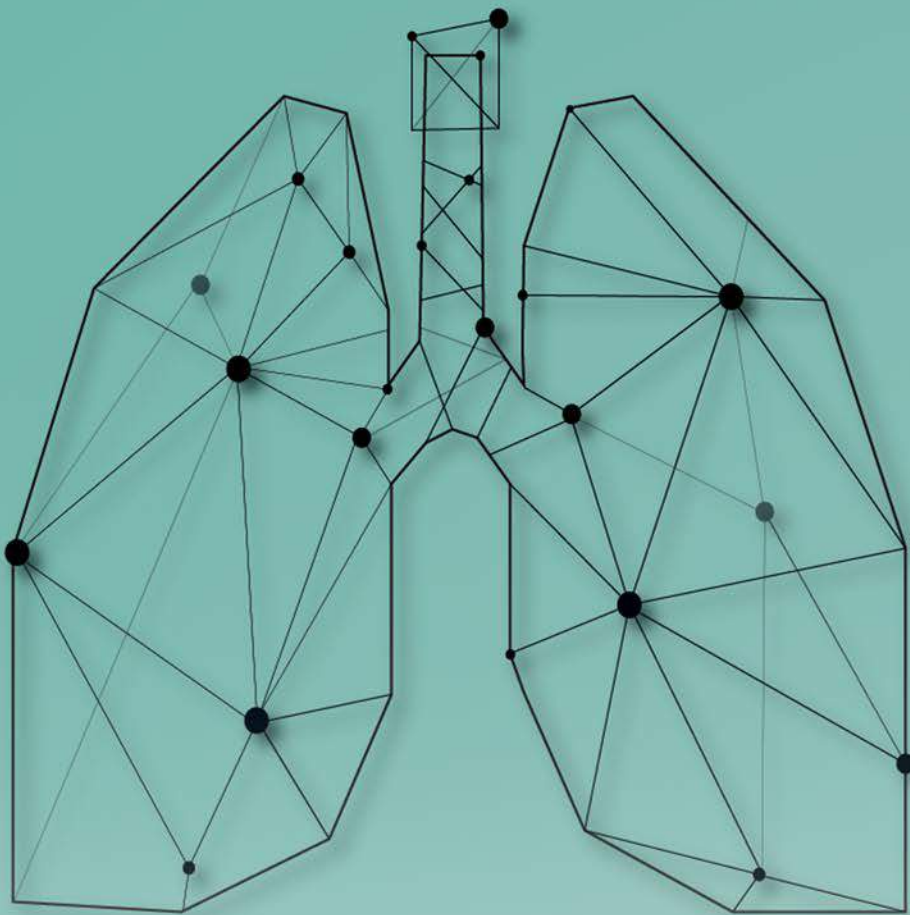
PEREIRA, C. A. C. **Testes de função pulmonar:** bases, interpretação e aplicações clínicas. Rio de Janeiro: Atheneu, 2021.

SHAPIRO, S. C.; WIGLEY, F. M. Treating Raynaud phenomenon: beyond staying warm. **Cleveland Clinic Journal of Medicine**, Cleveland, v. 84, n. 10, p. 797-804, Oct. 2017.

WHITLOCK G. *et al.* Body-mass index and cause-specific mortality in 900 000 adults: collaborative analyses of 57 prospective studies. **Lancet**, London, v. 373, n. 9669, p. 1083-1096, mar. 2009.

6 Variáveis da espirometria, curva fluxo-volume e volume-tempo

Eliane Viana Mancuzo



6.1 Introdução

A espirometria permite medir o volume de ar inspirado e expirado e os fluxos respiratórios. Existem diversos equipamentos no mercado, sendo os mais comercializados hoje os espirômetros que utilizam sensor de fluxo (Figura 26) (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA; NEDER, 2002).

Figura 26 – Espirômetros com sensor de fluxo



Fonte: Adaptado de: Ferreira; Neder, 2002.

6.2 Características dos espirômetros

6.2.1 Capacidade

Refere-se a quanto o equipamento é capaz de detectar e à faixa ou aos limites de mensuração. Num equipamento de fluxo, a capacidade refere-se à possibilidade de detectar fluxos baixos e altos e a faixa de mensuração. Os equipamentos também têm uma capacidade de tempo, ou seja, por quanto tempo o equipamento medirá o volume ou o fluxo durante o exame (PEREIRA; NEDER, 2002).

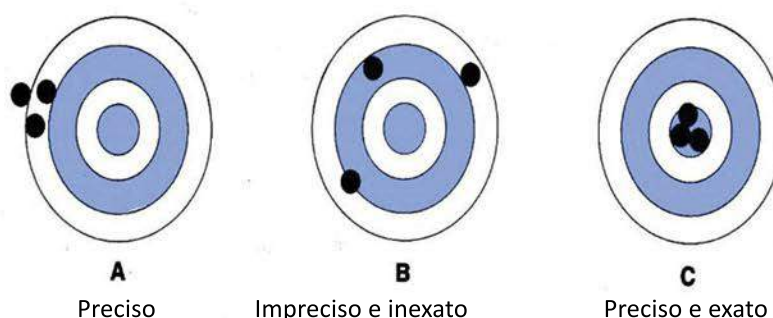
6.2.2 Exatidão ou acurácia (o alvo, figura 2C)

Reflete o grau de concordância entre o resultado da medição e o valor verdadeiro convencional da grandeza medida. Num equipamento de volume, se a injeção de 3L com uma seringa resultar em leitura de 3L, o aparelho é considerado acurado para volume. Quanto maior a acurácia, menor o erro e vice-versa (PEREIRA; NEDER, 2002).

6.2.3 Precisão (figura 2A)

É sinônimo de reprodutibilidade e é uma medida da confiabilidade do instrumento. Um teste impreciso é um teste que demonstra resultados largamente variáveis em medidas repetidas. Um aparelho preciso mostra concordância entre os resultados das medidas realizadas nas mesmas condições em curtos períodos de tempo. As figuras abaixo, representando círculos e alvos, demonstram os conceitos de precisão e exatidão (Figura 27) (PEREIRA; NEDER, 2002).

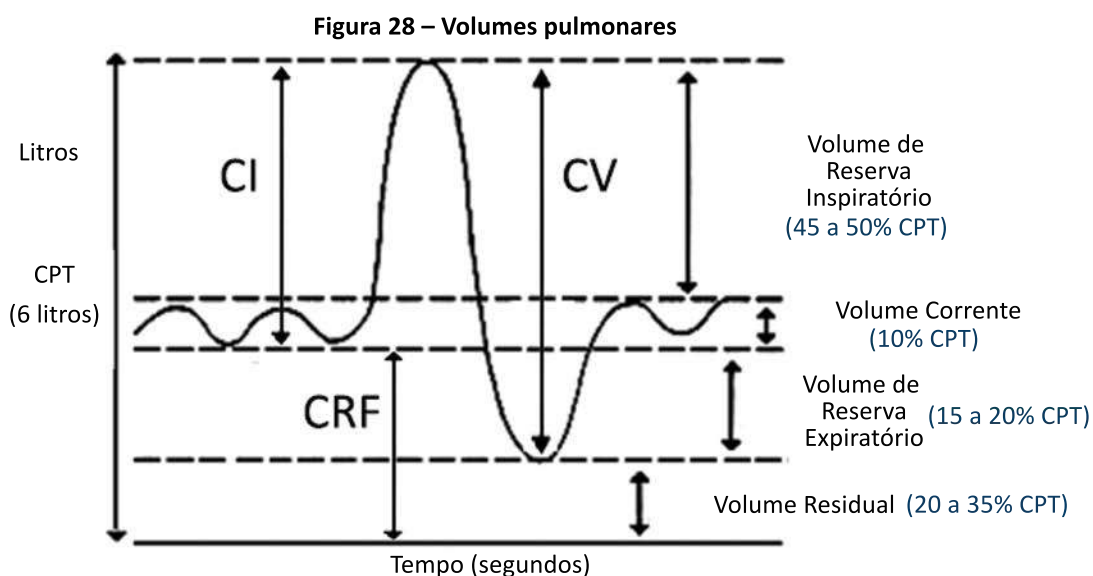
Figura 27 – Representação dos conceitos de precisão e acurácia (exatidão)



Fonte: Adaptado de: Ferreira; Neder, 2002.

6.3 Volumes e capacidades

Vamos rever aqui os volumes e capacidades pulmonares antes de entendermos as curvas que são construídas a partir do exame (PEREIRA; NEDER, 2002):



Fonte: Adaptado de: Ferreira; Neder, 2002.

Legenda: VC: Volume Corrente, VRI: Volume de Reserva Inspiratória, VRE: Volume de Reserva Expiratória, VR: Volume Residual, CI: Capacidade, CRF: Capacidade Residual Funcional, CV: Capacidade Vital, CPT: Capacidade Pulmonar Total.

Lembre que os volumes correspondem a compartimentos individuais. Podemos dividir os volumes pulmonares em quatro (PEREIRA; NEDER, 2002):

- **Volume Corrente (VC):** é o volume inspirado ou expirado, em cada respiração normal.
- **Volume de Reserva Inspiratória (VRI):** é o volume máximo de ar que pode ser inspirado, além do volume corrente normal.
- **Volume de Reserva Expiratória (VRE):** é o volume máximo de ar que pode ser expirado de forma forçada, além de uma expiração normal.
- **Volume Residual (VR):** é o volume de ar que permanece nos pulmões mesmo após uma expiração forçada e que só pode ser obtido por meio de equipamentos mais complexos. O VR é responsável por manter os alvéolos abertos. Não é possível obter esse volume pela espirometria simples.

Já as capacidades pulmonares correspondem à soma de dois ou mais volumes (PEREIRA; NEDER, 2002):

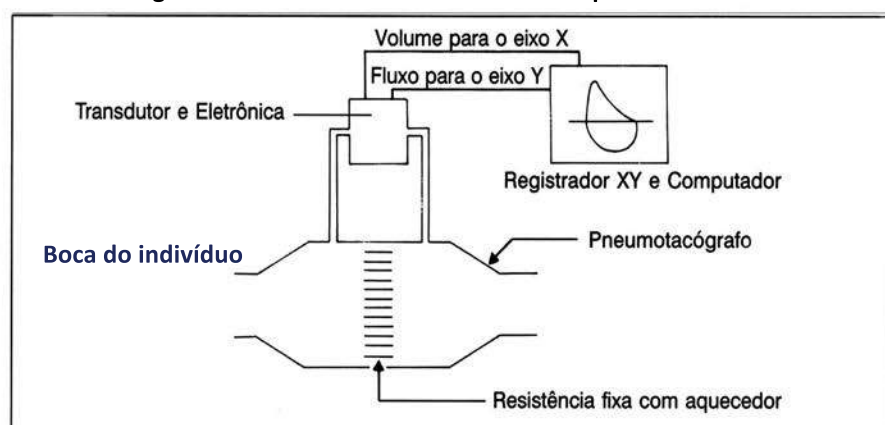
- **Capacidade Inspiratória (CI):** é o volume máximo que pode ser inspirado após uma expiração normal. É composta pela soma do VC com o VRI.
- **Capacidade Residual Funcional (CRF):** é o volume de ar que permanece nos pulmões após uma expiração normal. É composta pela soma do VRE com o VR. Essa também não pode ser obtida pela espirometria simples.
- **Capacidade Vital (CV):** é o volume máximo de ar que pode ser expirado após uma inspiração máxima. É composta pela soma de VRI, VC e VRE.
- **Capacidade Pulmonar Total (CPT):** é a quantidade de ar contida nos pulmões após uma inspiração máxima. É composta pela soma dos quatro volumes: VRI, VRE, VC e VR.

6.4 Curvas fluxo-volume e volume-tempo e volumes medidos na espirometria

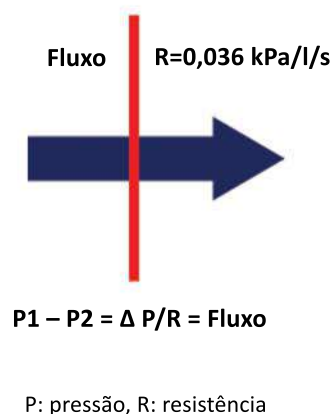
Para a medida dos volumes pulmonares, os espirômetros com sensor de fluxo usam vários princípios físicos para produzir um sinal proporcional ao fluxo de gás. O fluxo é medido diretamente e integrado eletronicamente para medida do volume. Integração é um processo no qual o fluxo (isto é, volume por unidade de tempo - l/s) é dividido num grande número de pequenos intervalos (isto é, tempo) e o volume de cada intervalo é somado. Integração pode ser realizada facilmente por um circuito eletrônico. A medida do fluxo é derivada da queda de pressão através do sistema (Figura 29). Durante a inspiração existirá uma pequena redução da pressão no lado proximal da resistência. Um transdutor diferencial de pressão é usado para medir a mudança de pressão (ΔP) através da resistência (R) e os fluxos são calculados dividindo as pressões pelo valor da resistência: $P_1 - P_2 = \Delta P / R = \text{Fluxo}$

Sumarizando: quando o indivíduo sopra no aparelho, o ar que ele sopra passa pelo sensor (pneumotacógrafo) que vai medir esse volume de ar em litros e o fluxo (volume de ar soprado por segundo), e essas informações são transmitidas para o computador, gerando as curvas da espirometria com os valores medidos (PEREIRA; NEDER, 2002).

Figura 29 – Medida dos volumes e fluxos pulmonares

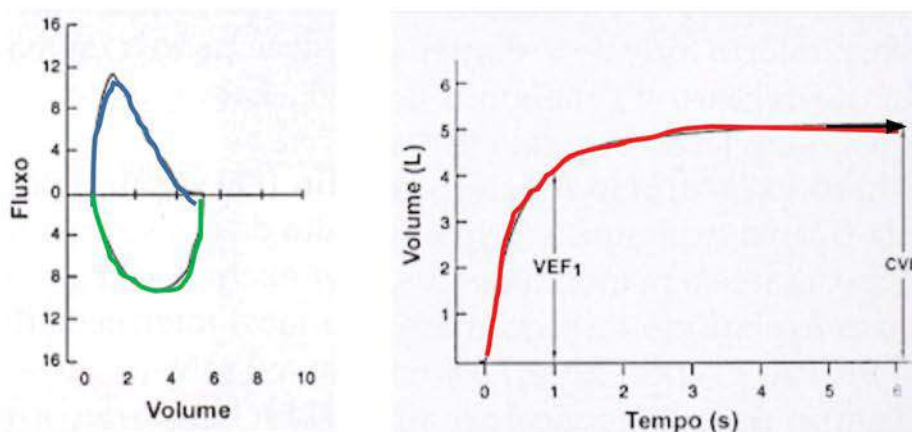


Fonte: Adaptado de: Ferreira; Neder, 2002.



Os resultados espirométricos devem ser expressos em gráficos de volume-tempo e fluxo-volume (Figura 30). É essencial que um registro gráfico acompanhe os valores numéricos obtidos no teste. A curva fluxo-volume possui a parte superior em formato triangular (em azul) e a parte de baixo em formato de meio círculo (verde). A curva volume-tempo parte do tempo zero até atingir o final da expiração que é atingido em torno de 15 segundos e com um platô (seta preta no final da curva vermelha) (PEREIRA; NEDER, 2002).

Figura 30 – Curva fluxo-volume e volume-tempo



Fonte: Adaptado de: Ferreira; Neder, 2002.

A CPT e o VR não podem ser medidos por espirometria. Nos gráficos gerados pelo sistema integrado, podemos medir os valores das variáveis para a interpretação (Figura 31) (PEREIRA; NEDER, 2002):

6.4.1 Capacidade vital forçada (CVF)

Volume de gás eliminado em manobra expiratória forçada desde a CPT, ou seja, após uma inspiração máxima, até o VR (quando não consegue mais eliminar nenhum ar). A capacidade vital pode também ser medida lentamente (CV), durante expiração partindo da CPT ou durante a inspiração, a partir do VR. A **CVF** é medida solicitando ao indivíduo, depois de inspirar até a CPT, que expire tão rápida e intensamente quanto possível num espirômetro de fluxo. O volume expirado pode ser lido diretamente a partir de um traçado na curva volume-tempo ou na curva fluxo-volume (Figuras 31, 32 e 33).

6.4.2 Volume expiratório forçado no tempo (VEFt)

Representa o volume de ar exalado num tempo especificado durante a manobra de **CVF**; por exemplo, VEF_1 é o volume de ar exalado no primeiro segundo da manobra de CVF (Na Figura 32, é representado pelo círculo azul, que mostra o valor no eixo y = 4,7L). O volume expiratório forçado em qualquer intervalo pode ser lido no gráfico como visto nas Figuras 31 e 32.

6.4.3 Fluxo expiratório forçado máximo (FEFmáx)

Representa o fluxo máximo de ar durante a manobra de CVF. Essa grandeza também é denominada de pico de fluxo expiratório (**PFE**) (Figura 33). O PFE poderia ser medido desenhando-se uma tangente na parte mais inclinada da curva volume-tempo.

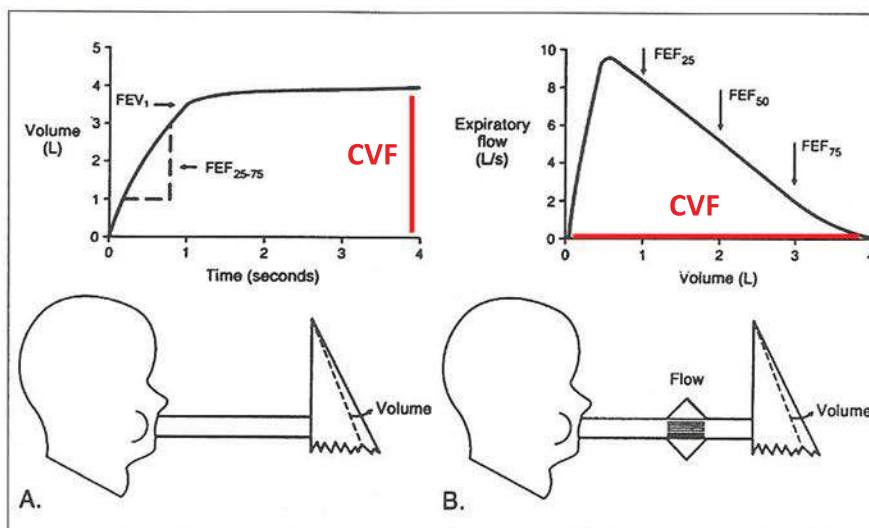
6.4.4 Fluxo expiratório forçado médio (FEFx-y%)

Representa o fluxo expiratório forçado médio de um segmento obtido durante a manobra de CVF; por exemplo, $FEF_{25-75\%}$ é o fluxo expiratório forçado médio na faixa intermediária da CVF, isto é, entre 25 e 75% da curva de CVF. O $FEF_{25-75\%}$ é medido a partir da manobra de CVF. Para calcular o $FEF_{25-75\%}$ manualmente, pode-se usar a curva volume-tempo. Os pontos nos quais os quartis 25 e 75% da CVF foram expirados são assinalados na curva (Figura 32).

6.4.5 Tempo da expiração forçada (TEF)

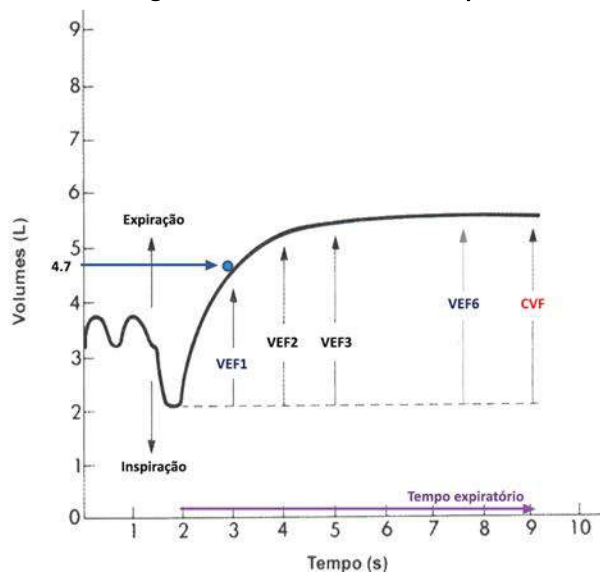
Tempo decorrido entre os momentos escolhidos para “início” e “término” da manobra de CVF. Essa grandeza é expressa em segundos (Figuras 31 e 32).

Figura 31 – Curvas volume-tempo e fluxo-volume da espirometria



Fonte: Adaptado de: Ferreira; Neder, 2002.

Figura 32 – Curva volume-tempo

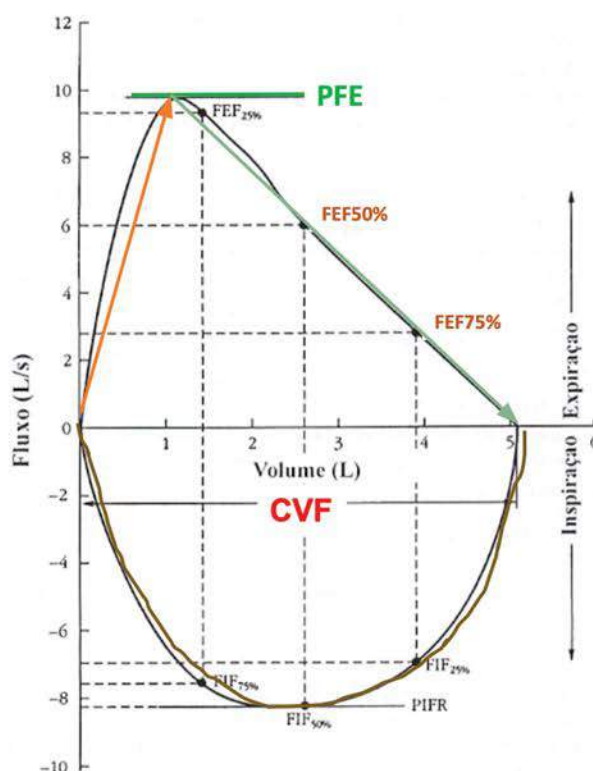


Fonte: Adaptado de: Ferreira; Neder, 2002.

A Capacidade vital lenta (CVL) é o volume de gás (ar) que pode ser expirado de maneira vagarosa depois de uma inspiração máxima. Mais adiante vamos explicar melhor como medir a CVF e CVL. Em indivíduos normais, a CVF é igual a CVL.

A partir da divisão do volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF_1) pela CVL, temos o índice de Tiffeneau (VEF_1/CVL) que será muito útil na interpretação da espirometria, como será apresentado mais adiante. Utilizamos também a razão VEF_1/CVF .

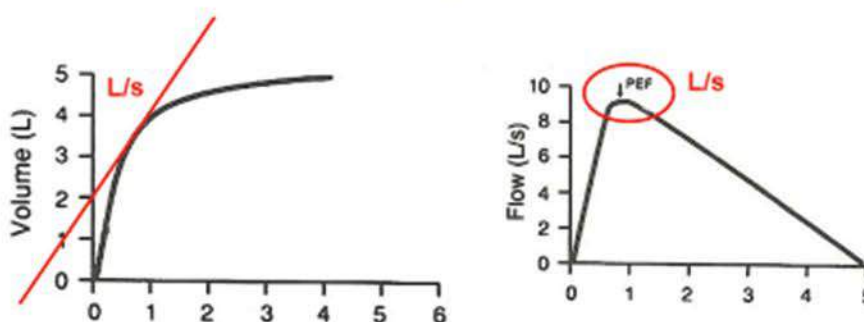
Figura 33 – Curva fluxo-volume



Fonte: Adaptado de: Ferreira; Neder, 2002.

Características da curva fluxo-volume (PEREIRA; NEDER, 2002):

- a) **Aumento rápido do fluxo ao início da expiração - elevação quase vertical.**
- b) **Fluxo máximo pontiagudo - PFE.**
- c) Descida em linha reta ao diminuir o volume pulmonar.
- d) A curva desce lentamente até a linha zero.
- e) A fase inspiratória é semicircular.
- d) A fase expiratória é triangular.

Figura 34 – Cálculo do Pico de fluxo Expiratório**Pico de fluxo expiratório - PFE**

Fonte: Adaptado de: Ferreira; Neder, 2002.

6.5 Conclusões

- A espirometria mede os volumes pulmonares na expiração e inspiração.
- Podemos obter, por meio de sistemas integrados, gráficos de curva fluxo-volume e volume-tempo.
- Por meio dessas curvas podemos calcular a capacidade vital lenta: **CVL**.
- Capacidade vital forçada: **CVF**.
- Volume expiratório forçado no primeiro segundo: **VEF₁**.
- Fluxos médios: **FEF_{25-75%}**.
- Pico de Fluxo expiratório: **PFE**.
- **VEF₁/CVL** - índice de Tiffeneau.

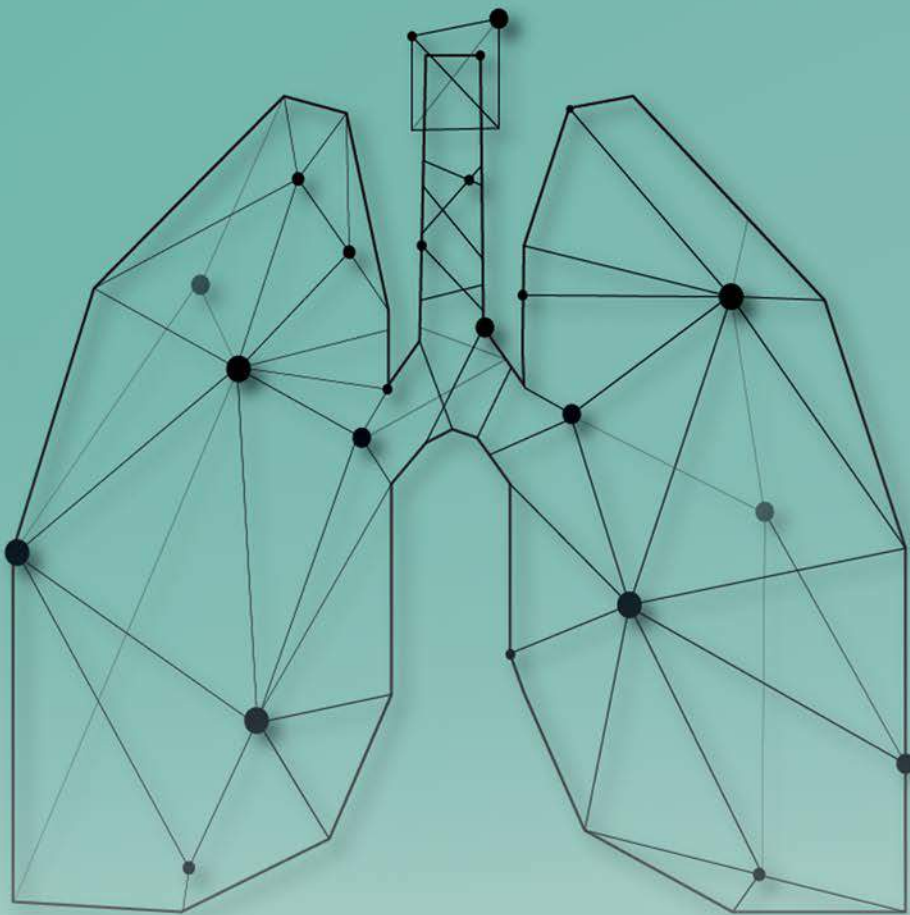
Referências

GRAHAM, B. L. *et al.* Standardization of Spirometry 2019 Update: An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, New York, v. 200, n. 8, p. e70-e88, Oct. 2019.

PEREIRA, C. A. C.; NEDER, J. A. Diretrizes para testes de função pulmonar. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, DF, v. 28, p. 1-82, 2002. Supl. 3.

7 Capacidade vital forçada e capacidade vital lenta

Eliane Viana Mancuzo



7.1 Introdução

Neste capítulo, vamos retomar alguns conceitos já inseridos no capítulo anterior que serão importantes para entender como medir as variáveis na espirometria (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021).

Iniciaremos pela **Capacidade Vital Forçada**: Volume de ar expirado de maneira forçada após uma manobra inspiratória máxima.

Como adquirir essa manobra?

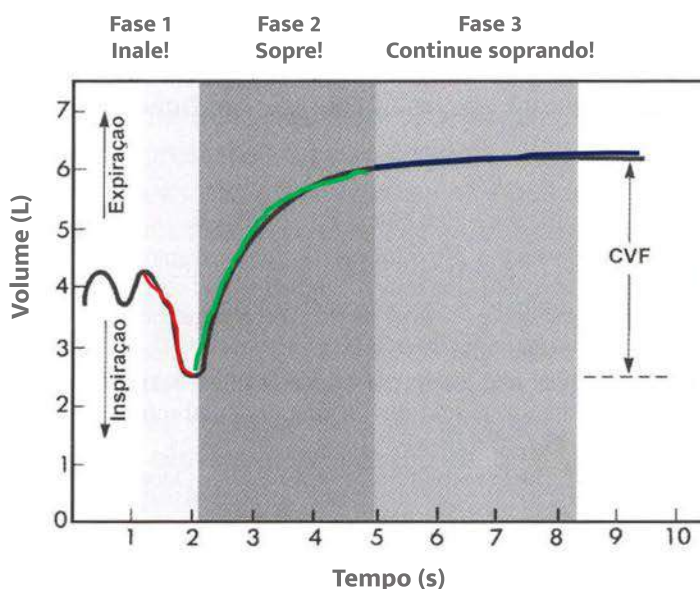
Solicita-se ao indivíduo que, depois de inspirar até a CPT (inspiração máxima), expire tão rápida e intensamente quanto possível no espirômetro → **é a manobra principal da espirometria**.

É importante que o técnico explique à pessoa e demonstre para ela como fazer a manobra. É importante também que o técnico pergunte se a pessoa entendeu a manobra (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021).

A manobra da CVF possui 4 fases (Figura 35):

- 1 - **Inspiração máxima.**
- 2 - Expiração rápida (explosiva).
- 3 - Continuar a expiração por máximo de 15 segundos.
- 4 - Inspiração máxima até volume pulmonar máximo.

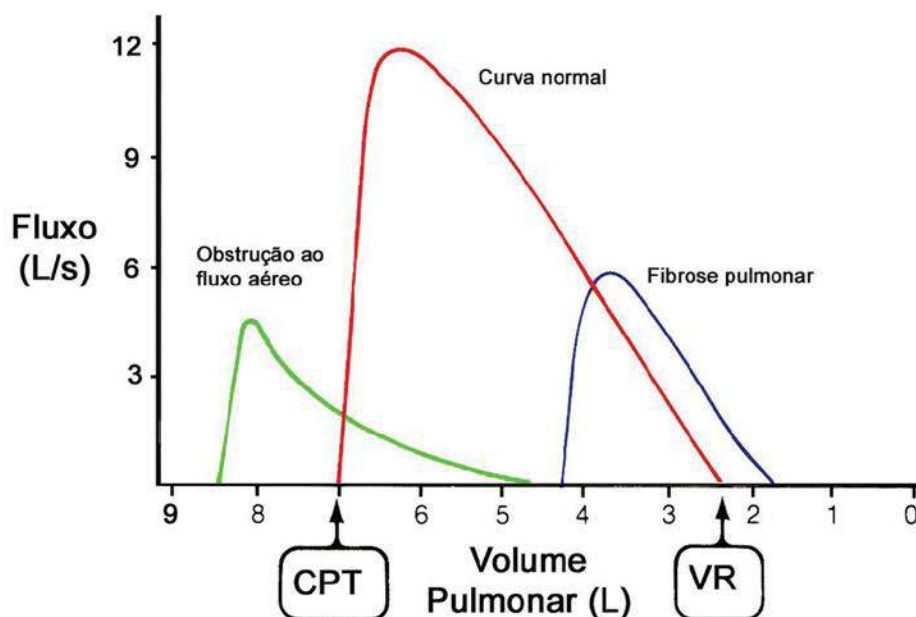
Figura 35 – Fases da curva



Fonte: Adaptado de: Pereira; Neder, 2002.

A forma da curva fluxo-volume pode sugerir diversos distúrbios ventilatórios. Os mais comumente observados são o distúrbio ventilatório obstrutivo (**curva verde**) e restritivo (**curva azul**) (Figura 36) (PEREIRA; NEDER, 2002).

Figura 36 – Morfologia da curva fluxo-volume



Fonte: Adaptado de: Pereira; Neder, 2002.

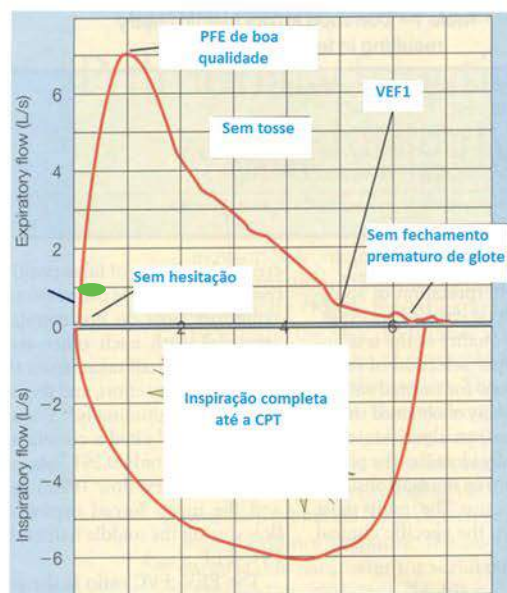
Curva vermelha: A forma da curva expiratória em **indivíduos normais** demonstra uma linha reta ou discretamente côncava para o eixo de volume.

Curva verde: Em indivíduos com **obstrução leve difusa**, o fluxo é diminuído particularmente em baixos volumes pulmonares, havendo com a progressão da obstrução uma concavidade maior aparente na curva. As principais doenças que podem apresentar uma forma de curva obstrutiva são: asma e doença pulmonar obstrutiva crônica. Não há como diferenciar uma doença da outra apenas pelo formato das curvas.

Curva azul: Já nas **doenças restritivas**, o formato da curva fluxo-volume é muito parecido com o formato de uma curva normal, porém com dimensões menores (**Figura 36**).

Algumas características devem ser observadas na forma da curva fluxo-volume para que ela possa ser considerada para análise (**Figura 37**):

Figura 37 – Curva fluxo-volume



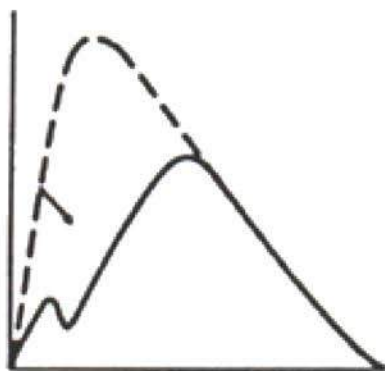
Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

- 1 - Fluxo ZERO (traço azul abaixo do número zero):** antes de inserir o bocal para a pessoa realizar a manobra, o técnico deve certificar que não há fluxo no espirômetro.
- 2 - Ausência de hesitação:** após inspiração máxima, o início do sopro deve ser abrupto.
- 3 - PFE:** atingir o pico de fluxo expiratório em menos de 150 milissegundos (ms).
- 4 - Expiração:** a descida deve ser lisa (sem artefatos com tosse, fechamento da glote, vazamento, ruído glótico, obstrução da peça bucal pela língua).
- 5 - Inspiração:** a inspiração deve ser máxima.

O ponto final da alça inspiratória deverá coincidir com o ponto inicial da alça expiratória (**círculo verde**).

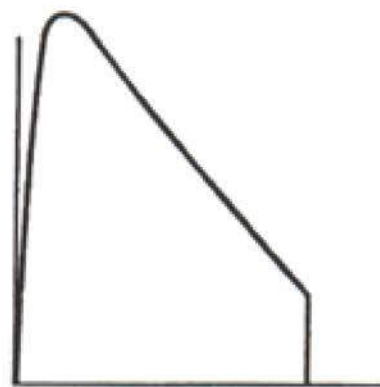
Algumas técnicas devem ser realizadas para se evitar erros durante a aquisição das curvas da CVF (PEREIRA; NEDER, 2002):

1 – Hesitação



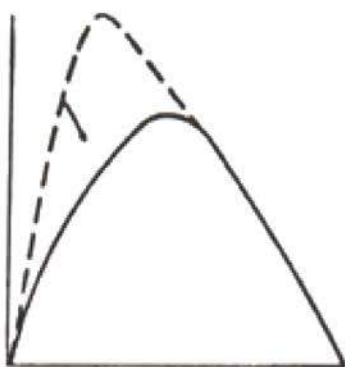
Para evitar hesitação no início da curva, peça para a pessoa:
Após encher os pulmões, SOPRE rápido, forte e continue...

2 – Fechamento de glote

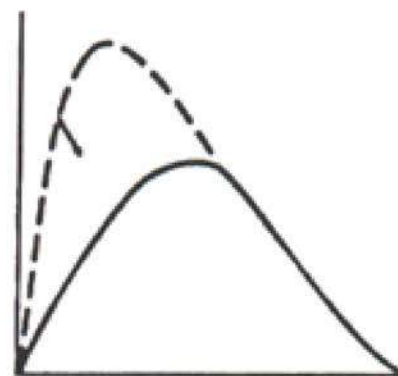


Para evitar fechamento de glote, peça para a pessoa:
Após encher, continue soprando...soprando...!

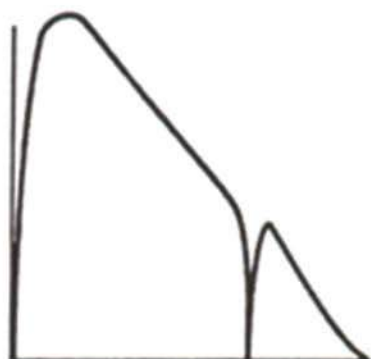
3 – Esforço submáximo:



No esforço submáximo, observe que não se atingiu o PFE esperado.
Peça para a pessoa: Após encher, sobre RÁPIDO e mais FORTE!



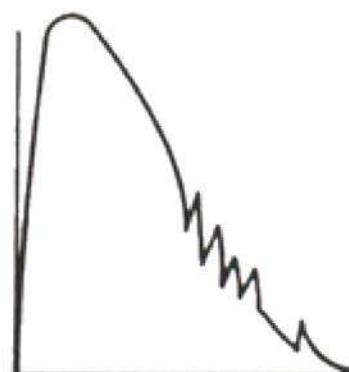
4 – Tosse



Para reduzir a chance da tosse durante a manobra, peça para a pessoa:

Após encher, sopra RÁPIDO e mais FORTE!

5 – Oscilação na alça expiratória

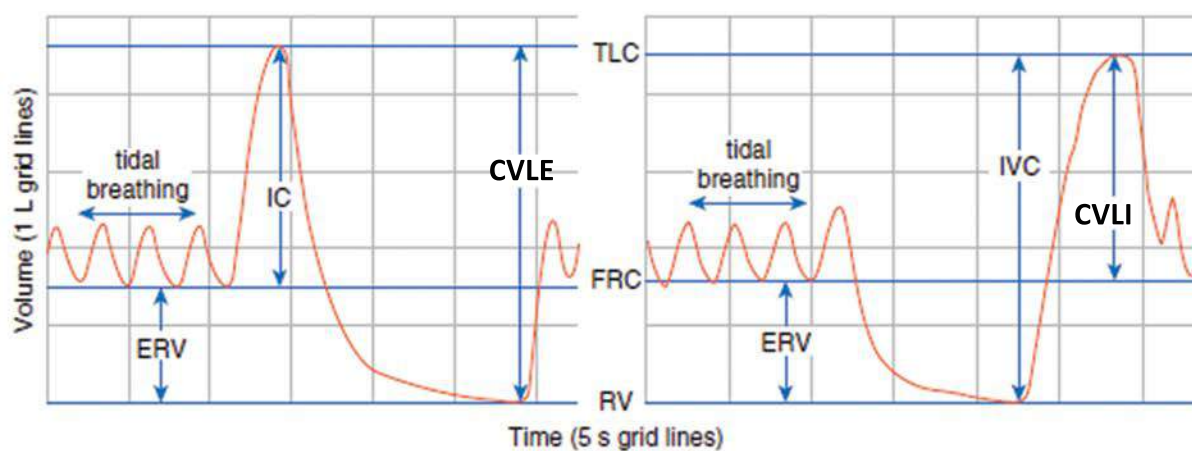


Após encher, sopra RÁPIDO e FORTE, sem usar garganta!

Assim como na aquisição da CVF, alguns cuidados devem ser observados também na CVL (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021).

- A CVL é o volume de gás que pode ser expirado vagarosamente depois de uma inspiração máxima.
- A CVL pode ser medida tanto na inspiração quanto na expiração (Figura 37).
- **Em indivíduos saudáveis, a diferença entre a CVL e a CVF (CVL – CVF) é praticamente nula.**
- Na presença de obstrução das vias aéreas, essas diferenças podem tornar-se evidentes na presença de hiperinsuflação pulmonar.

Figura 38 – Medida da Capacidade Vital Lenta



Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

7.2 Conclusões

- **CVF** é a medida mais importante das manobras da espirometria.
- **CVF** pode ser medida na curva volume-tempo e fluxo-volume.
- As curvas fluxo-volume apresentam formas típicas nas doenças obstrutivas e restritivas.
- As pessoas devem ser bem orientadas antes do teste para evitar erros e repetições desnecessárias.

Referências

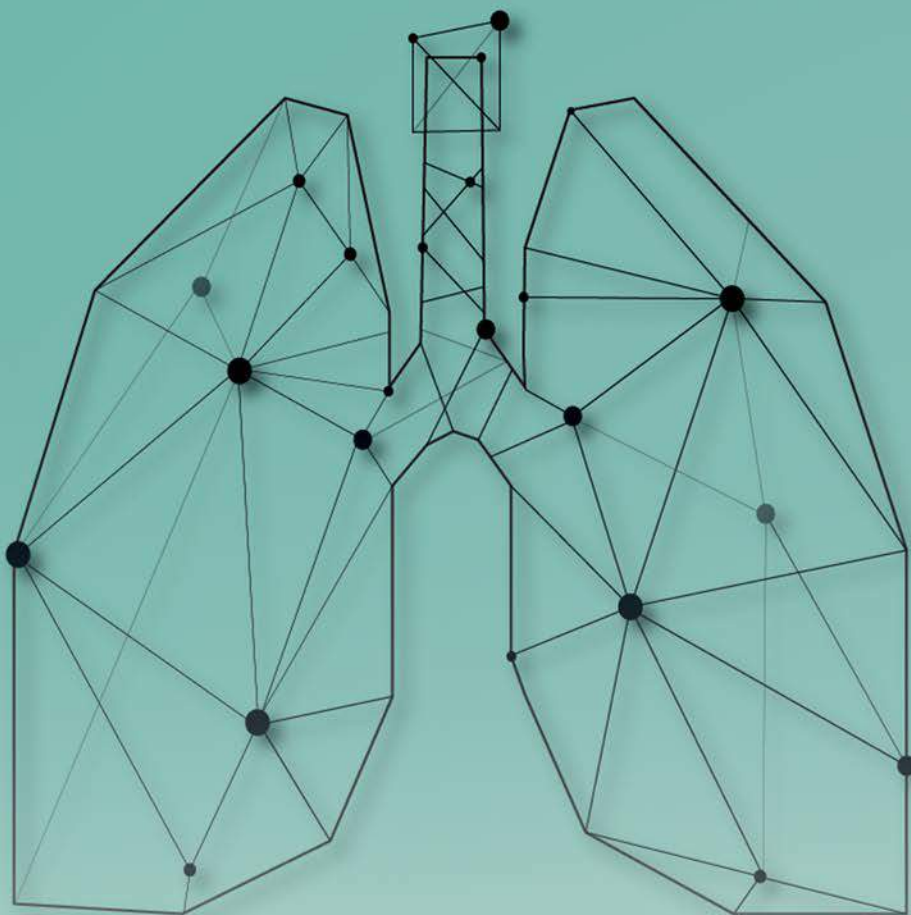
GRAHAM, B. L. *et al.* Standardization of Spirometry 2019 Update: An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, New York, v. 200, n. 8, p. e70-e88, Oct. 2019.

PEREIRA, C. A. C. **Testes de função pulmonar**: bases, interpretação e aplicações clínicas. Rio de Janeiro: Atheneu, 2021.

PEREIRA, C. A. C.; NEDER, J. A. Diretrizes para testes de função pulmonar. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, DF, v. 28, p. 1-82, 2002. Supl. 3.

8 Qualidade do exame: critérios de aceitabilidade e reprodutibilidade

Camila Farnese Rezende

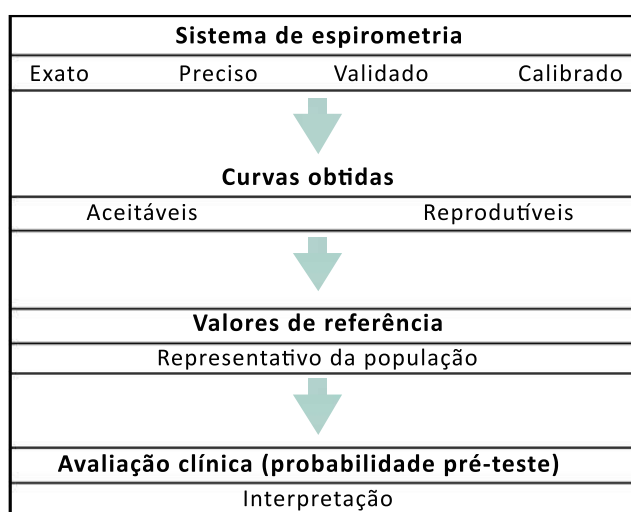


8.1 Importância

Para interpretar o resultado de uma espirometria, é necessário ter (Quadro 2) (PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021):

- um equipamento calibrado que segue padrão aprovado pela ATS ou BTS;
- uma boa qualidade do exame com curvas aceitáveis e reprodutíveis;
- valores de referência adequados para a população;
- definir probabilidade pré-teste de doença durante a avaliação clínica.

Quadro 2 – Fluxograma para interpretação da espirometria



Fonte: Adaptado de: Pereira; Neder, 2002.

Um exame de boa qualidade reflete a real função pulmonar da pessoa e permite comparar com exames prévios para definir evolução da doença pulmonar (PEREIRA, 2021).

O exame deve ter grau de qualidade A ou B para ser considerado teste adequado (Tabela 1). Dessa forma, o ideal é realizar **três e no mínimo duas** curvas aceitáveis e reprodutíveis (PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021). O número de tentativas não deve ultrapassar oito manobras para evitar fadiga e esforço submáximo. Se não alcançou êxito ou se houver queda do VEF₁ <80% do valor inicial, o exame deve ser remarcado após treino da pessoa (PEREIRA, 2021).

Tabela 1 – Grau de qualidade de espirometria

GRAU DE QUALIDADE	NÚMERO DE MANOBRAS	DIFERENÇAS ENTRE OS DOIS MAIORES VALORES DE CVF, VEF1 E CV LENTA	DIFERENÇA ENTRE OS DOIS MAIORES VALORES DE PFE
A	≥ 3 aceitáveis	Se CVF > 1 L ≤ 150 ml Se CVF < 1 L ou ≤ 6 anos ≤ 100 ml	< 10%
B	2 aceitáveis	Se CVF > 1 L ≤ 150ml Se CVF < 1 L ou ≤ 6 anos ≤ 100 ml	< 10%
C	2 aceitáveis	≤ 200 ml	< 10%
D	1 aceitável		
I	0		

Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

CVF: Capacidade Vital Forçada VEF1: Volume Expiratório Forçado de primeiro segundo CV lenta: Capacidade Vital Lenta

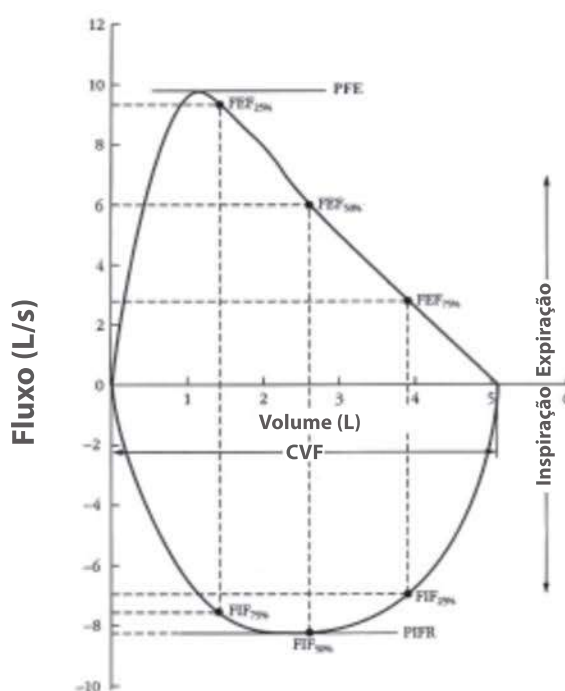
8.2 Critérios de aceitabilidade

As curvas das **manobras forçadas** são consideradas aceitáveis, se preencherem os seis critérios abaixo do passo a passo (PEREIRA, 2021):

Primeiro passo: Curva fluxo-volume com morfologia adequada (Figura 39), sem artefatos (Figura 40) (PEREIRA; NEDER, 2002; GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA, 2021):

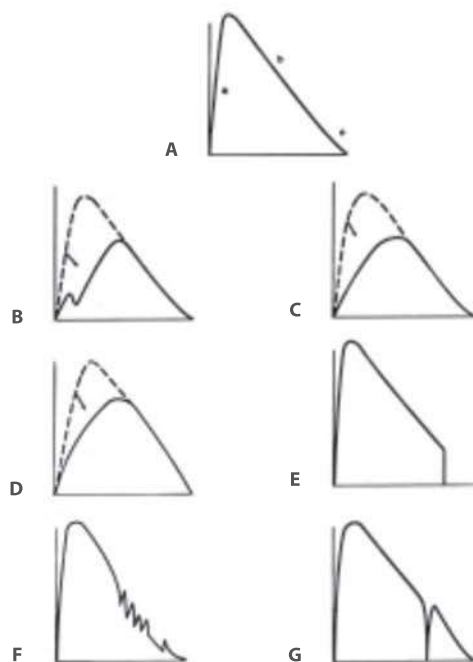
- tosse no primeiro segundo;
- vazamento;
- obstrução da peça bucal;
- manobra de Valsalva;
- ruído glótico;
- fechamento de glote no primeiro segundo (subestima volume VEF_1 e CVF) ou após primeiro segundo (subestima CVF);
- respiração extra;
- oscilação de fluxo após PFE (manter, se presente em todas as curvas obtidas, já que pode associar à apneia obstrutiva do sono).

Figura 39 – Curva fluxo-volume com morfologia normal



Fonte: Adaptado de: Pereira; Neder, 2002.

Figura 40 – Exemplos de curvas inaceitáveis

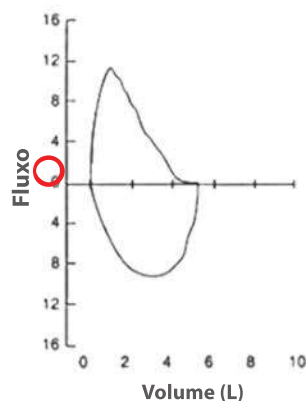


A: Curva normal
 B: Hesitação inicial
 C: Esforço submáximo
 D: Esforço submáximo
 E: Fechamento de glote
 F: Oscilação de fluxo
 G: Tosse

Fonte: Adaptado de: Pereira; Neder, 2002.

Segundo passo: Obter o fluxo zero antes de colocar o aparelho na boca da pessoa (Figura 41) (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA, 2021).

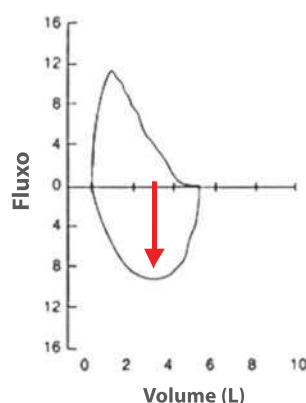
Figura 41 – Fluxo zero para iniciar o exame



Fonte: Adaptado de: Pereira; Neder, 2002.

Terceiro passo: Inspiração máxima antes do início do teste (rápida com pausa < 2 segundos) (Figura 42) (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA, 2021)..

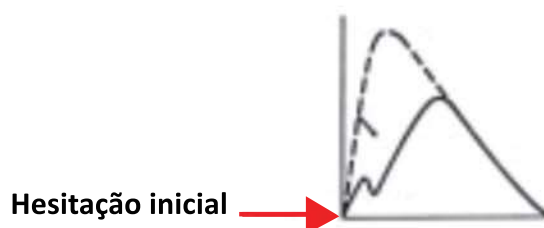
Figura 42 – Curva fluxo-volume começa inspiratória máxima antes do início do teste



Fonte: Adaptado de: Pereira; Neder, 2002.

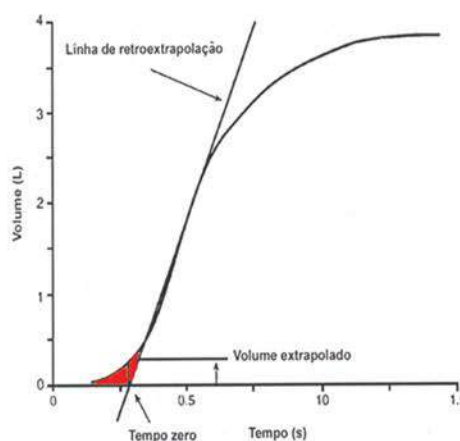
Quarto passo: Início satisfatório da expiração, de forma abrupta e sem hesitação (Figura 43), com PFE precoce e pontiagudo. O esforço expiratório inicial é medido pelo volume retroextrapolado (Figura 44), que deve ser $\leq 5\%$ da CVF ou ≤ 100 ml - o que for maior. Além disso, o tempo para atingir o PFE (TPFE) deve ser < 150 ms e a relação PFE (l/s)/VEF₁ (L) deve ser maior que 2 (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA, 2021).

Figura 43 – Hesitação inicial na alça expiratória



Fonte: Adaptado de: Pereira; Neder, 2002.

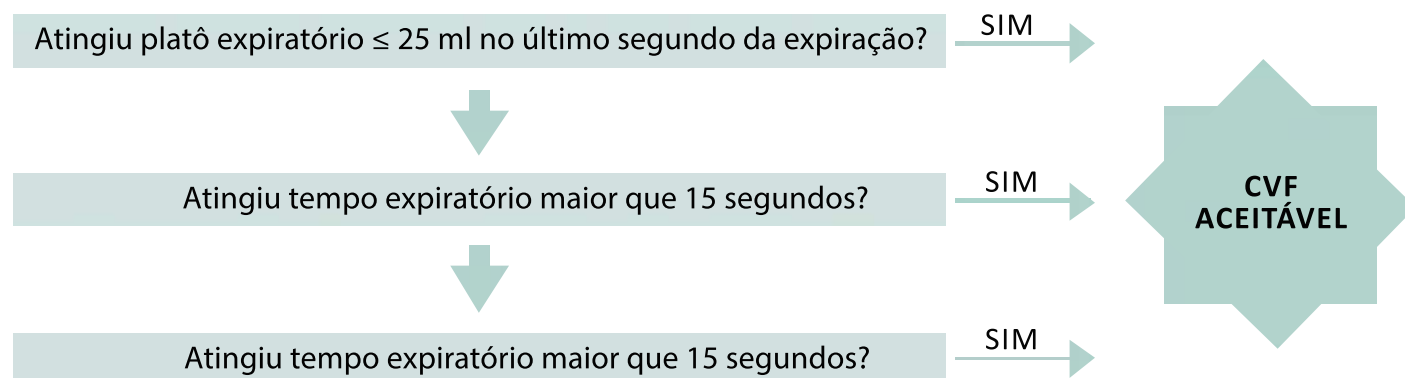
Figura 44 – Medida do volume retroextrapolado



Fonte: Adaptado de: Pereira; Neder, 2002.

Quinto passo: Duração satisfatória do teste e bons indicadores do término da fase final da expiração forçada (FEF) (Figura 45) (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA, 2021).

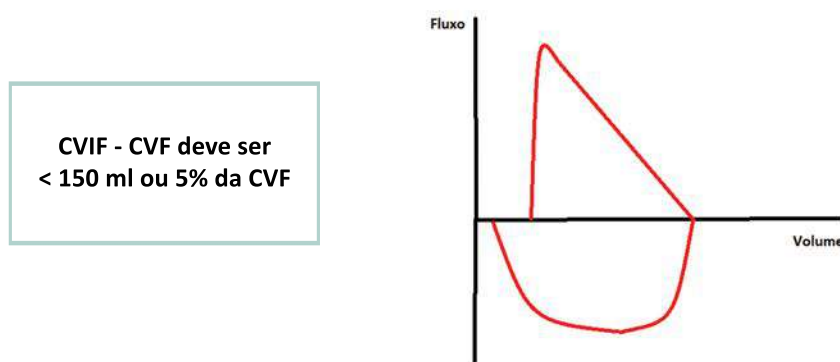
Figura 45 – Critérios para atingir fase final da expiração forçada adequados (FEF)



Fonte: Adaptado de: Graham *et al.*, 2019.

Sexto passo: O ponto final da alça inspiratória (medido pela capacidade vital inspiratória máxima - CVIF) não pode ser maior que o ponto inicial da expiração máxima, mostrando que a inspiração inicial foi máxima na escala de volume. Logo, CVIF - CVF deve ser < 150 ml ou 5% da CVF (o que for maior), exceto em variantes da normalidade (idosos, obesos, indivíduos com pulmões grandes, elevada estatura e grande força muscular expiratória) e doentes com obstrução ao fluxo aéreo (Figura 46) (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA, 2021).

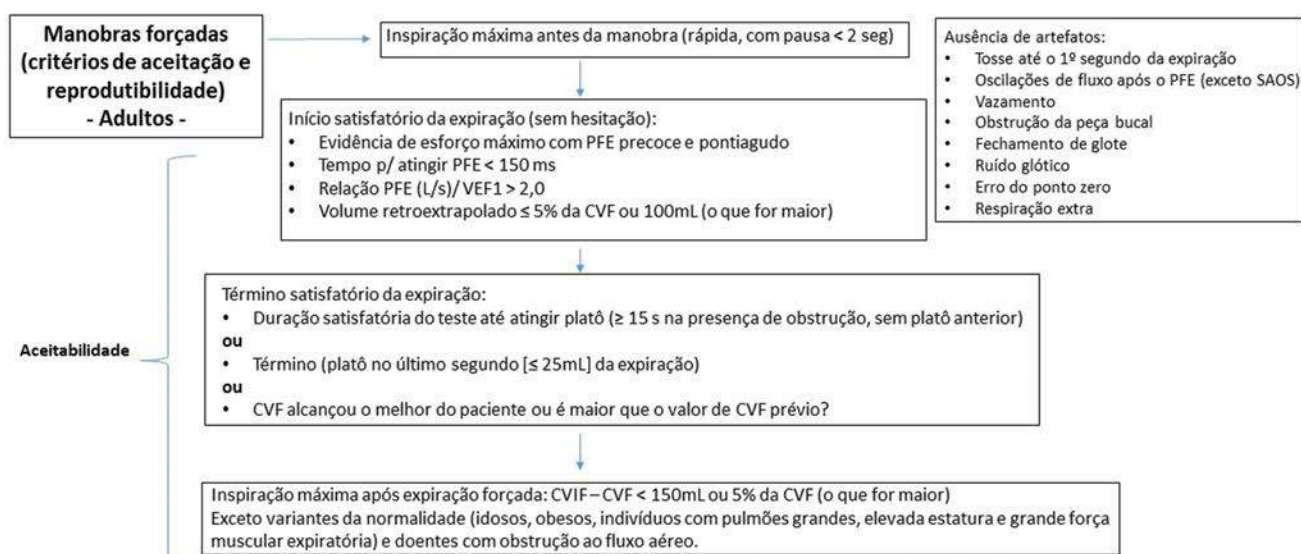
Figura 46 – Capacidade vital inspiratória final inaceitável



Fonte: Adaptado de: Graham *et al.*, 2019.

O fluxograma abaixo resume os principais critérios de aceitabilidade das manobras forçadas:

Figura 47 – Fluxograma com os critérios de aceitabilidade das manobras forçadas



Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

CVF: Capacidade Vital Forçada CVIF: Capacidade Vital Inspiratória Final PFE: Pico de Fluxo Expiratório
VEF1: Volume Expiratório Forçado de primeiro segundo SAOS: Síndrome da Apneia Obstrutiva do Sono

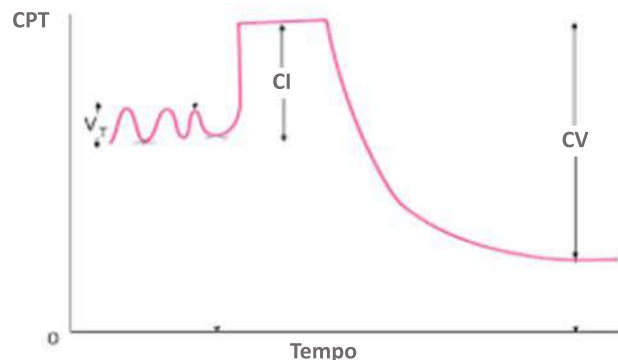
As curvas das **manobras lentas** (capacidade vital lenta - CV lenta e capacidade inspiratória - CI) são consideradas aceitáveis, se preenchem os critérios abaixo (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA, 2021):

- Variação < 100 ml do volume expiratório final das três respirações precedentes à manobra de CV (Figura 47);

- Platô de volume (variação < 25 ml no último segundo da expiração ou tempo expiratório > 15 segundos) (Figura 47);

- CV lenta não é menor que CVF.

Figura 48 – Capacidade vital lenta e capacidade inspiratória

Fonte: Adaptado de: Graham *et al.*, 2019.

8.3 Critérios de reprodutibilidade

Os critérios de reprodutibilidade devem ser aplicados após obtenção das manobras aceitáveis serem selecionadas. Os indicadores de exatidão entre as curvas nas manobras forçadas e lentas são apresentados na figura abaixo (Figura 49), sendo que a diferença entre os três maiores valores de cada variável deve ser (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA, 2021):

Figura 49 – Critérios de reprodutibilidade nas manobras forçadas e lentas

Manobra forçada	- PFE: < 10% - CVF e VEF₁: quando CVF > 1L ≤ 150 ml quando CVF < 1L ou ≤ 6 anos ≤ 100 ml
Manobra lenta	- CV lenta: quando >1L ≤ 150 ml quando < 1L ou ≤ 6 anos ≤ 100 ml - CI: ≤ 60 ml

Fonte: Adaptado de: Graham *et al.*, 2019

8.4 Seleção das curvas para interpretação

Após realização de até 8 curvas, deve-se selecionar 3 e no mínimo 2 curvas de morfologia adequada aceitáveis e reprodutíveis e com os maiores valores de PFE, sendo que a diferença entre eles não pode ser superior a 10%. Após essa etapa, deve-se (Tabela 2) (PEREIRA; NEDER, 2002; GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA, 2021):

- Selecionar a maior CVF
- Selecionar o maior VEF₁
- Selecionar o FEF 25-75% da curva com maior soma de CVF e VEF₁
- Selecionar a maior CV lenta (não pode ser menor que CVF)
- Selecionar a maior CI
- Calcular relação VEF₁/CVF X 100
- Calcular relação FEF^{25-75%}/CVF X 100
- Calcular relação VEF₁/CV X 100

Tabela 2 – Exemplo de exame de espirometria com seleção das variáveis para interpretação

Variáveis	Primeira curva	Segunda curva	Terceira curva
CI (l)	→ 2,34	2,31	2,30
CV lenta (l)	→ 3,05	2,98	2,97
CVF (l)	→ 3,04	3,00	2,90
VEF ₁ (l)	2,35	→ 2,36	2,27
FEF _{25-75%} (l/s)	→ 1,97	2,12	1,95
PFE (l/s)	5,05	4,93	5,14

Fonte: Acervo do serviço.

CI: Capacidade Inspiratória CV lenta: Capacidade Vital Lenta CVF: Capacidade Vital Forçada

FEF_{25-75%}: Fluxo Expiratório Forçado médio PFE: Pico de Fluxo expiratório VEF₁: Volume Expiratório Forçado de primeiro segundo

8.5 Conclusões

Diante do exposto, pode-se concluir que o exame de espirometria deve:

- Ser realizado em equipamento com padrão aprovado pela ATS ou BTS.
- Ter grau de qualidade A ou B.
- **Primeiro passo:** avaliar critérios de aceitabilidade.
- **Segundo passo:** avaliar critérios de reprodutibilidade.
- **Terceiro passo:** selecionar as curvas para interpretação.

Referências

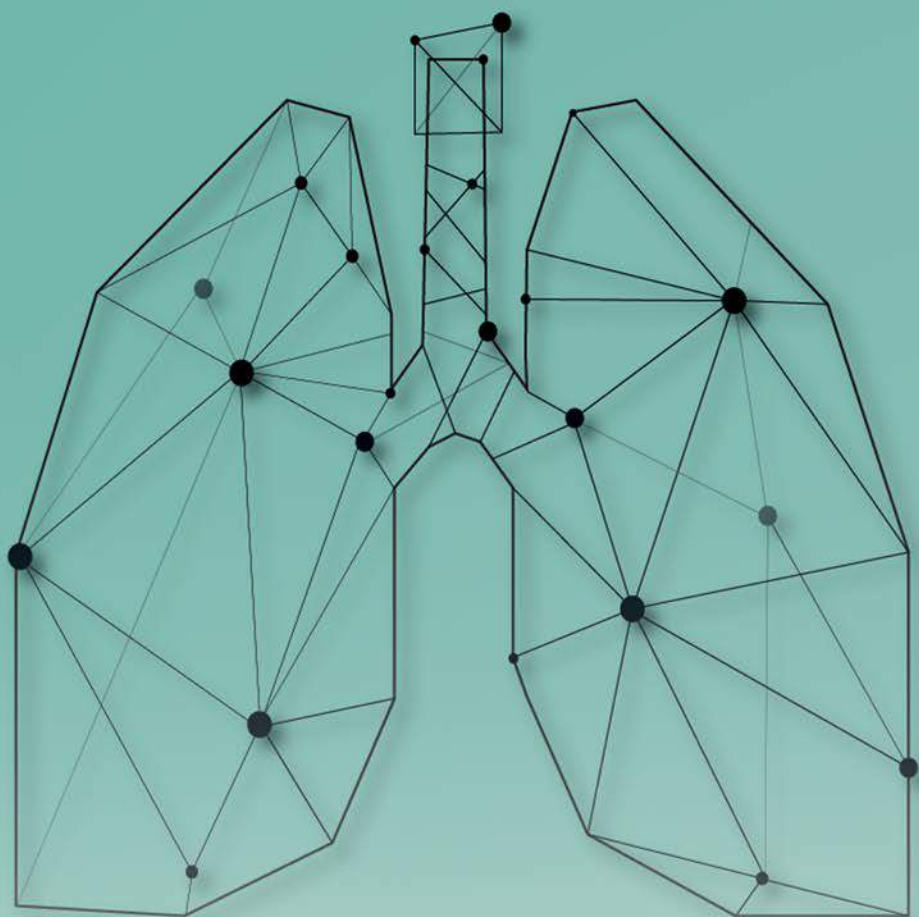
GRAHAM, B. L. *et al.* Standardization of Spirometry 2019 Update: An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, New York, v. 200, n. 8, p. e70-e88, Oct. 2019.

PEREIRA, C. A. C. **Testes de função pulmonar:** bases, interpretação e aplicações clínicas. Rio de Janeiro: Atheneu, 2021.

PEREIRA, C. A. C.; NEDER, J. A. Diretrizes para testes de função pulmonar. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, DF, v. 28, p. 1-82, 2002. Supl. 3.

9 Valores de referência

Eliane Viana Mancuzo



9.1 Introdução

Os valores de referência em espirometria são os parâmetros utilizados para indicar as faixas de normalidade esperadas para cada variável, a saber: capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁), razão VEF₁/CVF, fluxos terminais (FEF_{25-75%}) e pico de fluxo expiratório (PFE) com os limites previstos (aquele valor em que se encontram 50% dos valores médios esperados), mínimo e máximo sugeridos (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021).

Os valores de referência para espirometria devem se basear em estudos transversais, com indivíduos livres de sintomas respiratórios, doenças pulmonares e não tabagistas. Idealmente, os valores de referência devem ser recentes, derivados em uma mesma população, utilizando equipamentos e técnicas padronizados (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021).

Alguns fatores podem interferir nos valores de referência, entres eles, os principais são aqueles relacionados à fonte biológica, técnica e instrumentos e aos modelos estatísticos utilizados para construir as equações dos valores de referência (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021).

9.1.1 Fonte biológica (PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021)

9.1.1.1 Efeito intraindividual

- Posição do corpo e pescoço;
- Manobra expiratória forçada e sua influência na mecânica pulmonar;
- Exposição recente e atividades;
- Ritmo (circadiano) diurno;
- Efeito sazonal, semanal e anual;
- Efeitos hormonais cíclicos.

9.1.1.2 Efeito entre os indivíduos

- Os citados anteriormente, mais:
- Características pessoais, incluindo sexo, tamanho, idade;
- Características herdadas, incluindo raça e predisposição, para desenvolver certas condições respiratórias;
- Doenças pregressas e atuais;
- Exposição no passado ou presente;
- Tabagismo;
- Ocupação;
- Outras, como residência (rural/urbana, poluição doméstica e na comunidade).

9.1.1.3 Efeito intra e entre a população

- Efeitos de seleção (exemplificado por efeito do “trabalhador saudável” e “fumante saudável”, dentro e fora do estudo da população;
- Região geográfica/altitude;
- Data do estudo.

9.1.2 Técnica e instrumentos utilizados

Para minimizar a interferência nos valores de referência, é importante que os instrumentos utilizados sejam acurados (exatos), precisos, calibrados e validados. As manobras realizadas devem seguir as diretrizes, com os critérios de aceitabilidade e reprodutibilidade bem definidos. Além disso, os volumes espirométricos devem sempre ser expressos em temperatura e pressão barométrica padronizadas (37°C, pressão ao nível do mar, saturado com vapor d'água (BTPS)) (PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021).

9.1.3 Modelos estatísticos utilizados nas equações desenvolvidas

Para o desenvolvimento de equações que melhor expressem os valores de referência, vários modelos estatísticos foram testados. O modelo de regressão, linear ou logarítmico, é o mais eficiente para descrever os valores esperados, em função do sexo, idade e estatura.

9.2 Equações de referência

No Brasil, equações de referência para adultos brancos, negros e crianças foram publicadas recentemente.

Equações para novos valores de referência para adultos brancos foram obtidas durante o programa *Respire e Viva*. O Programa *Respire e Viva* aconteceu entre abril e agosto de 2004, quando a Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT), em conjunto com os laboratórios Boehringer e Pfizer, realizou um programa para detecção em massa de DPOC em oito cidades brasileiras (Santos, Porto Alegre, Curitiba, Brasília, São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Recife). Um ônibus adaptado foi colocado em praças, pátios de supermercados e centros comerciais de grande circulação. A realização dos testes seguiu as diretrizes para os testes de função pulmonar (PEREIRA; SATO; RODRIGUES, 2007).

Em 2007, foram publicadas as equações para o sexo masculino e feminino para adultos brancos e estas são as equações que utilizamos até os dias atuais (PEREIRA; SATO; RODRIGUES, 2007).

Os valores médios para o sexo masculino e feminino são mostrados na tabela 3.

Tabela 3 – Dados espirométricos principais da amostra

	Homens (n = 270)	Mulheres (n = 373)
	$\bar{x} \pm dp$	$\bar{x} \pm dp$
CVF (L)	4,64 ± 0,77	3,14 ± 0,65
VEF ₆ (L)	4,51 ± 0,78	3,11 ± 0,65
VEF ₁ (L)	3,77 ± 0,67	2,56 ± 0,57
VEF ₁ /CVF (%)	81 ± 5	81 ± 5
VEF ₁ /VEF ₆ (%)	82 ± 5	82 ± 5
FEF ₂₅₋₇₅ (L/s)	3,87 ± 1,20	2,70 ± 0,94
FEF ₅₀ (L/s)	4,82 ± 1,44	3,40 ± 1,14
FEF ₇₅₋₈₅ (L/s)	1,02 ± 0,46	0,71 ± 0,39
FEF ₇₅ (L/s)	1,58 ± 0,64	1,07 ± 0,52
PFE (L/s)	11,1 ± 1,75	7,14 ± 1,28

dp: desvio padrão; VEF₆: volume expiratório forçado nos primeiros seis segundos; VEF₁: volume expiratório forçado no primeiro segundo; FEF_{25-75%}: fluxo expiratório forçado entre 25 e 75%; FEF_{50%}: fluxo expiratório forçado de 50%; FEF_{75-85%}: fluxo expiratório forçado entre 75 e 85%; e FEF_{75%}: fluxo expiratório.

Fonte: Adaptado de: Pereira; Sato; Rodrigues, 2007.

As equações de referência publicadas a partir desse estudo, para o sexo masculino e feminino, estão descritas abaixo (PEREIRA; SATO; RODRIGUES, 2007):

Equações lineares para brancos, sexo masculino, 26 a 86 anos: Estatura $\times$ coeficiente – idade $\times$ coeficiente – peso $\times$ coeficiente $\pm$ constante,
Exemplo: CVF = estatura $\times$ 0,0599 – idade $\times$ 0,0213 – peso $\times$ 0,0106 - 3,748;

Equações logarítmicas: log natural (log estatura $\times$ coeficiente – log idade $\times$ coeficiente $\pm$ constante),
Exemplo: PFE = 2,7183 (log n estatura $\times$ 0,83 - log n idade $\times$ 0,114 - 1,432)

Equações lineares para brancos, sexo feminino, 20 a 85 anos: Estatura $\times$ coeficiente – idade $\times$ coeficiente $\pm$ constante,
Exemplo: CVF = estatura $\times$ 0,0441 – idade $\times$ 0,0189 - 2,848;

Equações logarítmicas: log natural (log estatura $\times$ coeficiente – log idade $\times$ coeficiente $\pm$ constante),
Exemplo: PFE = 2,7183 (log n estatura $\times$ 1,442 - log n idade $\times$ 0,125 - 4,863)

Recentemente, após a realização da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios em 2015, observou-se a necessidade de publicação específica para equações de referência para adultos negros, uma vez que, 45,11% dos brasileiros declararam-se brancos; 45,06%, pardos; 8,86%, negros; 0,47%, amarelos e 0,38%, indígenas.

Os valores médios são mostrados na tabela 4.

Tabela 4 – Dados espirométricos principais da amostra

Variáveis	Masculino (n=120)	Feminino (n=124)
CVF,L	4,42 $\pm$ 0,78	3,10 $\pm$ 0,52
VEF ₁ , L	3,55 $\pm$ 0,69	2,55 $\pm$ 0,48
VEF ₁ / CVF, %	80,3 $\pm$ 5,4	82,0 $\pm$ 5,4
FEF _{25-75%} , L/s ^b	3,54 $\pm$ 1,17	2,77 $\pm$ 0,93
FEF _{50%} , L/s ^b	4,39 $\pm$ 1,36	3,54 $\pm$ 1,06
FEF _{75%} , L/s ^b	1,43 $\pm$ 0,63	1,11 $\pm$ 0,52
PFE, L/s	9,77 $\pm$ 2,07	6,73 $\pm$ 1,28

Fonte: Adaptado de: Prata *et al.*, 2018.

^aValores expressos em média $\pm$ dp, exceto onde indicado. ^bValores expressos em média $\pm$ dp logarítmico.

As equações publicadas nesse estudo são mostradas abaixo (PRATA *et al.*, 2018):

Equações lineares para negros, sexo masculino, 26 a 82 anos: : estatura × coeficiente – idade × coeficiente ± constante.

Exemplo: CVF = estatura × 0,048 – idade × 0,019 – 2,931.

Equações logarítmicas: log natural (log estatura × coeficiente – log idade × coeficiente ± constante).

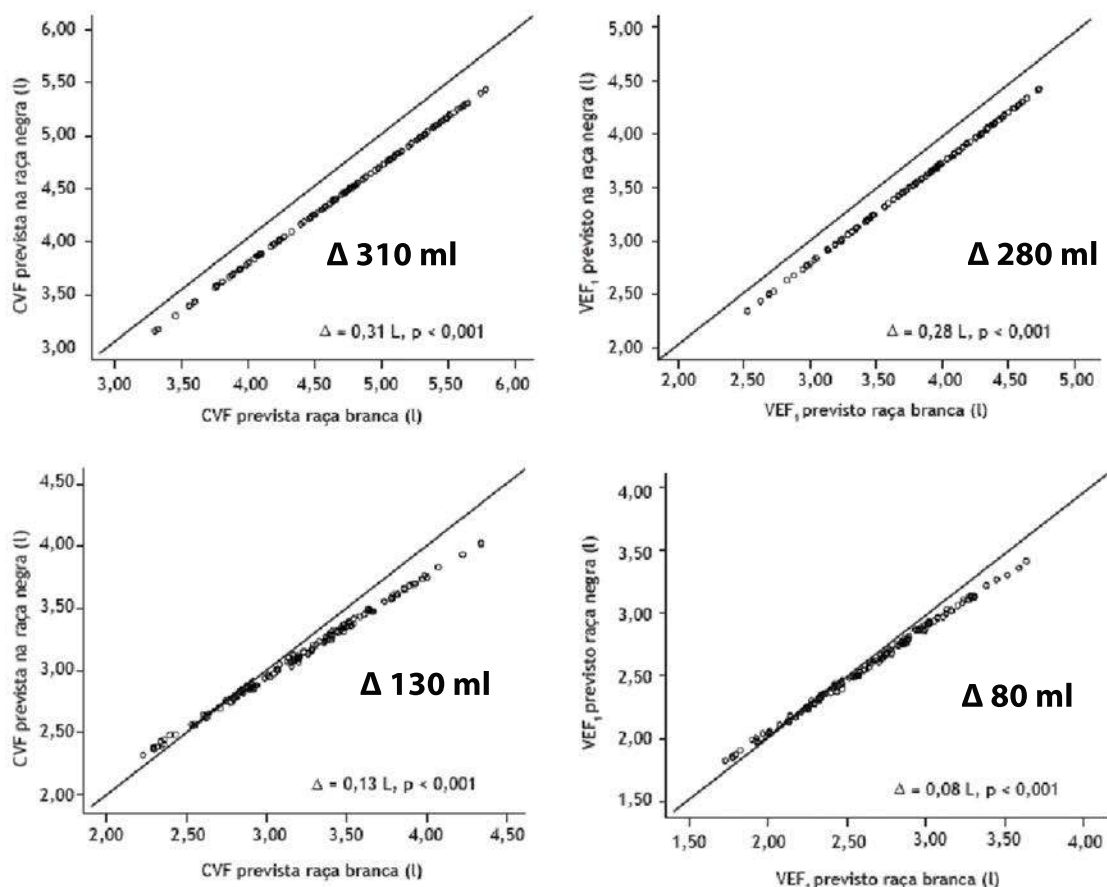
Exemplo: FEF_{25-75%} = 2,7183 (- log n idade × 0,670 + 3,735).

Equações lineares para negros, sexo feminino, 20 a 83 anos: estatura × coeficiente – idade × coeficiente ± constante.

Equações logarítmicas: log natural (log estatura × coeficiente – log idade × coeficiente ± constante)

Nesse estudo, a variação média para CVF entre homens brancos e negros foi proporcional, sendo de 310 ml e para o VEF₁ de 280 ml. Ver figura 50. Já, para as mulheres, a variação não foi proporcional.

Figura 50 – Comparações entre os valores previstos de CVF e VEF₁ para brancos segundo Prata *et al.* e os observados para negros, no sexo masculino (acima) e sexo feminino (abaixo)



Fonte: Adaptado de: Prata *et al.*, 2018.

Durante a adolescência, as pernas crescem proporcionalmente mais do que o tórax. A estatura em geral é máxima aos 17 anos no sexo masculino, mas a CVF continua a aumentar até os 25 anos por aumento da massa muscular. No sexo feminino, a CVF é, entretanto, máxima aos 20 anos. A derivação de valores previstos na transição da infância para a vida adulta é complexa; no estudo de Mallozi, grande número de normais nessa faixa etária foi avaliado (PEREIRA *et al.*, 1996).

As equações de referência para adolescentes de Mallozi não foram atualizadas, mas são as únicas de que dispomos atualmente para esta faixa de idade (PEREIRA *et al.*, 1996).

12 a 25 anos para o sexo masculino (PEREIRA *et al.*, 1996)

$$CVF = 2,7183^{(\log n \text{ estatura (cm)} \times 1,31 + \log n \text{ idade} \times 0,317 + \log \text{ peso} \times 0,3529 - 7,6487)}$$

Limite inferior = previsto x 0,81

$$VEF_1 = 2,7183^{(\log n \text{ estatura (cm)} \times 1,2158 + \log n \text{ idade} \times 0,19 + \log \text{ peso} \times 0,3077 - 6,6830)}$$

Limite inferior = previsto x 0,82

$$FEF_{25-75} = 2,7183^{(\log \text{ estatura (cm)} \times 0,7513 + \log \text{ peso} \times 0,3303 - 3,6530)}$$

Limite inferior = previsto x 0,68

VEF₁/CVF previsto = 94%

Limite inferior = 82%

FEF₂₅₋₇₅/CVF previsto = 94%

Limite inferior = 82%

12 a 20 anos para o sexo feminino (PEREIRA *et al.*, 1996)

$$CVF = 2,7183^{(\log n \text{ estatura} \times 1,7374 + \log n \text{ idade} \times 0,2823 + \log n \text{ peso (Kg)} \times 0,1491 - 9,0562)}$$

Limite inferior = previsto x 0,87

$$VEF_1 = 2,7183^{(\log n \text{ estatura} \times 1,9293 + \log n \text{ idade} \times 0,2255 + \log n \text{ peso} \times 0,1105 - 9,8100)}$$

Limite inferior = previsto x 0,87

$$FEF_{25-75} = 2,7183^{(\log \text{ estatura (cm)} \times 2,0561 + \log \text{ idade} \times 0,2791 - 9,9287)}$$

Limite inferior = previsto x 0,91

VEF₁/CVF previsto = 97%

Limite inferior = 88%

FEF/CVF previsto = 124

Limite inferior = 100%

E em 2020, as equações para crianças entre 3 e 12 anos também foram publicadas. Nesse estudo, também foi avaliada a diferença da cor na influência sobre o valor de referência. Na tabela 5, são apresentadas as equações (JONES *et al.*, 2020).

Tabela 5 – Equações para valores previstos para crianças entre 3 e 12 anos

Previsto (percentil 50%)						Limite inferior (percentil 5%)				
Feminino	LNx(CVF)	LN(VEF1)	VEF1/CVF	LN(VEF25-75%)	FEF25-75%/CVF	LN(CVF)	LN(VEF1)	VEF1/CVF	LN(VEF25-75%)	FEF25-75%/CVF
Intercepto	-10,741935	-9,967740	1,437685	-7,385469	5,041747	-10,325884	-8,934018	1,313149	-7,855190	3,919387
LN (Altura)	2,261976	2,088950	-0,106215	1,594033	-0,785773	2,098703	1,768038	-0,100805	1,673427	-0,642607
LN (idade)	0,156836	0,150386		0,203576		0,230220	0,290733		0,056126	
Cor	-0,041015	-0,04858			0,046472	-0,073692	-0,054695			0,027623
Masculino	LNx(CVF)	LN(VEF1)	VEF1/CVF	LN(VEF25-75%)	FEF25-75%/CVF	LN(CVF)	LN(VEF1)	VEF1/CVF	LN(VEF25-75%)	FEF25-75%/CVF
Intercepto	-11,358191	-10,434226	1,760961	-6,957857	6,185501	-9,327490	-8,960184	1,942780	-5,356269	4,579022
LN (Altura)	2,419817	2,207609	-0,176748	1,527303	-1,044205	1,890179	1,820202	-0,231255	1,085145	-0,786610
LN (idade)	0,115477	0,114001		0,138649		0,268924	0,208981		0,211021	
Cor	-0,028745	-0,031836			0,093297	-0,042377	-0,026383			

Fonte: Adaptado de: Jones *et al.*, 2020.

LN: logaritmo natural; altura em centímetros; idade em anos; cor: branca = 0; negra e parda = 1.

9.3 Conclusões

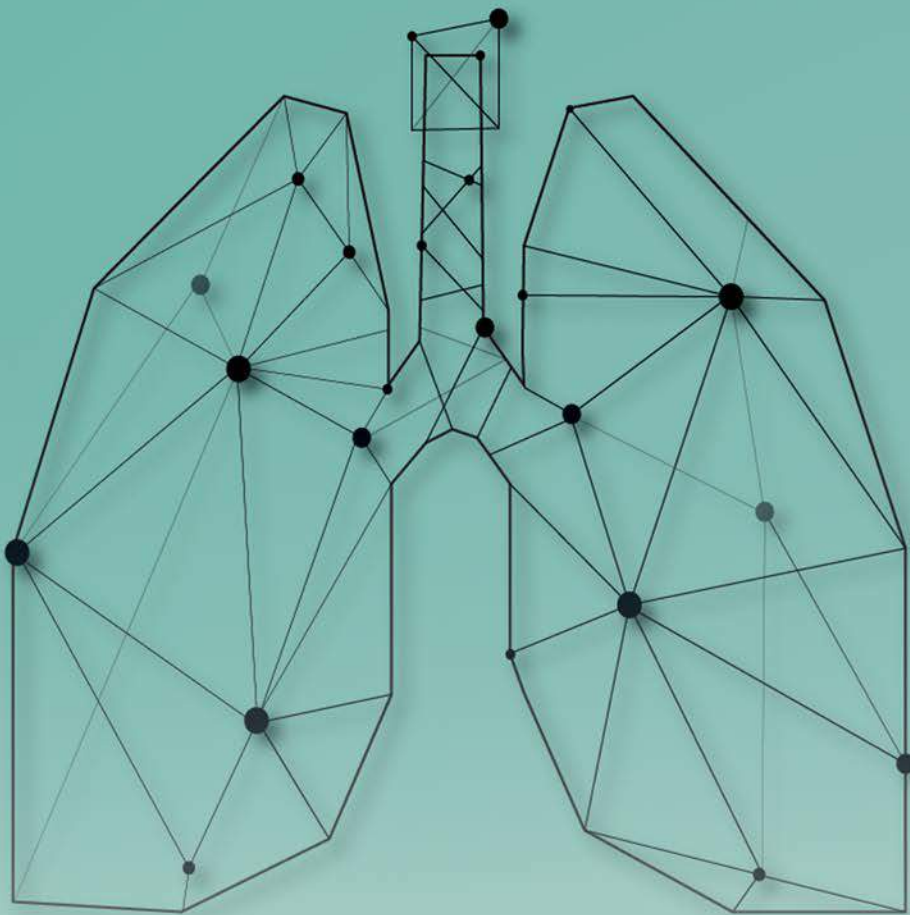
- Os valores de referência são parâmetros utilizados para auxiliar na interpretação dos resultados.
- Os valores de referência devem ser recentes, derivados em uma mesma população, utilizando equipamentos e técnicas padronizados.
- Sexo, estatura e idade são os principais fatores que influenciam os valores de referência. Há diferença entre os valores previstos para indivíduos brancos e negros, devendo-se utilizar equações individuais.

Referências

- GRAHAM, B. L. *et al.* Standardization of spirometry 2019 Update. An official American Thoracic Society and European Respiratory Society technical statement. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, New York, v. 200, n. 8, p. e70-e88, Oct. 2019.
- JONES, M. H. *et al.* Valores de referência de espirometria para crianças brasileiras. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, DF, v. 46, n. 3, p. 1-8, maio/jun. 2020.
- PEREIRA, C. A. C. *et al.* I Consenso Brasileiro sobre Espirometria. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, DF, v. 22, n. 3, p. 105-164, maio/jun. 1996.
- PEREIRA, C. A. C.; NEDER, J. A. Diretrizes para testes de função pulmonar. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, DF, v. 28, p. 1-82, 2002. Supl. 3.
- PEREIRA, C. A. C. **Testes de função pulmonar**: bases, interpretação e aplicações clínicas. 1 ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2021.
- PEREIRA, C. A.; SATO, T.; RODRIGUES, S. C. Novos valores de referência para espirometria forçada em brasileiros adultos de raça branca. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, DF, v. 33, n. 4, p. 397-406, ago. 2007.
- PRATA, A. T. *et al.* Valores de referência para espirometria forçada em adultos negros no Brasil. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, DF, v. 44, n. 6, p. 449-455, nov./dez. 2018.

10 Prova broncodilatadora

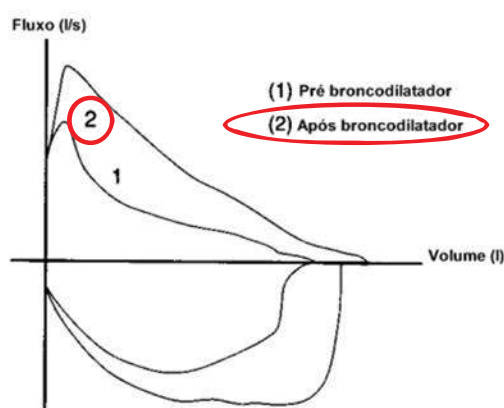
Camila Farnese Rezende



10.1 Importância da prova broncodilatadora

O exame de prova broncodilatadora é um teste complementar à espirometria, com objetivo de avaliar o grau de melhora da obstrução ao fluxo aéreo em resposta à administração do broncodilatador, sendo muito importante para diagnóstico de doenças obstrutivas (asma, DPOC, bronquiolite, bronquiectasia) (PEREIRA; NEDER, 2002; MOTTRAM, 2016; PEREIRA, 2021) (Figura 51).

Figura 51 – Curva fluxo-volume antes (curva 1) e após broncodilatador (curva 2)



Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

A ausência de variação significativa após broncodilatador no exame **não** significa ausência de resposta clínica à terapia medicamentosa (PEREIRA, 2021).

10.1.1 Quando fazer a prova broncodilatadora?

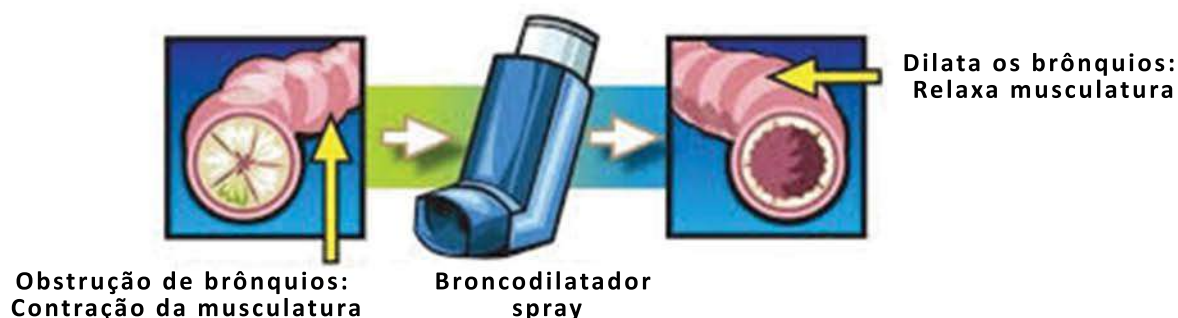
O exame deve ser sempre realizado quando (PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021):

- solicitação médica;
- primeiro exame da pessoa;
- distúrbio ventilatório obstrutivo;
- suspeita clínica de doenças obstrutivas, mesmo quando espirometria normal;
- redução do volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF_1) e capacidade vital forçada (CVF) proporcional, mesmo quando VEF_1 /CVF normal.

10.2 Broncodilatador (Bd)

O broncodilatador é um medicamento que tem o efeito de relaxar o músculo bronquial e aumentar a passagem de ar pelos brônquios (BRUNTON, 2018) (Figura 52).

Figura 52 – Efeito do medicamento broncodilatador na musculatura dos brônquios



Fonte: Adaptado de: Brunton *et al.*, 2018.

Existem três tipos de broncodilatadores: Beta 2 agonistas, anticolinérgicos e xantinas (Quadro 3). Esses broncodilatadores estão disponíveis para inalação, por comprimido, líquido e formas injetáveis, mas o método **mais utilizado** para os beta-agonistas e anticolinérgicos é por **inalação** (BRUNTON, 2018).

Quadro 3 – Broncodilatadores (beta 2 agonistas, anticolinérgicos e metilxantinas) e suas vias de administração

Tipo de broncodilatador	Princípio ativo	Vias de administração
Beta 2 agonistas	Curta ação (4 a 6h)	
	Salbutamol	Inalação(spray), solução oral, comprimido, SC, IM ou EV
	Fenoterol	Inalação (spray) ou solução oral/gotas
	Terbutalina	SC ou EV
	Longa ação (12h)	
	Formoterol	Inalação
	Salmeterol	Inalação
	Ultra longa ação (24h)	
	Indacaterol	Inalação
Anticolinérgicos	Curta ação (6 a 8h)	
	Brometo de ipratrópio	Inalação (spray) ou solução oral/gotas
	Ultra longa ação (24h)	
	Brometo de tiotrópio	Inalação
	Brometo de umeclidínio	Inalação
Metilxantinas	Brometo de glicopirrônio	Inalação
	Aminofilina	Comprimido ou EV
	Teofilina	Cápsula
	Bamifilina	Comprimido

Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

Legenda: SC (Subcutânea), IM (Intramuscular), EV (Endovenoso)

Os medicamentos mais utilizados para realizar a prova broncodilatadora na espirometria são o salbutamol ou fenoterol spray por via inalatória. Eles estimulam os receptores beta 2 nos pulmões, relaxando o músculo liso dos brônquios e causando broncodilatação. O efeito tem duração de 4 a 6 horas e o tempo estimado de início de ação pela via inalatória é de 5 a 15 minutos. Os efeitos colaterais são: tremor de extremidades (5 a 38%), palpitação (taquicardia: < 7%), cefaleia (3 a 7%), pico hipertensivo (1 a 3%) (BRUNTON, 2018).

10.3 Como realizar a prova broncodilatadora?

Deve-se seguir o passo a passo abaixo para realizar o exame:

- **Primeiro passo:** avaliar risco do uso do broncodilatador (arritmia cardíaca ou relato de intolerância prévia ou hipertensão descontrolada) (PEREIRA, 2021).

- **Segundo passo:** certificar a suspensão de broncodilatadores prévios ao exame (exceto pré-operatório), conforme o quadro 4 (MOTTRAM, 2016; BRUNTON, 2018; GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA, 2021).

Quadro 4 – Tempo de suspensão de medicamentos de uso inalatório antes da realização da espirometria

MEDICAMENTO	TEMPO DE SUSPENSÃO
B2 agonista de curta ação (salbutamol, fenoterol)	4-6h
Anticolinérgico de curta ação (ipratrópio)	12h
B2 agonista de longa ação (formoterol, salmeterol)	24h
B2 agonista de ultra longa ação (indacaterol, olodaterol, vilanterol)	36h
Anticolinérgico de longa ação (tiotrópio, umeclidínio, glicopirrônio)	36-48h
Teofilina oral de liberação lenta	12h
Corticosteroide inalados + broncodilatadores	De acordo com o broncodilatador

Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021 e Graham, 2019.

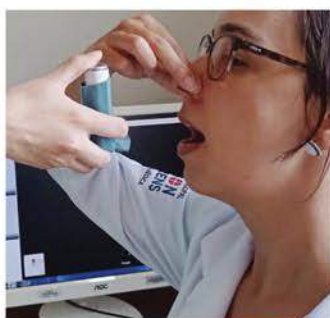
Se a pessoa fez uso do medicamento broncodilatador no dia do exame, relatar o nome e o tempo entre o uso e a realização da espirometria. Essa informação é importante ser colocada no laudo do exame para interpretação clínica do médico assistente.

- **Terceiro passo:** fazer as manobras forçadas e lentas antes do broncodilatador, com critérios de aceitabilidade e reprodutibilidade (MOTTRAM, 2016; BRUNTON, 2018, GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA, 2021).

- **Quarto passo:** o técnico deve administrar 4 jatos de 100 microgramas (mcg) de fenoterol ou salbutamol (PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021). Estudo brasileiro demonstrou que não houve diferença significativa na prova broncodilatadora entre uso somente do inalador (Figura 54) e uso do espaçador de grande volume (Figura 55), desde que seja administrado pelo técnico de forma padronizada e correta (ARAÚJO *et al.*, 2011).

Na técnica de uso sem espaçador, o dispositivo com aerossol foi posicionado a 4 cm da boca, que foi mantida aberta e as narinas, ocluídas. O dispositivo deve ser acionado no início da inspiração de forma lenta e profunda, após expiração normal, seguida de pausa inspiratória de, no mínimo, 10 segundos. Entre os jatos, o dispositivo deve ser agitado cinco a seis vezes e esperar 20 a 30 segundos para nova dose (ARAÚJO *et al.*, 2011; MOTTRAM, 2016; BRUNTON, 2018; GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA, 2021).

Figura 53 – Uso somente do inalador



Fonte: Acervo do serviço.

Figura 54 – Uso do espaçador

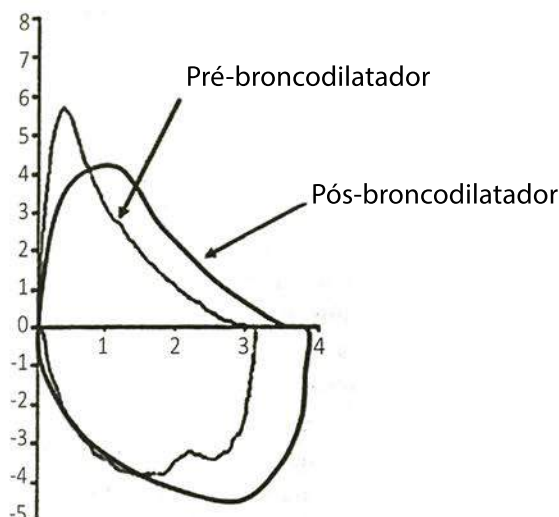


Fonte: Acervo do serviço.

- **Quinto passo:** pessoa descansa no mínimo 15 minutos na sala de espera (PEREIRA, 2021).

- **Sexto passo:** repetir manobras forçadas e lentas, com critérios de aceitabilidade e reprodutibilidade (MOTTRAM, 2016; BRUNTON, 2018; GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA, 2021);). É importante sempre verificar se o PFE é pontiagudo antes e após broncodilatador e se o maior valor pós-Bd é pelo menos maior que 90% do valor pré-Bd (PEREIRA, 2021).

Figura 55 – Exemplo de esforço submáximo após broncodilatador (expresso pelo PFE menor e tardio), que pode elevar o VEF1 erroneamente



Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

10.4 Variação significativa após broncodilatador

É importante avaliar a variação após broncodilatador em valor absoluto, percentual do previsto e percentual do basal ou inicial da pessoa (PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021) (Quadro 5).

Quadro 5 – Variação após broncodilatador: diferença absoluta, percentual do previsto e percentual do valor inicial da pessoa

	Variação absoluta	Variação percentual do previsto	Variação percentual do basal
VEF1	VEF1 final – VEF1 inicial	$\frac{\text{VEF1 final} - \text{VEF1 inicial}}{\text{VEF1 previsto}}$	$\frac{\text{VEF1 final} - \text{VEF1 inicial}}{\text{VEF1 inicial}}$
CVF	CVF final – CVF inicial	$\frac{\text{CVF final} - \text{CVF inicial}}{\text{CVF previsto}}$	$\frac{\text{CVF final} - \text{CVF inicial}}{\text{CVF inicial}}$
CV	CV final – CV inicial	$\frac{\text{CV final} - \text{CV inicial}}{\text{CV previsto}}$	$\frac{\text{CV final} - \text{CV inicial}}{\text{CV inicial}}$
CI	CI final – CI inicial	$\frac{\text{CI final} - \text{CI inicial}}{\text{CI previsto}}$	$\frac{\text{CI final} - \text{CI inicial}}{\text{CI inicial}}$

Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

CI: Capacidade Inspiratória; CV: Capacidade Vital Lenta;
CVF: Capacidade Vital Forçada; VEF1: Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo

Os valores de variação após broncodilatador estatisticamente significativos são demonstrados abaixo (MOTTRAM, 2016; GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA, 2021) (Tabela 6).

Tabela 6 – Reversibilidade após broncodilatador na espirometria, quando exame sem ou com distúrbio ventilatório obstrutivo

	SEM obstrução basal	COM obstrução basal	
	Variação % previsto	Variação absoluta e % previsto	Variação absoluta e % basal
VEF (fluxo)	≥ 10%	≥ 0,200L e ≥ 7%	≥ 0,200L e ≥ 12%
CVF (volume)		≥ 0,250L ou ≥ 7%	≥ 0,200L e ≥ 12%*
CV (volume)		≥ 0,250L ou ≥ 7%	
CI (volume)		≥ 0,300 L ou >10%	

Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

*Essa variação é recomendada pelas diretrizes da American Thoracic Society e European Respiratory Society (ATS/ERS).

CI: capacidade inspiratória; CV: capacidade vital lenta;

CVF: capacidade vital forçada; %: percentual; VEF1: volume expiratório forçado no primeiro segundo.

10.5 Conclusões

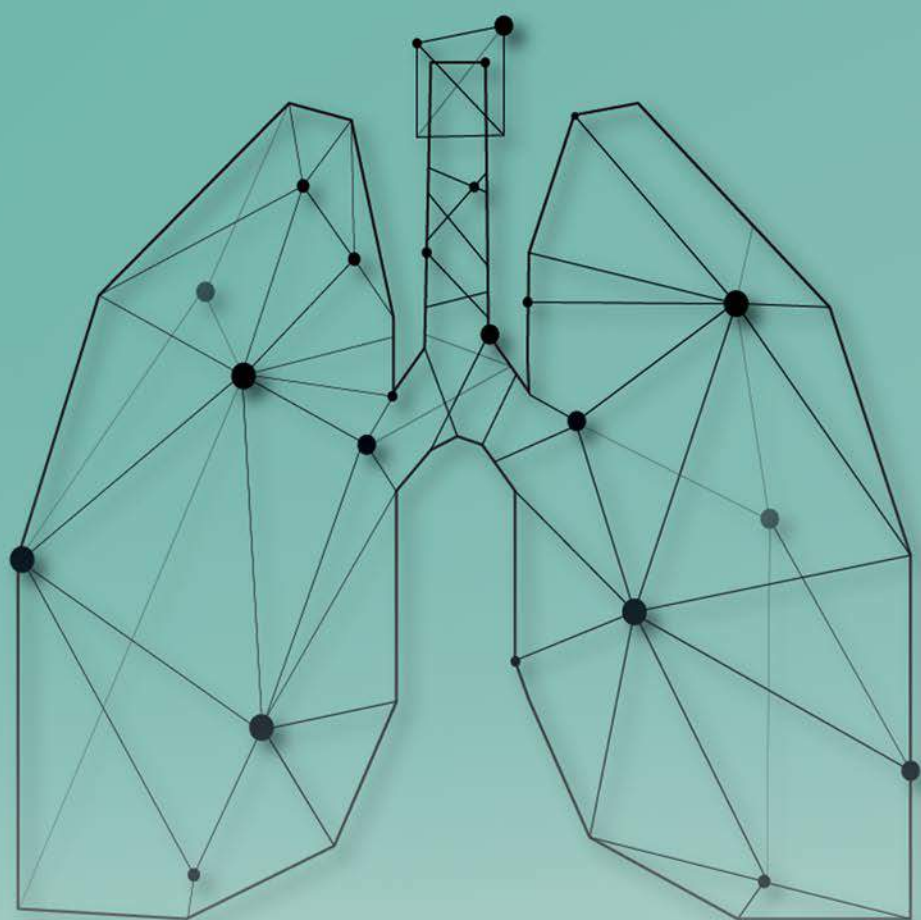
Diante do exposto, pode-se concluir que a espirometria com prova broncodilatadora é essencial para o diagnóstico das doenças pulmonares obstrutivas. Para isso, deve-se administrar o medicamento inalatório com técnica correta e padronizada. A variação significativa após broncodilatador no adulto leva em consideração a diferença de valor absoluto e em percentual (previsto ou basal).

Referências

- ARAÚJO, F. B. *et al.* Prova broncodilatadora na espirometria: efeito do uso de espaçador de grande volume com tratamento antiestático na resposta ao broncodilatador. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, DF, v. 37, n. 6, p. 752-758, dez. 2011.
- BRUNTON, L. L.; HILAL-DANDAN, R.; KNOLLMANN, B. C. **As bases farmacológicas da terapêutica de Goodman & Gilman**. 13. ed. Porto Alegre: AMGH, 2018.
- GRAHAM, B. L. *et al.* Standardization of spirometry 2019 Update. An official American Thoracic Society and European Respiratory Society technical statement. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, New York, v. 200, n. 8, p. e70-e88, Oct. 2019.
- MOTTRAM, C. D. **Ruppel's manual of pulmonary function testing**. 11. ed. [S. l.]: Elsevier, 2016.
- PEREIRA, C. A. C. **Testes de função pulmonar: bases, interpretação e aplicações clínicas**. Rio de Janeiro: Atheneu, 2021.
- PEREIRA, C. A. C.; NEDER, J. A. Diretrizes para testes de função pulmonar. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, DF, v. 28, p. 1-82, 2002. Supl. 3.

11 Interpretação dos resultados

Camila Farnese Rezende

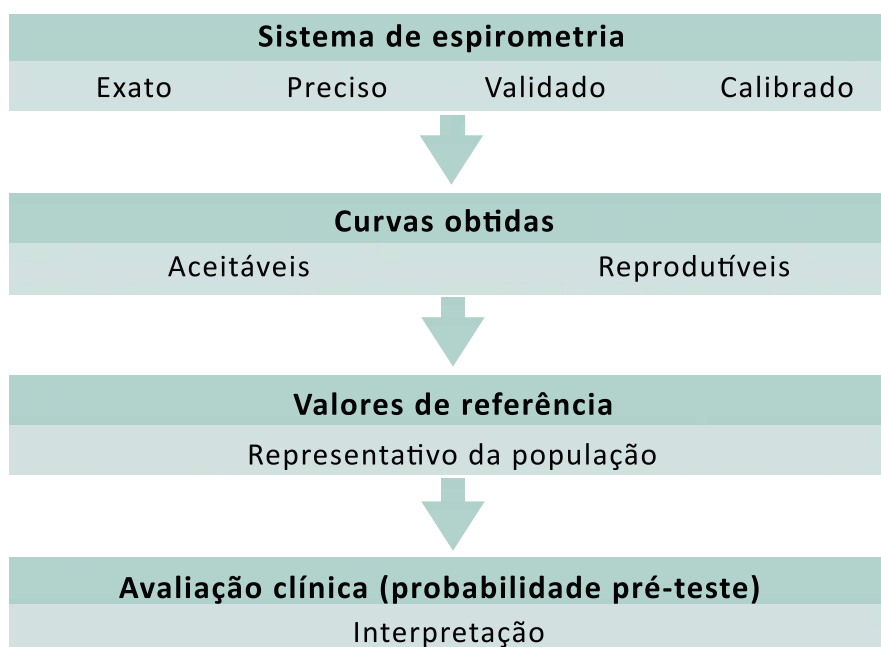


11.1 Interpretação da espirometria com prova broncodilatadora

Para o exame de espirometria com prova broncodilatadora ser interpretado, é importante seguir os passos do fluxograma da figura 56 (PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021):

- ter um equipamento validado, exato, preciso e calibrado;
- curvas espirométricas lentas e forçadas aceitáveis e reprodutíveis;
- valores de referência adequados para a pessoa, sendo que o limite inferior da equação de referência é o parâmetro mais importante para avaliação se a variável está normal ou reduzida;
- avaliação clínica da probabilidade pré-teste de um distúrbio ventilatório por meio do questionário respiratório.

Figura 56 – Fluxograma para interpretação da espirometria



Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

11.2 Parâmetros de referência para o laudo

As variáveis selecionadas para o laudo após realização de duas ou três curvas aceitáveis e reprodutíveis antes e após broncodilatador são (PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021):

- **CV lenta (L)**: selecionar o maior valor (não pode ser menor que CVF)
- **CI (L)**: selecionar o maior valor
- **VEF₁ (L)**: selecionar o maior valor
- **CVF (L)**: selecionar o maior valor
- **FEF_{25-75%} (L/s)**: selecionar o valor da curva com maior soma de CVF e VEF₁

Quadro 6 – Cálculo das razões entre as variáveis para interpretação do laudo do exame de espirometria com prova broncodilatadora

Antes do broncodilatador	Após broncodilatador
$VEF_1/CVF \times 100$	$VEF_1/CVF \times 100$
$VEF_1/CV \times 100$	$VEF_1/CV \times 100$
$FEF_{25-75\%}/CVF \times 100$	$FEF_{25-75\%}/CVF \times 100$

Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

CV lenta: Capacidade Vital Lenta CVF: Capacidade Vital Forçada FEF_{25-75%}: Fluxo Expiratório Forçado Médio entre 25% e 75% da capacidade vital forçada VEF₁: Volume Expiratório Forçado de primeiro segundo

É importante também calcular a variação após broncodilatador em valor absoluto e percentual do previsto para as variáveis abaixo, quando os valores são superiores ao exame antes do broncodilatador (PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021). As variáveis que têm significado clínico para o cálculo são mostradas no quadro 7.

Quadro 7 – Cálculo da variação após broncodilatador em valor absoluto e percentual do previsto

Variáveis	Variação absoluta (ml)	Variação em percentual previsto (%)
VEF ₁ (L)	VEF ₁ final – VEF ₁ inicial	Variação absoluta VEF ₁ / VEF ₁ previsto x 100
CVF (L)	CVF final – CVF inicial	Variação absoluta CVF / CVF previsto x 100
CV lenta (L)	CV lenta final – CV lenta inicial	Variação absoluta CV / CV lenta previsto x 100
CI (L)	CI final – VEF ₁ inicial	Variação absoluta CI / CI previsto x 100

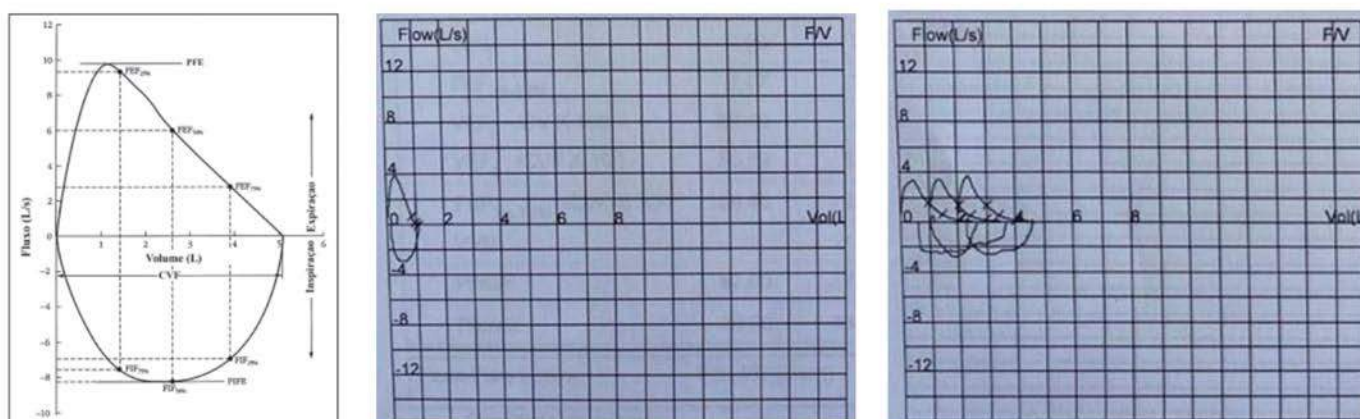
Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

CI: Capacidade Inspiratória CV lenta: Capacidade Vital Lenta
CVF: Capacidade Vital VEF₁: Volume Expiratório Forçado de primeiro segundo

11.3 Diagnóstico de distúrbios ventilatórios

A análise da morfologia da curva fluxo-volume deve ser sempre o primeiro passo para interpretação de um exame. Reduções significativas no fluxo ou no volume são facilmente discerníveis nessas curvas (Figura 57). A curva do distúrbio ventilatório restritivo apresenta-se com aspecto íngreme, em forma de “dedo de luva”, gerando uma curva normal em miniatura. Já a curva do distúrbio ventilatório obstrutivo é caracterizada por concavidade típica na alça expiratória (PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021).

Figura 57 – Morfologia da curva fluxo-volume compatível com exame normal (curva A), distúrbio ventilatório restritivo (curva B) e obstrutivo (curva C)



Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

O exame de espirometria com prova broncodilatadora pode ser normal, ou seja, todas as variáveis calculadas estão acima do limite inferior da normalidade e não há variação estatisticamente significativa após uso do broncodilatador (PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021). Dessa forma, é laudado:

- Índices espirométricos dentro dos limites de normalidade. Não houve variação significativa após uso do broncodilatador (PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021).

Mas, quando há variável alterada (abaixo do limite inferior de normalidade ou quando relação $FEF_{25-75\%}/CVF$ acima de 150%), o exame deve ser interpretado associado à avaliação da probabilidade clínica pré-teste do distúrbio ventilatório (PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021). Existem 5 tipos de distúrbios ventilatórios laudados por espirometria, sendo eles (PEREIRA, 2021):

1. Distúrbio ventilatório obstrutivo.
2. Distúrbio ventilatório obstrutivo com CVF reduzida.
3. Distúrbio ventilatório obstrutivo com CVF reduzida por provável aprisionamento aéreo.
4. Distúrbio ventilatório restritivo.
5. Redução proporcional da CVF e VEF_1 .

Além disso, quando for realizada prova broncodilatadora, acrescentar no laudo se houve variação significativa após uso de broncodilatador de acordo com a tabela 7 (PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021):

Tabela 7 – Reversibilidade após broncodilatador na espirometria, quando presença ou ausência de obstrução basal

SEM obstrução basal		COM obstrução basal	
	Variação % previsto	Variação absoluta e % previsto	Variação absoluta e % basal
VEF (fluxo)	≥ 10%	≥ 0,200L e ≥ 7%	≥ 0,200L e ≥ 12%
CVF (volume)		≥ 0,250L ou ≥ 7%	≥ 0,200L e ≥ 12%*
CV (volume)		≥ 0,250L ou ≥ 7%	
CI (volume)		≥ 0,300 L ou >10%	

Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

11.3.1 Distúrbio ventilatório obstrutivo

O distúrbio ventilatório obstrutivo (DVO) é a disfunção ventilatória na qual se observa a redução (ou limitação) dos fluxos expiratórios, podendo estar localizado nas grandes ou pequenas vias aéreas. Relaciona-se mais comumente ao aumento da resistência das vias aéreas (ex.: asma) ou à redução da retração elástica do pulmão (ex.: enfisema). Muitas doenças apresentam DVO e é fundamental correlacionar os achados funcionais com o desenvolvimento da doença, para uma propedêutica mais eficaz (Quadro 8) (PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021).

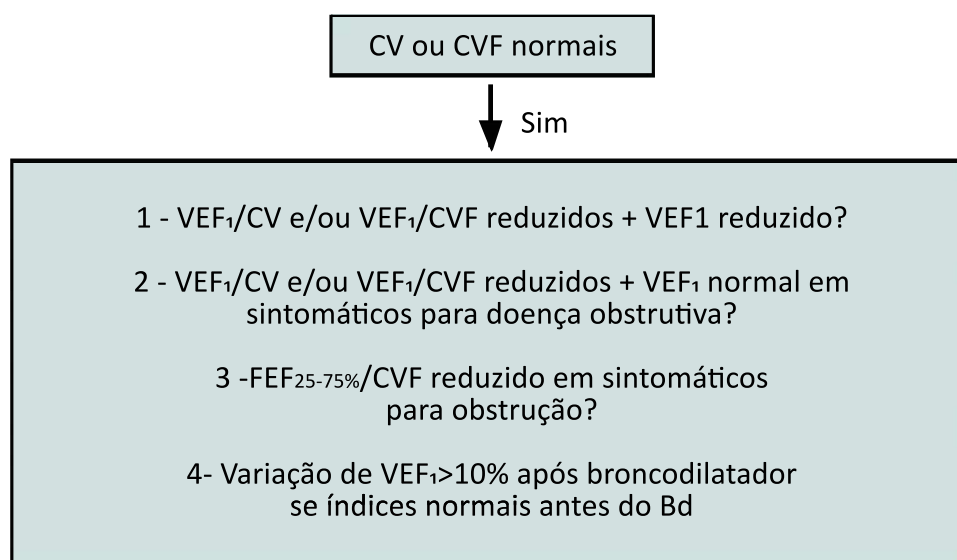
Quadro 8 – Doenças que cursam com distúrbio ventilatório obstrutivo

Asma
 Doença pulmonar obstrutiva crônica
 Bronquiectasias*
 Deficiência de alfa 1 antitripsina
 Fibrose cística*
 Silicose*
 Sarcoidose*

*Doenças que também podem ter distúrbio ventilatório restritivo ou combinado

Na figura 58, é apresentado o fluxograma de diagnóstico. O modelo mais simples de padronização é utilizar em primeira análise as razões VEF_1/CVF ou VEF_1/CV lenta. Elas estando diminuídas (abaixo do limite inferior de normalidade) com medidas de CVF e CV normais, o distúrbio ventilatório é considerado obstrutivo. Outras duas situações diagnósticas de DVO são razão $FEF_{25-75\%}/CVF$ reduzida se probabilidade clínica pré-teste para obstrução e variação no VEF_1 após broncodilatador maior que 10% em relação ao valor previsto quando espirometria inicial dentro dos limites de normalidade (PEREIRA, 2021).

Figura 58 – Fluxograma para diagnóstico de distúrbio ventilatório obstrutivo



Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

Após identificar o DVO, verifica-se a gravidade do distúrbio, sendo que o parâmetro utilizado é o VEF_1 antes do broncodilatador em percentual do previsto, conforme tabela 8 abaixo (PEREIRA, 2021):

Tabela 8 – Classificação da gravidade do distúrbio ventilatório obstrutivo

Classificação da gravidade do DVO	$VEF_1\%$ pré-Bd
Leve	60 – LI
Moderado	41 - 59
Acentuado	≤ 40

Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

11.3.2 Distúrbio ventilatório restritivo

O distúrbio ventilatório restritivo (DVR) é a disfunção ventilatória na qual se observa a redução de volumes pulmonares devido a diversas causas (Quadro 9) (PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021; TRINDADE; SOUSA; ALBUQUERQUE, 2015).

Quadro 9 – Doenças que cursam com distúrbio ventilatório restritivo

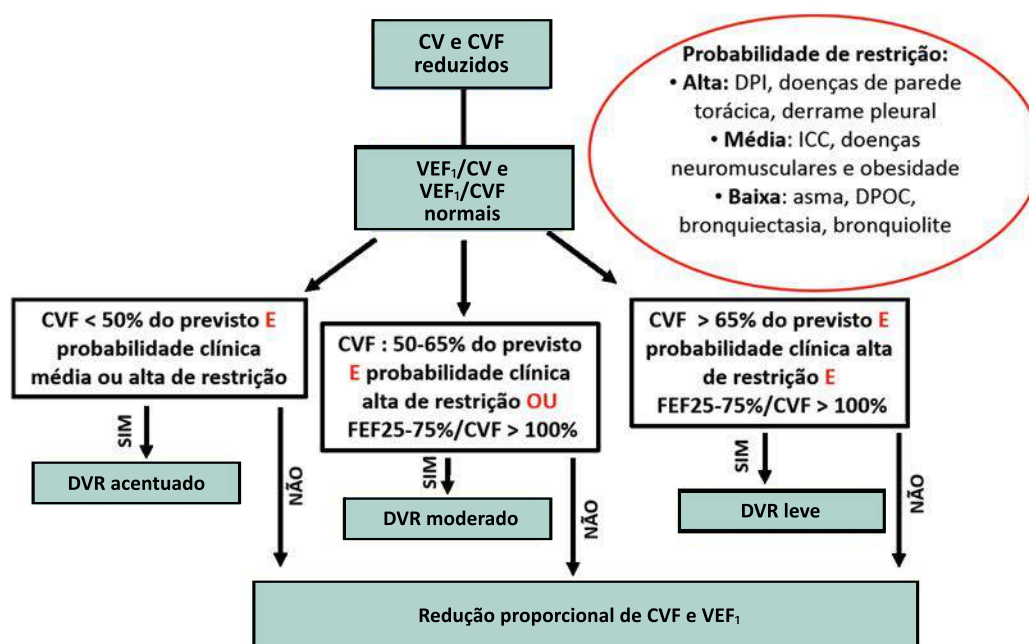
Deslocamento do parênquima pulmonar	Ex: tumores, derrame pleural, insuficiência cardíaca
Ressecção pulmonar	Ex: segmentectomia, lobectomia ou pneumectomia
Alterações do tecido pulmonar	Ex: fibrose pulmonar ou doença infiltrativa no pulmão
Afecções da parede torácica ou dos músculos	Ex: cifoescoliose ou doença neuromuscular
Obesidade	
Gravidez	

Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

O distúrbio ventilatório restritivo é sempre inferido pela espirometria, pois o exame padrão-ouro para diagnóstico é a redução da CPT medida por meio de volumes pulmonares por pletismografia ou diluição do gás hélio (PEREIRA; NEDER, 2002; TRINDADE; SOUSA; ALBUQUERQUE, 2015; MOTTRAM, 2016; PEREIRA, 2021).

Na figura 59, é apresentado o fluxograma de diagnóstico. O modelo mais simples de padronização é utilizar em primeira análise a redução de CV e CVF antes e após broncodilatador, com as razões VEF_1/CV e VEF_1/CVF normais associado com a probabilidade clínica de restrição e valor da relação $FEF_{25-75\%}/CVF$ acima de 100% (PEREIRA, 2021).

Figura 59 – Fluxograma para diagnóstico de distúrbio ventilatório restritivo



Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

Após identificar o DVR, verifica-se a gravidade do distúrbio, sendo que os parâmetros utilizados são CVF ou CV lenta antes do broncodilatador em percentual do previsto. O menor valor é considerado para graduar, conforme tabela 9.

Tabela 9 – Classificação da gravidade do distúrbio ventilatório obstrutivo

Classificação da gravidade do DVR	CV(F) %
Leve	>65 – LI
Moderado	51 – 65
Acentuado	≤ 50

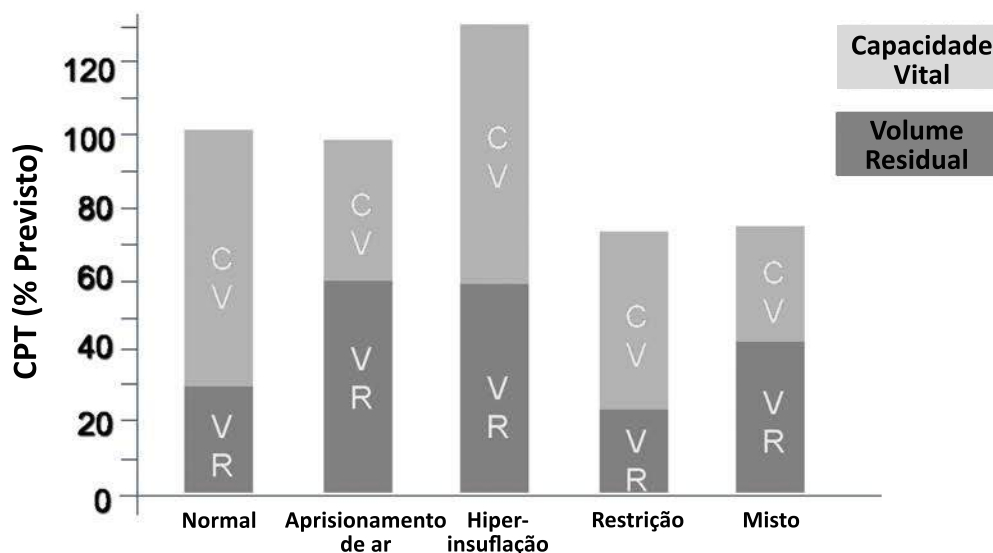
Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

Quando existe probabilidade clínica pré-teste para distúrbio ventilatório restritivo, ficar sempre atento à relação $FEF_{25-75\%}/CVF$ acima de 150%, que corresponde à restrição com fluxos supranormais. Esse achado com demais índices espirométricos normais levanta a suspeita de doença intersticial na presença de dispnéia ou se associa a mau prognóstico em fibrose pulmonar (doença avançada) (PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021).

11.3.3 Distúrbio ventilatório obstrutivo com CVF reduzida

Existem vários mecanismos para redução da capacidade vital, conforme figura 60. Verifica-se então que, além da restrição, um distúrbio ventilatório combinado (obstrutivo-restritivo) ou obstrutivo com aprisionamento aéreo causam redução da capacidade vital, sendo necessário avaliar outros parâmetros para o diagnóstico pela espirometria (PEREIRA; NEDER, 2002; MOTTRAM, 2016; PEREIRA, 2021).

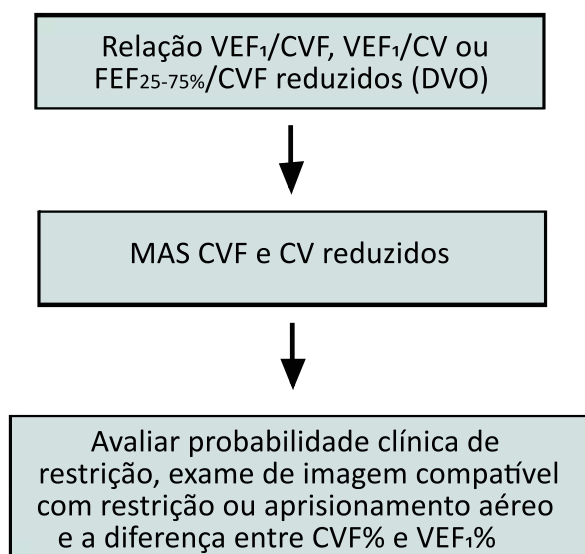
Figura 60 – Mecanismos que explicam a redução da capacidade vital



Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

É simples identificar o distúrbio ventilatório obstrutivo quando CVF e CV normais. Mas quando há sinais de DVO (razões VEF_1/CVF ou VEF_1/CV ou $FEF_{25-75\%}/CVF$ reduzidos) e CVF e/ou CV reduzidos, deve-se levar em conta a probabilidade clínica pré-teste de restrição associada ao exame de imagem e a diferença entre percentual do previsto da CVF e do VEF_1 para concluir o tipo de distúrbio ventilatório (Figura 61).

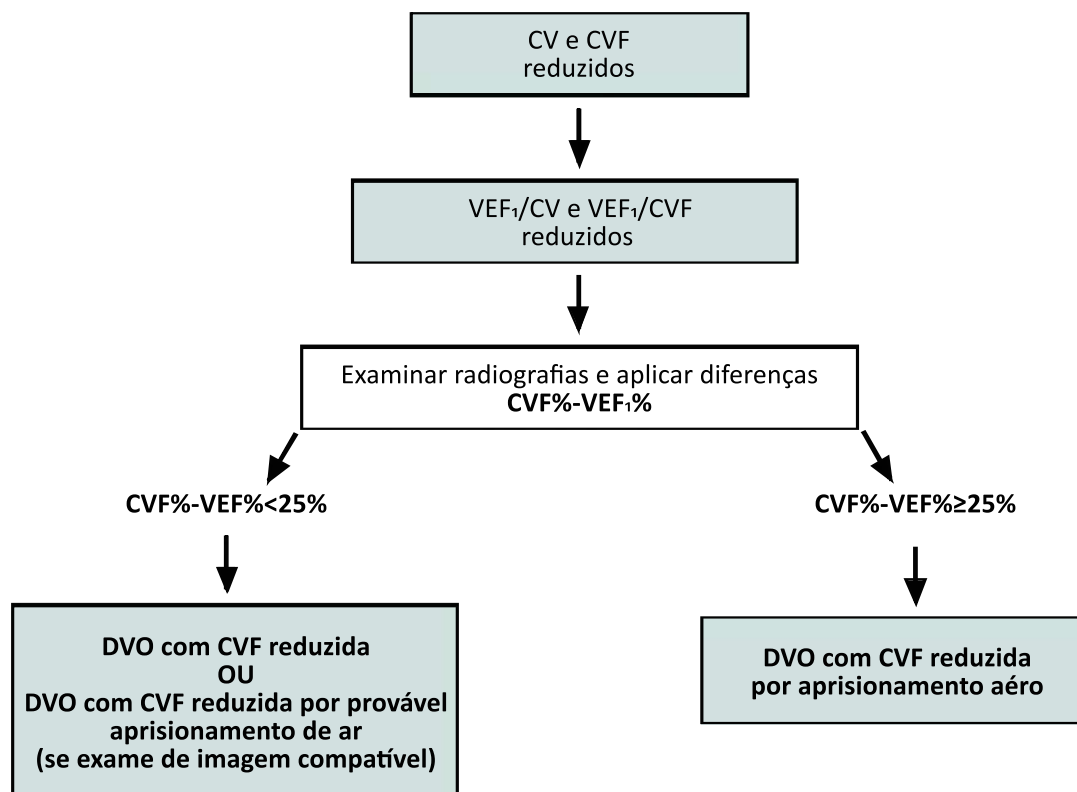
Figura 61 – Avaliação do tipo de distúrbio ventilatório quando sinais de obstrução pela espirometria estão associados à capacidade vital reduzida



Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

O distúrbio ventilatório obstrutivo com CVF reduzida é definido quando há sinais de DVO pela espirometria (razões VEF_1/CVF ou VEF_1/CV ou $FEF_{25-75\%}/CVF$ reduzidos) com CV e CVF reduzidos e diferença percentual do previsto antes do broncodilatador entre CVF e $VEF_1 < 25\%$ (Figura 62) (PEREIRA, 2021).

Figura 62 – Fluxograma para diagnóstico de distúrbios ventilatórios obstrutivos com capacidade vital forçada reduzida e obstrutivo com capacidade vital forçada reduzida por provável aprisionamento aéreo



Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

O exame padrão-ouro para definir a causa da redução da capacidade vital nessa situação é a medida de volumes pulmonares por pletismografia ou diluição do gás hélio. Atentar para os indicadores do término da fase final da expiração forçada (FEF), que quando inadequados subestimam a CVF (PEREIRA; NEDER, 2002; TRINDADE; SOUSA; ALBUQUERQUE, 2015; MOTTRAM, 2016; GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA, 2021).

11.3.4 Distúrbio ventilatório obstrutivo com CVF reduzida por provável aprisionamento aéreo

O distúrbio ventilatório obstrutivo com CVF reduzida por provável aprisionamento aéreo é definido pela probabilidade clínica de obstrução e se possível, com exame de imagem compatível com aprisionamento aéreo e sinais de DVO pela espirometria (razões VEF_1/CVF ou VEF_1/CV ou $FEF_{25-75\%}/CVF$ reduzidos) com CV e CVF reduzidas e diferença percentual do previsto antes do broncodilatador entre CVF e $VEF_1 \geq 25\%$ (Figura 63) (PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021).

O exame padrão-ouro para definir o aprisionamento aéreo também é a medida de volumes pulmonares por pletismografia ou diluição do gás hélio, que permite avaliar o VR, CRF e relação VR/CPT (PEREIRA; NEDER, 2002; MOTTRAM, 2016; PEREIRA, 2021).

11.3.5 Houve redução proporcional da CVF e do VEF₁

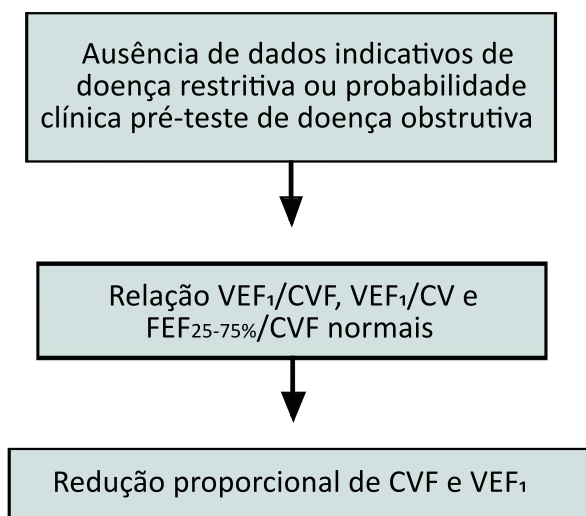
Em alguns casos, o diagnóstico clínico é de doença obstrutiva, mas existem achados na espirometria que classificariam o distúrbio como restritivo devido a (PEREIRA, 2021):

- Vazamento no espirômetro;
- Inspiração incompleta;
- Alçapamento de ar;
- Fechamento das vias aéreas;
- Superposição de doenças.

Quando não há dados indicativos de doença restritiva e a probabilidade clínica pré-teste é de doença obstrutiva isolada, os achados de relações VEF₁/CVF ou VEF₁/CV ou FEF_{25-75%}/CVF normais com redução proporcional de CVF e VEF₁ devem ser laudados da seguinte forma:

- Houve redução proporcional da CVF e volume expiratório forçado de primeiro segundo (Figura 63) (PEREIRA, 2021).

Figura 63 – Indicativos de redução proporcional da capacidade vital forçada e volume expiratório forçado de primeiro segundo



Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

O exame padrão-ouro para confirmar o diagnóstico funcional nessa situação clínica é a medida de volumes pulmonares por pletismografia ou diluição do gás hélio. Se não disponível, é importante médico assistente atentar para possibilidade de ainda ser um distúrbio ventilatório obstrutivo e fazer controle funcional posterior (MOTTRAM, 2016; PEREIRA, 2021).

11.4 Conclusões

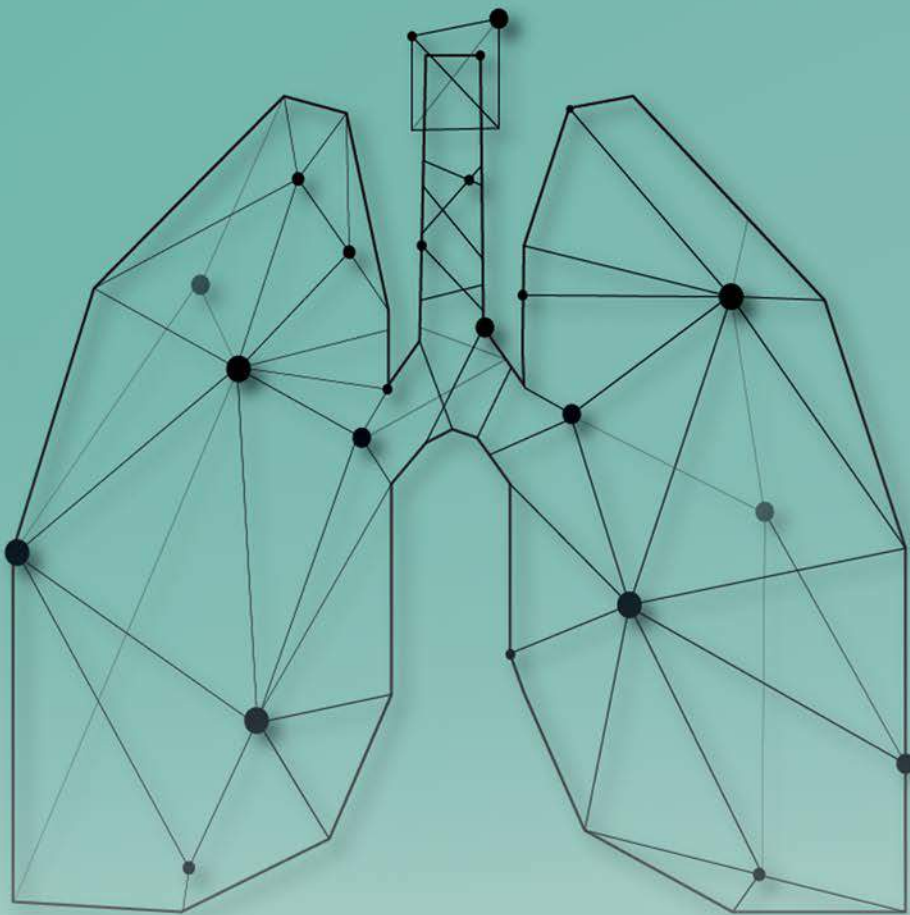
- Importância da probabilidade clínica pré-teste por meio do questionário respiratório para definir os distúrbios ventilatórios.
- Morfologia da curva fluxo-volume é essencial para diagnóstico, além dos valores das variáveis analisadas.
- O limite inferior da equação de referência é o parâmetro mais importante para avaliação se a variável está normal ou reduzida.
- Os resultados que podem ser apresentados pela espirometria são os seis abaixo, acrescidos da presença ou não de variação significativa após uso de broncodilatador:
 1. Índices espirométricos dentro dos limites de normalidade;
 2. Distúrbio ventilatório obstrutivo;
 3. Distúrbio ventilatório obstrutivo com CVF reduzida;
 4. Distúrbio ventilatório obstrutivo com CVF reduzida por provável aprisionamento aéreo;
 5. Distúrbio ventilatório restritivo;
 6. Redução proporcional da CVF e VEF₁.
- A gravidade dos distúrbios ventilatórios é analisada pelo percentual do previsto:
 - DVR: CV% ou CVF% do previsto
 - DVO: VEF₁% do previsto

Referências

- GRAHAM, B. L. *et al.* Standardization of spirometry 2019 Update. An official American Thoracic Society and European Respiratory Society technical statement. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, New York, v. 200, n. 8, p. e70-e88, Oct. 2019.
- MOTTRAM, C. D. **Ruppel's manual of pulmonary function testing**. 11. ed. [S. l.]: Elsevier, 2016.
- PEREIRA, C. A. C. **Testes de função pulmonar**: bases, interpretação e aplicações clínicas. Rio de Janeiro: Atheneu, 2021.
- PEREIRA, C. A. C.; NEDER, J. A. Diretrizes para testes de função pulmonar. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, DF, v. 28, p. 1-82, 2002. Supl. 3.
- TRINDADE, A. M.; SOUSA, T. L. F.; ALBUQUERQUE, A. L. P. A interpretação da espirometria na prática pneumológica: até onde podemos avançar com o uso dos seus parâmetros? **Pulmão RJ**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 1, p. 3-7, 2015.

12 Calibração e controle de infecção

Eliane Viana Mancuzo



12.1 Introdução

12.1.1 Calibração

12.1.1.1 Procedimento para calibração

- Para garantir a qualidade dos exames que são realizados é importante que os espirômetros sejam acurados (medida real, exata) e precisos (medidas reproduzíveis). A calibração do equipamento permite que esse ajuste seja realizado permitindo o desempenho dentro de limites padronizados (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021).
- Alguns espirômetros não necessitarão de calibração, mas é importante que o operador saiba como realizar e utilizar os critérios para uma calibração de qualidade.
- A calibração deverá ser diária.
- Para a calibração do espirômetro, utiliza-se uma seringa de 3 L, que também deve ter sua garantia de qualidade validada anualmente.

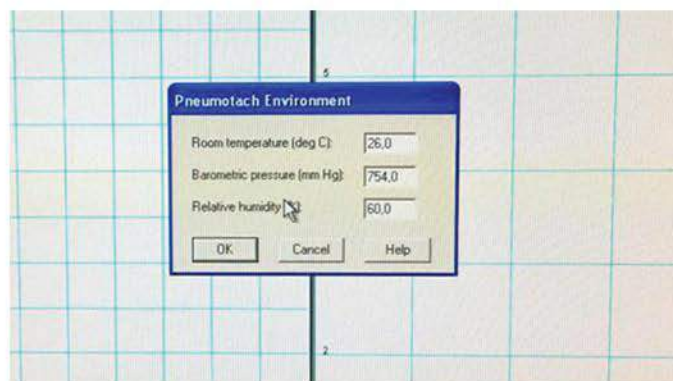
Figura 64 – Seringa de calibração



Fonte: Acervo do serviço.

- Antes de iniciar a calibração, verificar a temperatura ambiente (T). Alguns equipamentos dispõem de sensores que captam a temperatura. Outros exigem que ela seja inserida na tela de calibração do computador antes de iniciar o procedimento. Assim como a pressão barométrica (P) e a saturação em vapor de água (S). Todos os resultados dos exames devem ser fornecidos de acordo com o sistema BTPS que significa (B)= body (corporal), T= temperatura, P= pressão barométrica, S= saturação em vapor de água - condições de temperatura corporal, pressão barométrica e saturação de vapor de água (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021).

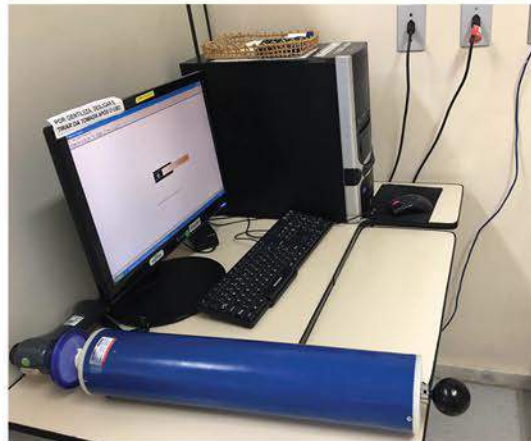
Figura 65 – Parâmetros a serem inseridos no aparelho antes de iniciar o exame



Fonte: Acervo do serviço.

- É recomendado que a seringa fique guardada no mesmo ambiente do espirômetro.
- Para a calibração, a seringa deverá estar conectada ao espirômetro junto com o filtro.

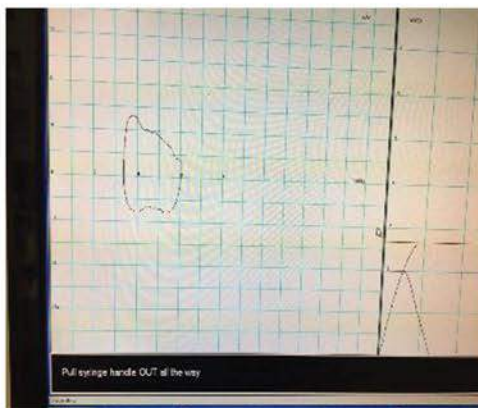
Figura 66 – Seringa adaptada ao espirômetro



Fonte: Acervo do serviço.

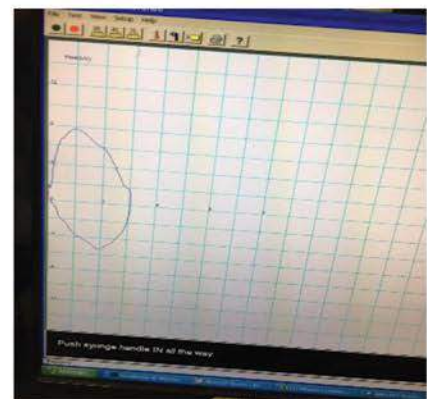
- Com uma seringa conectada ao pneumotacógrafo por meio de um tubo, injeta-se o ar sob três velocidades (fluxos), variando de 0,5 a 12 L/s: baixa, média, alta.

Figura 67 – Fluxo baixo



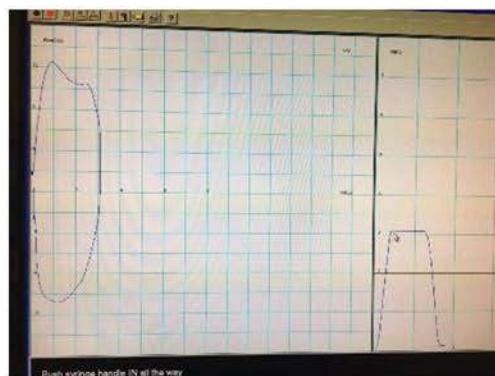
Fonte: Acervo do serviço.

Figura 68 – Fluxo médio



Fonte: Acervo do serviço.

Figura 69 – Fluxo alto



Fonte: Acervo do serviço.

- Os valores de volume e fluxos de cada manobra serão mostrados na tela do computador. Os limites aceitáveis entre as manobras são: ± 100 ml e $\pm 3,0\%$.

- Após as manobras, se houver falha de calibração, deve-se reiniciar o processo.

12.1.1.2 Causas de falha de calibração

Quando ocorrer falha na calibração, antes de reiniciar o procedimento, algumas recomendações devem ser revistas:

- Verificar se não há vazamento na conexão do espirômetro com a seringa de calibração (é o erro mais comum).
- Verificar se há fluxo de ar através do espirômetro durante o procedimento de configuração de fluxo zero.
- Pode haver falha em preencher totalmente e esvaziar a seringa de calibração em uma ação suave.
- Mau funcionamento da seringa de calibração (por exemplo, vazamento do pistão ou deslocamento da parada do pistão ou seringa danificada por queda).
- Bloqueio do espirômetro por detritos no sensor do espirômetro ou pela mão do operador enquanto segura o espirômetro.
- Montagem inadequada do sensor, filtro e/ou tubo respiratório.
- Diferenças entre a temperatura ambiente e a temperatura da seringa de calibração.
- Erros de entrada de dados na temperatura e / ou pressão ambiente (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021).

12.1.1.3 Cuidados com a seringa

- Deve-se realizar inspeção diária para deslocamento do batente do pistão.
- Verificação diária para o bom funcionamento da seringa que não deverá grudar ou prender.
- Uma precisão de $\pm 0,015$ L deverá ser verificada pelo fabricante na entrega e em intervalos recomendados por ele (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021).

12.1.1.4 Registros

- Registros de calibrações, reparos e ajustes, atualizações de hardware e software devem ser mantidos (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021).

12.1.2 Controle de infecção

12.1.2.1 Aspectos gerais

- O objetivo do controle de infecção é prevenir a transmissão da infecção às pessoas e equipe durante o teste de função pulmonar.
- O número de casos documentados relacionados à infecção é muito pequeno, mas existe um risco potencial real.
- A infecção pode ser transmitida por contato direto com as superfícies, como bocais, prendedor de nariz, partes do espirômetro que são tocadas e braços de cadeira.
- A transmissão indireta ocorre por gotículas de aerossol geradas pela pessoa soprando para o equipamento, mas também expulso para o ar da sala entre manobras dos testes (GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021).

12.1.2.2 Precauções

12.1.2.2.1 Técnico

- Para evitar a exposição do operador e contaminação cruzada, as mãos devem ser lavadas imediatamente após o manuseio direto de bocais, tubos e superfícies do espirômetro.

Figura 70 – Passos para higienização das mãos



Fonte: Adaptado de: Pereira, 2021.

- O operador deve lavar as mãos e usar um desinfetante de mãos aprovado antes do contato com cada nova pessoa.
- O uso de luvas descartáveis não elimina a necessidade de lavar as mãos.
- Em caso de uso de luvas, um novo par é necessário para cada pessoa.
- O técnico deverá usar máscara N95 (1/semana) e/ou óculos de proteção.
- Deixar todo o material a ser utilizado pela pessoa já preparado, antes de ela entrar na sala - bocal, filtro, clip nasal. **Importante que a pessoa veja que é novo e descartável.**

(GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021).

12.1.2.2.2 Espirômetro

- Deve-se limpar a superfície externa do aparelho e de toda a caixa, mesa, teclado, mouse, fiação, a cada término de exame com álcool 70%.
- A tela do computador deve ser limpa com álcool isopropílico.
- Após limpeza, cadastrar a próxima pessoa antes de chamá-la para entrar em sala.

(GRAHAM *et al.*, 2019; PEREIRA; NEDER, 2002; PEREIRA, 2021).

12.1.2.2.3 Pessoa submetida ao exame

- A pessoa deve higienizar as mãos com álcool 70% aprovado na sala de acolhimento antes da realização do teste.
- Deverá ser utilizado um filtro com bocal para cada pessoa. O uso de filtros descartáveis em linha para espirômetros tornou-se prática padrão na maioria das instalações. Além disso, o bocal geralmente é parte integrante do filtro e reduzirá a contaminação do espirômetro.
- Todos os itens descartáveis, incluindo filtros, bocais e luvas, devem ser eliminados no final da sessão de teste.
- A pessoa deverá permanecer sentada de costas ou ao lado, com a sua cadeira posicionada à frente ou ao lado do técnico que realiza o exame, evitando que o fluxo de ar seja direcionado a ele.

12.2 Conclusões

- A calibração do espirômetro deve ser diária.
- Para a calibração, devem ser observadas as recomendações BTPS - temperatura, pressão barométrica e saturação do vapor de água.
- Os limites aceitáveis para a calibração são: ± 100 ml e $\pm 3,0\%$.
- A calibração deve ser realizada utilizando diferentes velocidades (fluxos): alta, média e baixa.
- Deve ser utilizado um filtro com bocal para cada pessoa.
- O técnico deverá lavar as mãos e higienizá-las a cada exame.
- O espirômetro, assim com a mesa e a cadeira, também deverá ser higienizado após cada exame.

Referências

GRAHAM, B. L. *et al.* Standardization of spirometry 2019 Update. An official American Thoracic Society and European Respiratory Society technical statement. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, New York, v. 200, n. 8, p. e70-e88, Oct. 2019.

PEREIRA, C. A. C. **Testes de função pulmonar**: bases, interpretação e aplicações clínicas. Rio de Janeiro: Atheneu, 2021.

PEREIRA, C. A. C.; NEDER, J. A. Diretrizes para testes de função pulmonar. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, DF, v. 28, p. 1-82, 2002. Supl. 3.

Conte-nos o que pensa sobre esta publicação.
Clique aqui e responda a pesquisa.



DISQUE SAÚDE **136**

Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde
bvms.saude.gov.br