
ESPIROMETRIA NA PRÁTICA LABORATORIAL

A experiência do Laboratório de Fisiopatologia Respiratória do Hospital
Distrital da Figueira da Foz

Candidatura ao Título de Especialista

Trabalho original de natureza profissional
Área da CARDIOPNEUMOLOGIA

Juliana Sofia Serra Jorge

Junho 2019

PREÂMBULO

O presente trabalho foi realizado com vista à candidatura para atribuição do título de especialista em Cardiopneumologia, ao abrigo do Decreto-Lei n.º 206/2009 de 31 de agosto publicado em Diário da República, 1ª Série – N.º 168. Segundo as orientações deste, faz parte da avaliação em provas públicas a apresentação de *“um trabalho de natureza profissional no âmbito da área em que são prestadas as provas, preferencialmente sobre um trabalho ou obra constante do seu currículo profissional”*. Tendo em mente esta ideia, apesar de o percurso profissional, incluir algumas comunicações orais, projetos de investigação e experiência noutras áreas, da prática laboratorial da candidata destaca-se o Estudo Funcional Respiratório, tendo por base a Espirometria. Assim, o trabalho apresentado, sendo de autoria original para o fim proposto, resulta desta experiência profissional e compila as orientações constantes de normas, artigos científicos e outras publicações de referência, bem como procedimentos internos, elaborados pela autora em co-autoria.

ÍNDICE

<i>Preâmbulo</i>	I
<i>Índice de Quadros e Tabelas</i>	III
<i>Índice de Figuras</i>	IV
<i>Índice de Siglas Acrónimos e Abreviaturas</i>	V
<i>Contextualização</i>	6
<i>Introdução</i>	8
<i>Fisiologia respiratória</i>	9
<i>Ventilação</i>	9
<i>Perfusão</i>	10
<i>Difusão</i>	11
<i>Avaliação de volumes pulmonares</i>	12
<i>Avaliação funcional respiratória por espirometria</i>	15
<i>Definição dos principais parâmetros obtidos</i>	15
<i>Indicações</i>	19
<i>Contraindicações</i>	<i>Erro! Marcador não definido.</i>
<i>Preparação Prévia do Utente</i>	22
<i>Material</i>	23
<i>Tipos de Espirómetro</i>	23
<i>Rotina de verificação e calibração do espirómetro como parte do controle de qualidade</i>	27
<i>Aquecimento e estabilização elétrica</i>	27
<i>Condições de ambiente</i>	27
<i>Verificação e Calibração volumétrica</i>	28
<i>Controlo Biológico (BioQC)</i>	32
<i>Realização e condução da Espirometria</i>	34
<i>Acolhimento</i>	34
<i>Introdução dos dados do utente</i>	34
<i>Posicionamento</i>	36
<i>Instrução do utente e realização de manobra Máxima Forçada (CVF)</i>	37
<i>Manobra espirométrica lenta</i>	38
<i>Crítérios de Aceitabilidade e Repetibilidade como parte de Controlo de Qualidade</i>	39
<i>Crítérios de Aceitabilidade – Manobra Forçada</i>	39
<i>Crítérios de Aceitabilidade -Manobra lenta</i>	41
<i>Crítérios de Repetibilidade - Manobra Forçada</i>	41
<i>Crítérios de Repetibilidade - Manobra lenta</i>	42
<i>Exemplos da aplicação de critérios de aceitabilidade e repetibilidade</i>	43
<i>Valores de referência e intervalo de normalidade</i>	48
<i>Interpretação de resultados</i>	51
<i>Classificação da gravidade da alteração respiratória</i>	54
<i>Apresentação dos resultados - relatório</i>	56
<i>Armazenamento dos dados</i>	58
<i>Medidas de higiene e limpeza do equipamento</i>	59
<i>Considerações Finais</i>	61
<i>Bibliografia</i>	62
<i>Anexos</i>	65

ÍNDICE DE QUADROS E TABELAS

QUADRO 1: INDICAÇÕES PARA A REALIZAÇÃO DE ESPIROMETRIA.	19
QUADRO 2: TEMPO DE SUSPENSÃO DA MEDICAÇÃO BRONCODILATADORA	22
TABELA 1:TABELA DE REGISTO DE MEDIÇÕES DE CVF E VEMS, COM CÁLCULO DE COEFICIENTE DE VARIAÇÃO PARA SELEÇÃO DE SUJEITO DE BIOQC.	32
QUADRO 3: CATEGORIZAÇÃO DA QUALIDADE PARA CVF E VEMS OBTIDOS.	42
QUADRO 4:GRAU DE SEVERIDADE DAS ALTERAÇÕES VENTILATÓRIAS	54
QUADRO 5: GRAU DE SEVERIDADE DAS ALTERAÇÕES VENTILATÓRIAS DA OBSTRUÇÃO NA DPOC, COM BASE NO VEMS APÓS BRONCODILATAÇÃO (GOLD).	54
SUPERIORES.	53
QUADRO 6: PARÂMETROS ÚTEIS NA DIFERENCIAÇÃO DE OBSTRUÇÕES DA VIA AÉREA CENTRAL E VIAS AÉREAS SUPERIORES	53

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1:PROCESSO DE DIFUSÃO ATRAVÉS DA MEMBRANA ALVÉOLO-CAPILAR	11
FIGURA 2:ESQUEMATIZAÇÃO DE VOLUMES E CAPACIDADES PULMONARES	12
FIGURA 3:REPRESENTAÇÃO DA MANOBRA DE CVI	13
FIGURA 4:REPRESENTAÇÃO DA MANOBRA DE CVE	14
FIGURA 5:REPRESENTAÇÃO DA CURVA VOLUME-TEMPO, COM IDENTIFICAÇÃO DE VEMS E CVF.....	16
FIGURA 6: ILUSTRAÇÃO DA FORMA DE CÁLCULO DO DEM25-75%.	16
FIGURA 7: REPRESENTAÇÃO DA CURVA DÉBITO-VOLUME.	17
FIGURA 8: REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UM ESPIRÓMETRO DE CAMPÂNULA	24
FIGURA 9:REPRESENTAÇÃO DE ESPIRÓMETRO DE FOLE	24
FIGURA 10: ESQUEMATIZAÇÃO DO PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO PNEUMOTACÓGRAFO DE LILY.	25
FIGURA 11: IMAGEM DE ECRÃ APÓS VERIFICAÇÃO DA CALIBRAÇÃO VOLUMÉTRICA.....	30
FIGURA 12: IMAGEM DE ECRÃ DE VERIFICAÇÃO DE LINEARIDADE.	31
FIGURA 13: POSIÇÃO DO UTENTE PARA A REALIZAÇÃO DE ESPIROMETRIA.....	36
FIGURA 14:VERSÃO EXPANDIDA DA PARTE INICIAL DA CURVA VOLUME-TEMPO PARA ILUSTRAÇÃO DO CONCEITO VOLUME EXTRAPOLADO.....	39
FIGURA 15: EXEMPLO DE CURVA DÉBITO-VOLUME NÃO ACEITÁVEL POR ENCERRAMENTO DA GLOTE	44
FIGURA 16: EXEMPLO2 DA APLICAÇÃO DE CRITÉRIOS DE ACEITABILIDADE DE REPETIBILIDADE.	45
FIGURA 17: CURVAS DÉBITO-VOLUME DAS MANOBRAS ESPIROMÉTRICAS DO EXEMPLO 3.....	46
FIGURA 18: CURVAS VOLUME- TEMPO DAS MANOBRAS ESPIROMÉTRICAS DO EXEMPLO 3.	46
FIGURA 19: DADOS DAS CINCO MANOBRAS ESPIROMÉTRICAS REALIZADAS NO CASO 3 PARA APLICAÇÃO DE CRITÉRIOS DE ACEITABILIDADE DE REPETIBILIDADE.	47
FIGURA 20: REPRESENTAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE OS PERCENTIS E O Z-SCORE E A TRANSPOSIÇÃO PARA A VALORIZAÇÃO DOS RESULTADOS DA ESPIROMETRIA, ATRAVÉS DE PICTOGRAMA.....	50
FIGURA 21: MORFOLOGIA DAS CURVAS VOLUME–TEMPO E DÉBITO–VOLUME DE ACORDO COM O PADRÃO VENTILATÓRIO...	51
FIGURA 22: ALGORITMO DE SEGUIMENTO DO ESTUDO FUNCIONAL RESPIRATÓRIO, TENDO POR BASE A ESPIROMETRIA.	55
FIGURA 23: REPRESENTAÇÃO DA ASPETO MORFOLÓGICO DA CURVA DÉBITO-VOLUME NA OBSTRUÇÃO DAS VIAS AÉREAS SUPERIORES.....	53

ÍNDICE DE SIGLAS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

ATP - *Ambient temperature, ambient pressure*

ATPS - *Ambient temperature and pressure saturated with water vapour*

ATS – *American Thoracic Society*

BTPS - *Body Temperature and Pressure Saturated*

CPT – Capacidade Pulmonar Total

CRF – Capacidade Residual Funcional

CV – Capacidade Vital

CVF – Capacidade Vital Forçada

DC – Débito Cardíaco

DEM 25 – Débito Expiratório Máximo a 25 % da Capacidade Vital Forçada

DEM 50 – Débito Expiratório Máximo a 50 % da Capacidade Vital Forçada

DEM 75 – Débito Expiratório Máximo a 75 % da Capacidade Vital Forçada

DEM 25 -75 - Débito Expiratório Médio Forçado entre 25 e 75 % da Capacidade Vital Forçada

DEMA – Débito Expiratório Máximo Absoluto

DGS -.Direção Geral de Saúde

DIM 50 - Débito Inspiratório Máximo a 50 % da Capacidade Vital Forçada

DPOC - Doença Pulmonar Obstrutiva Cronica

EFR – Estudo Funcional Respiratório

ERS – *European Respiratory Society*

FEV1 – *Forced expiratory volume in the first second*

GLI - Global Lung Function Initiative

GOLD - *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease*

LFR_{HDF} - Laboratório de Fisiopatologia Respiratória do Hospital Distrital da Figueira da Foz

PEF - *Peak Expiratory Flow*

RSD - Desvio padrão residual

SR - Resíduo padrão

STPD - *Standard Temperature, Pressure and Dry*

TEF - Tempo expiratório forçado

VC – Volume Corrente

VEx - Volume Extrapolado

VEMS – Volume Expiratório Máximo no primeiro Segundo

VGIT – Volume de Gás Intra-Torácico

VR – Volume Residual

VRE – Volume de Reserva Expiratória

VRI – Volume de Reserva Inspiratória

CONTEXTUALIZAÇÃO

Apresentação do Laboratório de Fisiopatologia Respiratória do Hospital Distrital da Figueira da Foz (LFR_{HDF})

Os conteúdos a seguir desenvolvidos são fruto do conhecimento resultante de pesquisa bibliográfica mas pretendem, sobretudo, refletir a aplicação deste na prática profissional, sendo este também resultado desta experiência. Deste modo, afigura-se como necessário a contextualização destas práticas pela apresentação do LFR_{HDF}.

O LFR_{HDF} está inserido na valência de Pneumologia, que integra a consulta externa desta instituição. Uma vez que, o espaço físico é contíguo e a equipa é comum, este funciona de forma muito estreita com o Laboratório de Patologia do Sono.

Este está equipado com um pletismógrafo e um cicloergómetro (em salas distintas). Trata-se de um pletismógrafo, com *software Sentry Suite 2.19* da *CareFusion*. Este é constituído por cabine, na qual se insere o pneumotacógrafo aquecido (rede interna-pneumotacógrafo de Lily). Associado ao ergómetro dispomos de espirómetro de turbina, com *software JLab*. Estes permitem a realização de pletismografia corporal, espirometria lenta e forçada, determinação do fator de transferência de monóxido de carbono, pelo método de *single-breath* e de prova de esforço cardiorrespiratória. Realizam-se, ainda, provas de provocação inespecífica com metacolina, prova de marcha de 6 minutos e gasometria arterial.

A equipa é constituída por quatro técnicas de Cardiopneumologia, com cerca de 5 a 20 anos de experiência na realização de Estudo Funcional Respiratório (EFR). Fazem também parte da equipa cinco Pneumologistas, uma enfermeira e uma assistente operacional, que não estando em permanência no serviço, dão o apoio necessário.

A maioria dos doentes que realizam espirometria são referenciados pela consulta de pneumologia, tendo um menor número de doentes que vêm encaminhados da consulta de alergologia pediátrica, da consulta de medicina interna e ainda utentes de outras especialidades para avaliação pré-operatória ou pesquisa de alterações respiratórias secundárias a outras patologias ou tratamentos (nomeadamente da consulta de Doenças Auto-Imunes). Tem ainda sido crescente a referenciação pelos Cuidados Primários (principalmente para diagnóstico de Doença Pulmonar Obstrutiva

Crônica (DPOC). Atualmente, está em curso um programa de resposta conjunta do LFR_{HDFF} em articulação com os centros de saúde da área de influência do HDFF. Este tem por objetivo promover um acesso de proximidade à espirometria pelos cuidados primários, no âmbito do diagnóstico da DPOC.

Em suma, as patologias respiratórias mais comumente seguidas são a Asma, DPOC, Patologia do Interstício Pulmonar e, em número mais reduzido, patologia neuromuscular.

No LFR_{HDFF} são realizados aproximadamente 270 EFR por mês, incluindo a espirometria e/ou outras técnicas de avaliação de função respiratória mencionadas.

INTRODUÇÃO

A espirometria tem vindo a tornar-se um exame cada vez mais acessível (tem havido um esforço para que esteja mais presente, nomeadamente, nos cuidados de saúde primários), com uma boa relação custo-benefício, não invasivo e considerado seguro. Por outro lado, é altamente dependente da colaboração, a que se junta outras possíveis interferências, inerentes ao instrumento de medição e ao operador. O operador (Cardiopneumologista ou Fisiologista Clínico) é um interveniente com grande responsabilidade na realização da espirometria, cabendo-lhe o desafio de aplicar na prática as normas para obter testes espirométricos de qualidade.

Sendo a espirometria a base da avaliação funcional respiratória, é indispensável que seja realizada cumprindo critérios de qualidade que incluem um conjunto de boas práticas, aplicáveis à sua execução propriamente dita, mas que vão além desta, de modo a que o exame seja realizado em segurança e conduza a conclusões verdadeiras.

A constante atualização nesta matéria, e empenho para respeitar os preceitos de qualidade de teste são obrigatórios.

Da inspiração do *workbook* submetido à *European Respiratory Society (ERS)*, conjugada com a experiência profissional da candidata, revisão bibliográfica motivada pela necessidade de respostas resultante da partilha de dúvidas, experiências e saberes com os pares, foi escolhido o tema “Espirometria na Prática Laboratorial”.

O trabalho apresentado, compila as orientações constantes de normas, artigos científicos e outras publicações de referência, bem como procedimentos internos, aos quais se acrescenta a experiência profissional.

Este trabalho constitui a partilha desta preocupação com o conhecimento, entendimento e cumprimento (e com o não cumprimento) de boas práticas em espirometria. Pretende-se, de forma simples, contribuir e motivar para esta reflexão, que se entende necessária, sobre procedimentos de qualidade em espirometria, nas suas várias etapas.

FISIOLOGIA RESPIRATÓRIA

A respiração é um fenómeno indispensável a todos os organismos, desde os mais simples até aos mais complexos, tendo em todos a finalidade de gerar a energia necessária à sua sobrevivência. O termo respiração pode ser utilizado para nos referirmos a processos distintos embora complementares, ou seja, podemos falar desta enquanto respiração interna ou externa.

Esta primeira designação corresponde ao conjunto de reacções metabólicas que ocorrem a nível celular e que permitem a transformação dos nutrientes em Adenosina Trifosfato.

A segunda corresponde aos mecanismos do sistema respiratório que permitem a captação e difusão de oxigénio da atmosfera para o sangue e a eliminação do dióxido de carbono resultante da respiração interna. Esta função processa-se por conjugação de três mecanismos: ventilação, perfusão e difusão.

VENTILAÇÃO

A ventilação é o processo responsável pela entrada do ar ambiente nas vias aéreas, levando o oxigénio até aos alvéolos e pelo percurso inverso, que permite a eliminação do dióxido de carbono. Estas movimentações de ar que compreendem a inspiração e expiração só são possíveis devido à expansão e retração pulmonar, respetivamente. Estando, por sua vez, estes fenómenos condicionados pelas variações de volume da caixa torácica, que ocorrem principalmente à custa do diafragma e músculos intercostais. Assim, ao contrair-se o diafragma planifica, permitindo a expansão pulmonar, enquanto que quando este relaxa, retomando a sua convexidade, o pulmão volta à sua posição inicial. Ao mesmo tempo, ocorre também a elevação e abaixamento da grelha costal que ocasiona o aumento ou diminuição, respectivamente, do diâmetro da caixa torácica, possibilitando a inspiração e expiração.

As alterações de volume torácico produzem variações de pressão intrapulmonares. Isto é, durante a inspiração, devido aos movimentos anteriormente descritos, a pressão alveolar torna-se negativa em relação à pressão atmosférica (ocasionando um gradiente de pressão), sendo o ar sugado para o interior do pulmão. À medida que o ar

entra a pressão alveolar vai aumentando até que iguala a atmosférica e termina a inspiração. Na expiração a compressão pulmonar gera uma pressão superior à atmosférica, sendo o ar forçado a sair.

Para além das forças musculares à que ter em conta o contributo das força de retração elástica, já que, o tecido pulmonar é abundante em fibras elásticas. Logo, como qualquer corpo que possua esta propriedade, ao ser distendido tende a regressar à sua forma original. A retração elástica é a principal responsável pela expulsão do ar durante uma expiração normal, sendo ajudada pelos músculos expiratórios na expiração máxima e forçada.

A retração pulmonar é, também, facilitada pela tensão superficial existente na interface entre o ar e o líquido que cobre o interior dos alvéolos. Esta é, no entanto, contrariada pelo surfactante (mistura de lipoproteínas produzida pelas células alveolares tipo II), que diminui a tensão superficial.

Para originar a entrada de ar, os músculos respiratórios têm ainda que vencer, para além destas duas forças, a força gerada pela resistência ao fluxo através das vias aéreas e pelo atrito provocado pela fricção dos tecidos e da parede torácica.

PERFUSÃO

A perfusão é o processo pelo qual o sangue venoso proveniente dos tecidos chega aos capilares alveolares para ser oxigenado (libertado de dióxido de carbono e saturado de oxigénio). Este processo ocorre por via da circulação pulmonar. Assim, o sangue vindo dos tecidos chega à aurícula direita pelas veias cavas sendo enviado para o ventrículo direito que o ejecta para a artéria pulmonar, esta vai-se ramificando continuamente acompanhando as bifurcações do sistema brônquico, até formarem uma fina rede de capilares que envolve os alvéolos. A arquitetura dos capilares pulmonares permite que haja uma grande superfície de contacto entre a parede alveolar e capilar. A nível capilar, devido a uma impedância relativamente grande, o fluxo pulsátil das grandes artérias torna-se quase contínuo.

O retorno do sangue, já arterializado, ao coração faz-se pelos capilares venosos e vénulas que vão formar as veias pulmonares (superior: direita e esquerda e inferior: direita e esquerda), que desembocam na aurícula esquerda.

O débito pulmonar em repouso é, em condições normais, cerca de 5 a 6 litros por minuto.

DIFUSÃO

A difusão permite a transferência do oxigénio presente no ar alveolar para o sangue e do dióxido de carbono transportado no sangue para os alvéolos. O ar alveolar e o sangue encontram-se separados pela barreira alveolocapilar, constituída pelo epitélio alveolar, membrana basal e endotélio capilar. Esta membrana tem uma espessura de aproximadamente 0,5 mm, o que facilita as trocas gasosas.

Este processo ocorre devido à diferença de concentrações de um e de outro lado da barreira alvéolo-capilar, o que ocasiona a migração de moléculas do local de maior concentração para o local de menor concentração, de modo a igualar estas diferenças, sendo a intensidade desta transferência tanto maior quanto maior o gradiente.

Na figura 1 está representado este processo, através da membrana alvéolo-capilar.

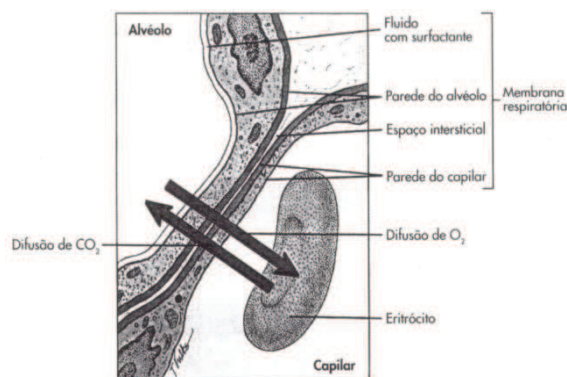


Figura 1: Processo de difusão através da membrana Alvéolo-Capilar

Fonte: SILVEIRA et al, 2004.

A pressão exercida por um gás sobre uma superfície resulta das colisões das moléculas, em movimento, com a referida superfície, logo quanto maior a concentração de um gás numa mistura maior a sua pressão parcial. Deste modo, a velocidade da difusão de oxigénio e do dióxido de carbono depende da diferença de pressão, de cada um destes gases, entre o ar alveolar e o sangue. No caso do oxigénio o gradiente de pressão é de 60 a 65 mmHg, enquanto, para o dióxido de carbono, este se situa entre os 5 a 6mmHg. No entanto, um factor também importante na transferência alvéolo-capilar é a solubilidade do gás na água, sendo o coeficiente de solubilidade do dióxido de

carbono consideravelmente maior (cerca de 25 vezes) que o do oxigênio. Por outro lado, a velocidade da difusão varia de modo inverso com o peso molecular do gás, o que ajuda a difusão destes dois gases, já que ambos têm baixo peso molecular, com vantagem para o oxigênio (peso molecular de 32) em relação ao dióxido de carbono (peso molecular de 44).

Da conjugação destes três fatores resulta que a capacidade do dióxido de carbono se difundir é aproximadamente 20 vezes maior que a do oxigênio.

Mas, a difusão é ainda influenciada pela superfície funcional, isto é, a transferência de oxigênio e dióxido de carbono será maior quanto maior for a área de contacto entre alvéolos funcionantes e capilares pulmonares, onde passe efetivamente sangue (Couto & Ferreira, 2004).

AVALIAÇÃO DE VOLUMES PULMONARES

Os volumes pulmonares podem ser distinguidos em volumes pulmonares estáticos e dinâmicos. Os volumes estáticos são obtidos pela movimentação não forçada da quantidade de ar medido (o esforço máximo está presente apenas para alcançar a inspiração ou expiração completa). Os volumes pulmonares dinâmicos e débitos são obtidos de manobras não apenas máximas mas forçadas ao longo de toda a sua execução. Estes pressupõem uma mobilização rápida. Pela soma de dois ou mais volumes obtêm-se capacidades.

Volumes e capacidades pulmonares

Com base na figura 2 passam-se a definir os volumes e capacidades pulmonares.

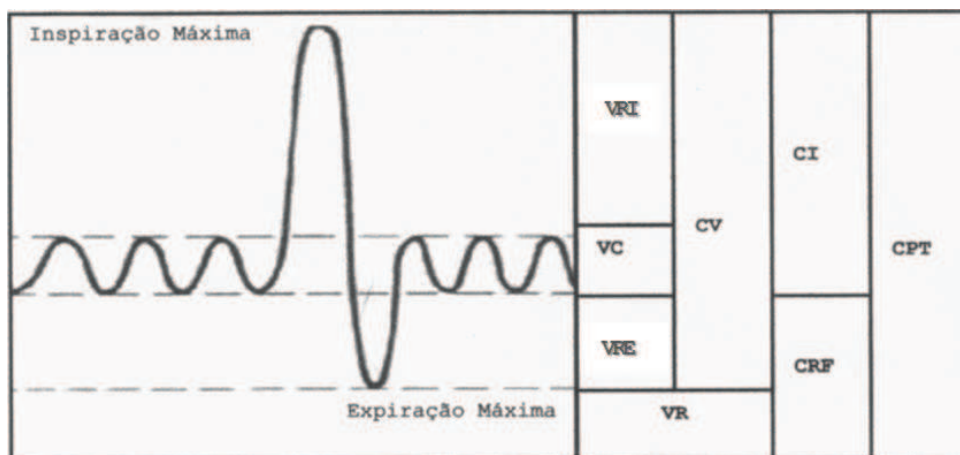


Figura 2: Esquematização de volumes e capacidades pulmonares

Figura 2: Esquemática de volumes e capacidades pulmonares

Volume Corrente (VC) – Quantidade de ar mobilizado num ciclo respiratório normal.

Volume de Reserva Inspiratória (VRI) – Quantidade máxima de ar que ainda é possível inspirar a partir do VC, ou seja, é o volume que é possível de inalar desde o final de uma inspiração normal até ao nível da capacidade vital.

Volume de Reserva Expiratória (VRE) – Quantidade máxima de ar que é possível expirar desde uma expiração normal (VC) até ao volume residual.

Capacidade Vital (CV) – Quantidade total de ar que é possível mobilizar entre uma inspiração máxima e uma expiração máxima

Importa ter em atenção que a CV pode ser obtida através de diferentes formas de medição:

Capacidade vital inspiratória (CVI): parte-se de uma de expiração máxima até uma a inspiração máxima (Figura 3);

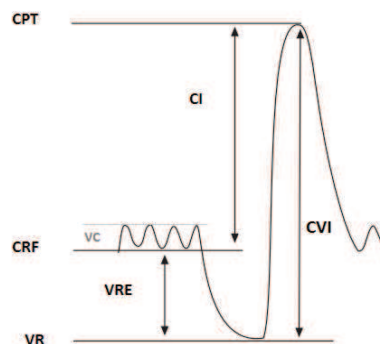


Figura 3: Representação da manobra de CVI

Capacidade vital expiratória (CVE): parte-se de uma inspiração máxima até uma expiração máxima (Figura 4);

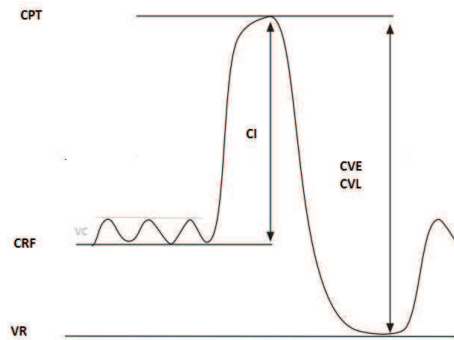


Figura 4: Representação da manobra de CVE

Capacidade vital forçada (CVF): quantidade de ar expirado durante uma expiração forçada, partindo de uma posição de inspiração máxima e terminando com a expiração máxima forçada. Esta, ao contrário das restantes capacidades e volumes apresentadas neste tópico, obriga à realização de manobra forçada.

Capacidade Inspiratória (CI) – Quantidade de ar inalado durante uma inspiração máxima.

A capacidade pulmonar total (CPT), a capacidade residual funcional (CRF) ou volume de gás intratorácico e o volume residual (VR), representadas, apenas se obtêm através de outros métodos como diluição de gases inertes -hélio ou azoto ou com a pletismografia corporal (Quanjer et al., 1993; Couto & Ferreira, 2004; Wanger et al., 2005; Ruppel, 2009).

AVALIAÇÃO FUNCIONAL RESPIRATÓRIA POR ESPIROMETRIA

A espirometria é a base da avaliação funcional respiratória (Miller, 2005). Este é um método não invasivo, relativamente acessível, seguro, tendo uma boa relação custo/benefício.

A palavra espirometria deriva da conjugação das palavras em latim: *spirare* e *metrum*; que significam respetivamente “respirar” e “medida”(Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia, 2002). Refere-se à medida da quantidade de ar movido na alternância entre a inspiração e expiração.

Como este processo ocorre ao longo do tempo, a integração destes volumes (medição do volume de ar, inalado e exalado em função do tempo) permite determinar débitos e volumes.

Em suma, esta consiste na obtenção e análise, sob circunstâncias rigorosas e controladas, dos volumes mobilizáveis e débitos por comparação com valores de referência. Apesar de por esta análise não se estabelecer diretamente a etiologia da patologia respiratória, permite conhecer o padrão de alteração funcional respiratória associado, sendo de extrema utilidade para o diagnóstico e acompanhamento da patologia respiratória (Couto & Ferreira, 2004; Miller et al., 2005b; García-río et al., 2013; DGS, 2016).

DEFINIÇÃO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS OBTIDOS

Seguindo o princípio discriminado, os parâmetros obtidos podem ser classificados como volumes e débitos.

De acordo com esta classificação, destacam-se os seguintes volumes, obtidos por espirometria:

Capacidade Vital Forçada (CVF) – Quantidade total de ar que é possível mobilizar desde uma inspiração máxima até uma expiração máxima forçada.

Volume Expiratório Máximo no 1º Segundo (VEMS) – Quantidade de ar expirado no primeiro segundo de uma expiração máxima forçada. Habitualmente, também, apresentado como **FEV1** (sigla inglesa)(Couto & Ferreira, 2004; Ruppel, 2009; Dias, Oliveira, Cardoso, e Gomes, 2016; DGS, 2016).

Na curva volume – tempo (ilustrada na figura 5) podemos ver representado o VEMS, medido no eixo dos volumes correspondente ao volume exalado, no primeiro segundo de expiração, e a CVF.

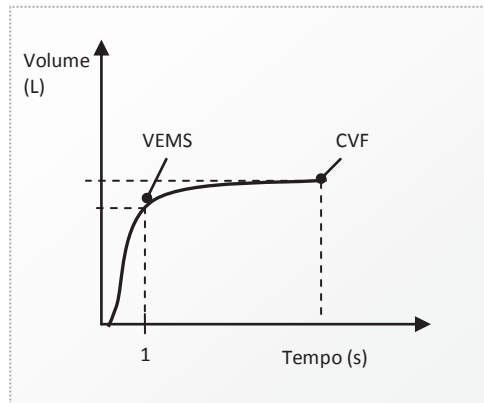


Figura 5: Representação da curva volume-tempo, com identificação de VEMS e CVF.

No que refere aos débitos, passam a listar-se os mais comumente utilizados:

Débito Expiratório Máximo Absoluto (DEMA), Débito Expiratório Máximo Instantâneo (DEMI) ou como mais comumente referido na sigla inglesa **Peak Expiratory Flow (PEF)** – Débito expiratório máximo alcançado numa expiração máxima e forçada.

Débitos Expiratórios Máximos a 25, 50, 75% da CVF (DEM25, DEM50 e DEM75) – Débito expiratório instantâneo a 25, 50 e 75%, respetivamente, da CVF

Débito Expiratório médio entre 25 e 75% da CVF (DEM 25-75) – Média do débito expirado entre 25 e 75% da CVF, representado na figura 6.

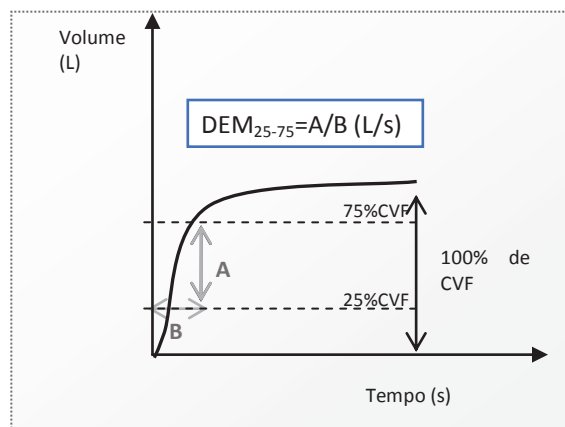


Figura 6: Ilustração da forma de cálculo do DEM25-75%.

De modo a possibilitar uma visualização mais prática dos débitos referidos, estes são representados na curva débito-volume constante na figura 7.

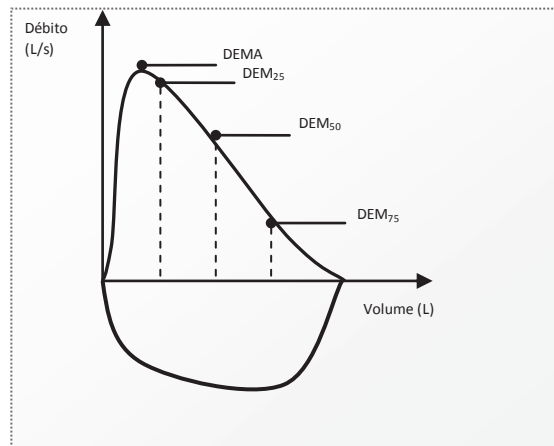


Figura 7: Representação da curva débito-volume.

Na curva débito – volume podemos ver representado, na ansa expiratória, o DEMA, no pico máximo da curva, bem como os DEM25%, DEM50% e DEM75%, que se obtêm pela divisão da CVF em quatro partes iguais.

Em conjunto com os parâmetros medidos, o gráfico volume-tempo, bem como o gráfico débito-volume, aqui esquematizados, são de grande auxílio quer na identificação do padrão ventilatório, quer durante a realização da manobra na observação de critérios de aceitabilidade.

Como abordado mais adiante, para o estabelecimento da alteração ventilatória é ainda importante outro parâmetro resultante da relação VEMS e CV ou CVF.

Esta pode ser dada pelo Índice de **Tiffeneau (I.T.)** – proporção da CV (obtida pela manobra lenta) expirada no 1º segundo de uma expiração máxima (relação VEMS/CV (lenta))

É mais frequente apresentar-se esta razão, recorrendo à CVF, ao invés da CV obtida pela manobra lenta. Nesse caso deve ser denominada **relação ou razão VEMS/CVF**. Em indivíduos normais os valores de I.T. são próximos aos da relação VEMS/CVF. Apesar de indivíduos com alterações que comprometam a distensibilidade pulmonar, poderem apresentar valores mais baixos de CVF, comparativamente com os valores de CV (Miller, 2005).

Quando referido o rácio VEMS/CV ou como originalmente nas *guidelines ERS/ATS* “FEV1/VC” a capacidade vital representa genericamente a melhor CV obtida, proveniente de manobra forçada (CVF), ou lenta (CVI ou CVE) (Pellegrino et al., 2005; Miller et al., 2010).

Indo ao encontro do postulado por outros autores, num estudo desenvolvido em Portugal (N= 1084) é chamada atenção para a necessidade de reflexão sobre a utilização da CV (lenta) em vez da CVF para fazer a relação com o VEMS. As autoras consideram que “a primeira relação é a mais confiável na deteção de alterações ventilatórias obstrutivas”. Uma vez que, ao referir o VEMS à CVF se obteve um padrão obstrutivo em 43,9% dos indivíduos, enquanto relacionando-o com a CV (I.T) permitiu a deteção deste padrão em 52,3% dos indivíduos (Barros, Pinto & Barbara, 2013).

Deve ter-se em conta a distinção entre I.T. e relação VEMS/CVF, não se mencionando um ou outro conceito/nomenclatura aleatoriamente como se do mesmo se tratasse.

Os volumes e débitos listados são apresentados de forma padronizada corrigidos para condições BTPS (*Body Temperature, ambiente Pressure, Saturated with water vapour*) (Quanjer et al., 1993).

Por último, importa, ainda, definir o **TEF** (ou **FET**) - Tempo de desde o início da medição (tempo zero) da expiração forçada, até à capacidade vital (Miller, 2005; Dias, Brites; Oliveira, Bárbara, Cardoso & Gomes, 2016).

Estes parâmetros devem ser apresentados em Unidade do Sistema Internacional, isto é a unidade de medida será para volumes Litros (L), para tempo em segundos (s) e débitos Litro por segundo (L/s)(Quanjer et al., 1993).

INDICAÇÕES

A realização de espirometria está recomendada no diagnóstico de doença pulmonar em indivíduos expostos a fatores de risco como o tabagismo, poeiras, químicos ou outros agentes presentes em ambiente laboral. Está ainda indicada na presença de sintomas e sinais como dispneia, tosse persistente, dor torácica durante o esforço, cianose, sibilância, entre outros que possam ser atribuíveis a disfunção pulmonar. É também útil na avaliação da eficácia da terapêutica em curso e da evolução da doença já diagnosticada. Deve também ser realizada em indivíduos com anomalias extrapulmonares (cifose, escoliose, doenças neuromusculares ou obesidade, por exemplo), bem como naqueles propostos para cirurgia torácica ou abdominal superior. É também usualmente realizado para a avaliação do desempenho físico de atletas e em Investigação. Estas indicações são elencadas no quadro 1 (Miller et al., 2005b; Dias et al., 2016; DGS, 2016).

Quadro 1: Indicações para a realização de Espirometria.

Diagnóstico

- Avaliar alterações da função respiratória em indivíduos com sintomas respiratórios
- Rastrear indivíduos expostos a fatores de risco, como tabagismo

Monitorização/prognóstico

- Avaliar intervenções terapêuticas
- Avaliar a evolução de patologias que afetam a função respiratória
- Monitorizar indivíduos com exposição a agentes nocivos para o pulmão
- Vigiar reações adversas de fármacos com toxicidade pulmonar conhecida
- Avaliar o risco pré-operatório
- Avaliar o prognóstico em patologia pulmonar
- Avaliar a função pulmonar antes de ser iniciado um programa de actividade física intensa

Avaliação de incapacidade

- Avaliar a função respiratória, no contexto de um programa de reabilitação
- Avaliar o risco para efeitos de cálculo de seguro
- Avaliar de incapacidade de doença ocupacional

Investigação

- Estudos epidemiológicos
- Determinação de equações de referência
- Investigação clínica

CONTRAINDICAÇÕES

Existem, por outro lado, situações em que a espirometria não está indicada, por possível dano ao utente (raro), por não ser possível a obtenção de resultados fiáveis, ou por colocar em causa a segurança dos profissionais de saúde e restantes utentes. Relativamente ao possível risco para o utente, este está presente principalmente nas condições em que possa haver agravamento da situação clínica por aumento da pressão intratorácica, intra-abdominal ou intracraniana. Sempre que seja conhecida uma destas situações o exame não deve de todo ser realizado (contra-indicação absoluta) ou deve ser realizado apenas se estritamente necessário (contra-indicação relativa) (Miller et al., 2005a; Dias et al., 2016; DGS, 2016).

A inclusão de cada uma das condições num ou noutra grupo é variável na literatura. O que é compreensível, uma vez que, dependerá também do grau de diferenciação do laboratório onde a espirometria é realizada e das orientações do responsável clínico do mesmo.

Antes de iniciar o exame é, assim, importante perceber junto do utente, em conjunto com o clínico, a existência de contra-indicações à realização do mesmo.

Sugerem-se como **Contra-indicações absolutas** a presença de:

Enfarte agudo de miocárdio, com menos de um mês de evolução;
Cirurgia torácica, abdominal e ocular há menos de um mês;
Tuberculose ativa.

Não se devendo realizar, nestes casos, o estudo funcional respiratório.

Existem ainda algumas condições, a seguir listadas, em que deve ser ponderado o risco/benefício da realização de espirometria, definidas como **contra-indicações relativas**:

Infeção respiratória
Dor abdominal ou torácica;
Ferimentos na cavidade oral;
Pneumotórax;

Hemoptises de origem desconhecida;

Aneurisma torácico, abdominal ou cerebral;

Demência ou estado confusional;

Alterações agudas com vômitos ou náuseas;

Estado cardiovascular instável como angina de peito instável ou embolia pulmonar;

Gravidez (PT.CEXT.PNE.04.01, 1,2016).

PREPARAÇÃO PRÉVIA DO UTENTE

O utente deve ser informado de alguns cuidados pré-teste. Deve, nomeadamente, abster-se de:

- Fumar pelo menos 1 horas antes;
- Consumir álcool pelo menos 4 horas antes;
- Realizar exercício físico intenso 30 minutos antes;
- Vestir roupa demasiado apertada que restrinja o movimento toraco-abdominal (gravatas, soutiens, cintos e cintas);
- Comer refeições pesadas 2 horas antes (Miller et al., 2005b; DGS, 2016).

Mediante o objetivo do exame, pode ainda ser necessária a suspensão prévia da medicação broncodilatadora. O tempo da suspensão desta em função do tipo de medicação é apresentado no Quadro 2, de acordo com as orientações da DGS (2016).

Quadro 2: Tempo de suspensão da medicação broncodilatadora

Medicação	Tempo de suspensão (Horas)
β 2-agonistas de curta ação - SABA (ex, salbutamol)	4
Antagonistas muscarínicos de curta ação – SAMA (ex, brometo de ipratrópio)	6
β 2-agonistas de longa ação - LABA (ex, formoterol ou salmeterol)	12-24
Antagonistas muscarínicos de longa ação - LAMA (ex, tiotrópio, ou glicopirrônio)	12-36

Como referido, a realização de espirometria basal, sem prova de broncodilatação ou prova de provocação, não obriga a suspensão da medicação. A suspensão ou continuação da terapêutica respiratória dependerá do objetivo da avaliação espirométrica. Se a pretensão for fazer avaliação da resposta terapêutica, por exemplo, deve ser mantida a medicação, ou inaladores como prescrito.

MATERIAL

Para a realização da técnica é necessário um espirómetro, filtro antibacteriano/viral, bocal, pinça nasal, balança e estadiómetro (devidamente calibrados) e fita métrica. O bocal e filtro antibacteriano/viral podem ser uma peça única ou serem adquiridos em separado. No caso de componente de medição espirométrica ser descartável (Ex. turbina de uso único), será necessário um novo componente para cada paciente, sem necessidade de filtro, de acordo com o recomendado pelo fabricante.

Para a verificação das condições de ambiente e calibração/verificação são ainda necessários: termómetro, barómetro, medidor de humidade (incorporados em estação meteorológica ou unidade de recolha de dados ambientais) e seringa de calibração.

No que refere à escolha do espirómetro, esta pressupõe a compreensão do mecanismo base de cada um, dos diferentes tipos disponíveis, pelo que se detalha melhor este ponto. Esta compreensão facilita a perceção das características inerentes. Note-se, o equipamento utilizado deve atender às características mínimas exigíveis emanadas pelas normas vigentes (Miller et al., 2005b).

TIPOS DE ESPIRÓMETRO

As primeiras medições espirométricas são atribuídas a John Hutchinson, ocorridas em meados do século XIX, utilizando um espirómetro de água ou de campânula. Com o posterior surgimento dos espirómetros secos tipo fole, no século XX, este passou a ser pouco utilizado. Mais tarde surgiram, ainda, os Pneumotacógrafos, espirómetros também secos mas de circuito aberto.

São exemplos de **espirómetro volumétrico (circuito fechado)** o espirómetro húmido ou de campânula e o espirómetro de fole ou vitalógrafo.

O **espirómetro húmido ou de campânula** é constituído por duas campânulas, uma maior e outra menor, colocadas em posição inversa, contendo água entre elas. A passagem de ar no circuito promove o deslocamento da campânula superior móvel. A medição dos volumes resulta do registo do movimento da campânula menor, como ilustrado na figura 8.

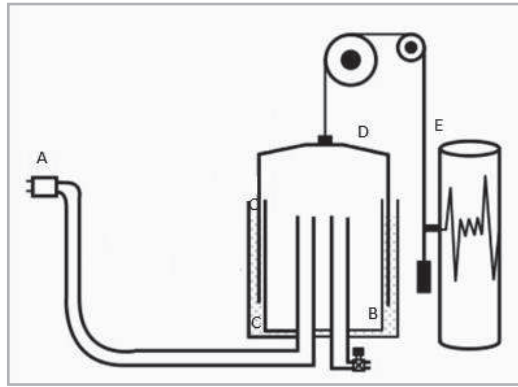


Figura 8: Representação esquemática de um espirômetro de campânula

Legenda: A - Bocal; B – Campânula, C – coluna de água, D – campânula invertida, E – peça inscritora.

Fonte: Miller et al., 1987

Quanto ao espirômetro de fole ou vitalógrafo (Figura 9) o seu princípio de funcionamento baseia-se na transmissão de variações de volume geradas numa câmara pneumática, e registado das mesmas.

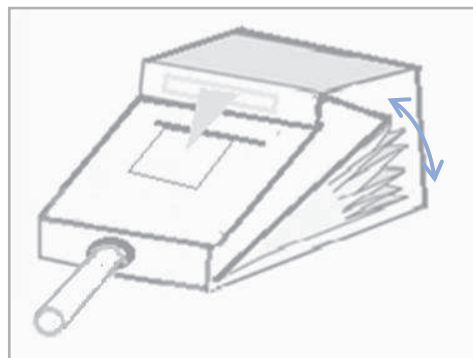


Figura 9: Representação de espirômetro de fole

Este tipo de espirômetro mede volumes, posteriormente processados, integrando a sua variação com tempo, para obter débitos (Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia, 2002; Couto & Ferreira, 2004; Ruppel, 2009).

A medição direta de volumes é apresentada como de “ grande vantagem”(Couto & Ferreira, 2004). A grande desvantagem apontada aos espirômetros de fole é o desgaste deste, com perda das características do material que constitui o harmónio, afetando a distensibilidade e podendo propiciar fugas (Ruppel, 2009).

Ao contrário, os **espirômetros com sensor de débito (circuito aberto)** têm como característica principal, a medição primária de débitos, convertendo-os depois em volumes. Destes os mais conhecidos são o pneumotacógrafo (de Fleish e Lily), o espirômetro de turbina e o de ultrassons.

O funcionamento do **pneumotacógrafo** processa-se com base na geração e detecção de diferença de pressão por transdutor, como esquematizado na figura 7.

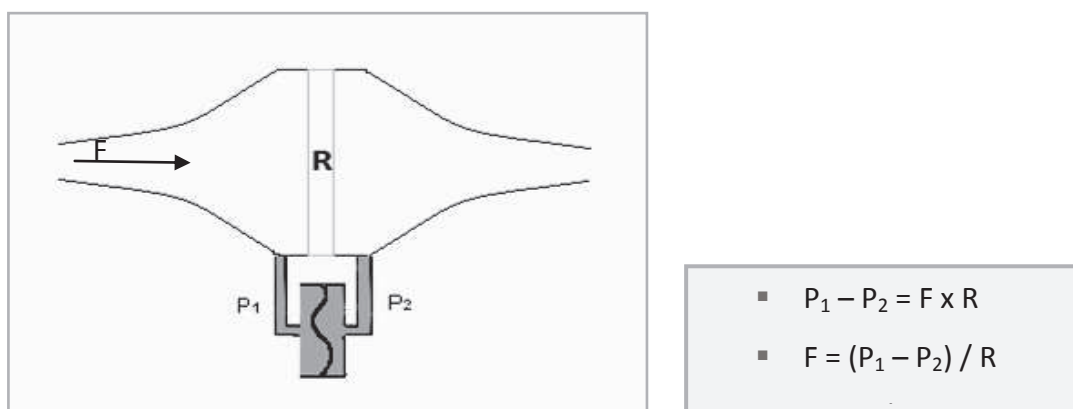


Figura 10: Esquemática do princípio de funcionamento do pneumotacógrafo de Lily.

As pressões antes e após a resistência são transmitidas ao transdutor de pressão, que converte o sinal de pressão em débito. O débito é, assim, obtido através da medição desta diferença de pressão ($P_1 - P_2$) originada pela corrente aérea através de uma resistência conhecida (R). Esta resistência pode ser gerada por uma rede metálica como representado (**pneumotacógrafo de Lily**) ou por múltiplos pequenos tubos dispostos de forma paralela (**pneumotacógrafo de Fleish**). A resistência está posicionada no interior do cone, de modo a que esta forma mantenha o fluxo laminar em diferentes débitos. Os volumes são depois obtidos indiretamente com recurso a cálculo integral (somatório dos débitos ao longo do tempo).

O principal problema apresentado pelos pneumotacógrafos é a condensação, pelo que, é benéfico estes incluírem sistema de aquecimento.

No **espirômetro de turbina** o bocal é conectado a um cone com uma hélice no seu interior. A passagem do ar leva ao movimento giratório da hélice. Este movimento é

detetado pela interrupção de feixe de luz infravermelho pelas pás da hélice. A frequência das interrupções é proporcional ao débito.

O **espirómetro ultrassónico** compreende dois elementos piezoelétricos diagonalmente opostos que enviam e recebem alternadamente ondas ultrassónicas. O seu mecanismo baseia-se no princípio de que na ausência de fluxo aéreo, o tempo de receção das ondas é o mesmo em ambas as direções. Quando há movimento de ar para dentro do tubo, acelera as ondas numa direção e diminui a sua velocidade na outra. A diferença temporal entre a receção de ondas de ultrassom em cada um dos pontos é proporcional ao débito (Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia, 2002; Couto & Ferreira, 2004; Ruppel, 2009).

ROTINA DE VERIFICAÇÃO E CALIBRAÇÃO DO ESPIRÓMETRO COMO PARTE DO CONTROLE DE QUALIDADE

O controlo de qualidade engloba um conjunto de procedimentos que abrangem todos os processos das várias etapas do exame e tem influência direta e indireta no resultado final. Têm por propósito garantir que a espirometria é realizada de acordo com as normas estabelecidas, incluindo normas de higiene e segurança, metodologia utilizada na obtenção e valorização dos dados obtidos, de modo a originar resultados fiáveis.

Neste domínio, a calibração e verificação integram procedimentos de extrema importância, pois permitem estabelecer a relação entre os valores de débito ou volume determinados pelos sensores e o débito ou volumes reais. Esta deve fazer parte da rotina diária do laboratório (Couto & Ferreira, 2004).

AQUECIMENTO E ESTABILIZAÇÃO ELÉTRICA

Antes de dar início à calibração, começa-se por ligar o equipamento, dando-lhe tempo para aquecimento e estabilização elétrica. O intervalo de tempo mínimo é de 15 min, podendo ir até aos 45 min, dependendo das recomendações do fabricante.

CONDIÇÕES DE AMBIENTE

Após este período, é feita a aquisição das condições ambiente, nomeadamente: temperatura, humidade, altitude e pressão atmosférica. A aquisição pode ser automática se o equipamento tiver integrada uma unidade de dados ambientais, ou por inserção manual dos valores observados na estação meteorológica. Estas unidades não devem estar expostas diretamente a luz solar ou aquecedores/climatizadores.

Com estas variáveis o *software* faz ajustes de valores medidos no espirómetro, em condições ATPS (*Ambient temperature and pressure saturated with water vapour*) para valores da temperatura corporal, mais especificamente: *BTPS*.

No caso de espirómetros volumétricos a conversão do volume de gás medido de condições ATP para condições BTPS é dado pela seguinte equação:

$$VBTPS = VATP \times \frac{273 + 37}{273 + t} \times \frac{PB - PH_2O(t)}{PB - PH_2O(37)}$$

Onde, V representa o volume de gás e t a temperatura, o valor de 37 é referente à temperatura corporal em graus Celsius. PB refere-se à pressão barométrica, enquanto que, PH₂O se reporta à pressão do vapor de água na t indicada.

Esta conversão é baseada no princípio de que o ar após expirado se encontra em condições designadas ATPS, isto é, as moléculas de gás estão à temperatura e pressão ambiente, saturadas com vapor de água. Já no pulmão o gás está na temperatura e pressão corporal e saturado com vapor de água. Estas condições são definidas como BTPS. Uma vez, que as condições ambientais variam é feita a correção do valor medido para condições padrão. Habitualmente este é referenciado a condições BPTS, podendo também ser utilizadas como padrão condições STPD (*Standard Temperature, Pressure and Dry*), gás seco a temperatura de 0°C, com pressão atmosférica de 760mmHg.

Tratando-se de um espirómetro baseado na medição primária de débitos o sinal depende da viscosidade do gás, que aumenta com o aumento da temperatura, mantendo-se a necessidade de aquisição e atualização das condições ambiente para estas padronização de valores obtidos (Miller, et al., 2005b).

VERIFICAÇÃO E CALIBRAÇÃO VOLUMÉTRICA

Embora os passos a seguir para efetuar a verificação e a calibração sejam semelhantes, estas são distintas na sua finalidade. A verificação permite testar a conformidade, ou desvios entre o sinal e a sua medição pelo sensor. O procedimento de calibração estabelece o ajuste necessário no instrumento de medição. Ou seja, enquanto o primeiro procedimento apenas verifica a calibração existente, o segundo substitui os dados da calibração preexistente pelos resultados da nova calibração.

A verificação da calibração volumétrica deve ser realizada diariamente, antes de iniciar as medições, de modo a identificar antecipadamente falhas e não induzir em resultados erróneos. Para tal, é necessária uma seringa de 3L, mantida no mesmo espaço do espirómetro, para garantir iguais condições ambiente e não exposta, diretamente, a luz solar ou fontes de calor. É recomendável que esta tenha uma acurácia de +/- 15 ml (ou 0.5% da capacidade máxima) A margem de erro de volume da seringa é indicada na própria pelo fabricante. Esta deve, também, ser calibrada de acordo com as recomendações do fabricante, usualmente a cada ano.

A seringa deve ser testada mensalmente para acautelar a existência de fuga. Para tal, tenta-se movimentar o êmbolo com a extremidade ocluída (Miller, et al., 2005b; Ruppel, 2009).

O procedimento de calibração em si, consiste na ejeção de um volume conhecido (3L) e leitura do sinal medido e comparação destes. Nas medições subseqüentes passará a ser aplicado o factor de correção [Factor de correção = valor esperado/valor medido] encontrado desta forma.

Importa salientar que o ar na seringa se encontra em condições ATPS e os volumes e débitos medidos serão apresentados de forma padronizada, em condições BTPS, como mencionado anteriormente. Assim, facilmente se entende que as alterações das condições ambiente, com destaque para a temperatura devem ser atualizadas. Dependendo da magnitude da variação e das recomendações do fabricante pode ser necessária nova calibração ou verificação da calibração

É recomendável que todas as calibrações e verificações de calibração sejam guardadas, a fim de estarem disponíveis para posterior controlo de qualidade ou verificação, assim como intervenções efetuadas e a respetivas datas (Dias et al., 2016; DGS, 2016).

Verificação da calibração de espirómetros de débito

Seguindo a rotina do Laboratório, acima descrita, para controlo de qualidade do espirómetro de débito, no que respeita à precisão de volume, começa-se por conectar a seringa, com o êmbolo completamente puxado atrás, ao pneumotacógrafo, com filtro já encaixado. Empurra-se o êmbolo suavemente até a esvaziar totalmente e, entoando um ligeiro clique (suave). Puxa-se, de novo, o embolo completamente, e repete-se a manobra (pelo menos 3 vezes), fazendo fluxos contínuos entre os 0.5 e 12 L/s. Verifica-se, então, se os volumes obtidos a cada manobra (respeitam uma acurácia [% erro = (volume conhecido – volume medido) / volume esperado] de 3.5% (incluindo o erro associado à seringa) ou 0.105 L (Miller et al., 2005b). A figura 11 ilustra os registos obtidos aquando da realização deste procedimento no LFR_{HDF}.

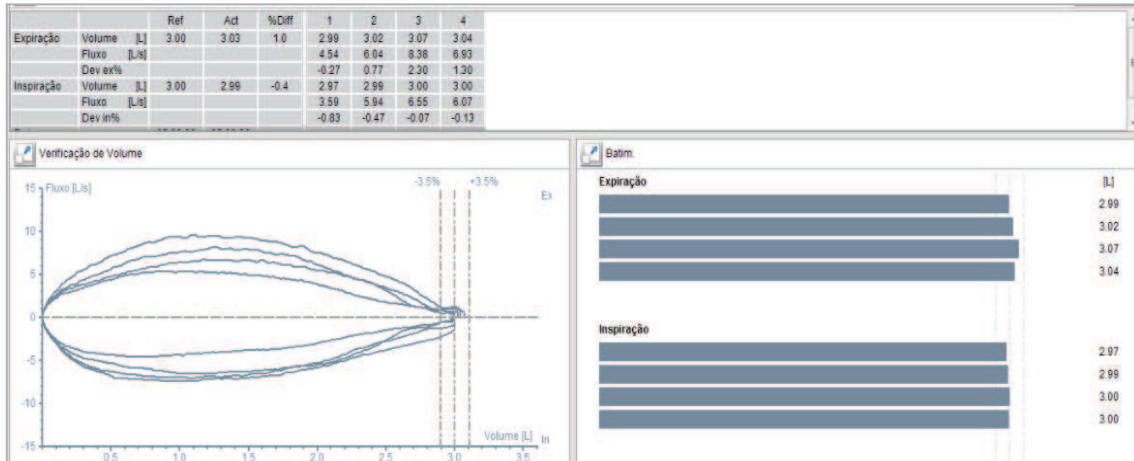


Figura 11: Imagem de ecrã após verificação da calibração volumétrica.

Nos equipamentos que usam sensores de débito descartáveis deve ser testado a cada dia um novo sensor.

Caso os volumes encontrados estejam fora deste intervalo tenta-se nova calibração. Se não resultar procura-se identificar e corrigir o problema que origina esta discordância, recorrendo, se necessário, à manutenção técnica.

Verificação de linearidade, utilizando três débitos

A verificação de linearidade espirómetros de débito, deve compreender diferentes débitos de ejeção, de modo a verificar a precisão de volume para todos os débitos alcançados numa manobra espirométrica, ou seja a linearidade (Couto & Ferreira, 2004).

A linearidade deve ser verificada, pelo menos, semanalmente, havendo recomendações que sugerem a sua realização diária. Para tal, com uma seringa de 3 L geram-se três débitos relativamente constantes: baixo, intermedio e alto. Como apresentado a figura 9 são executadas 3 manobras com débito baixo (entre 0.5 e 2.0 L/s), outras 3 com débito intermedio (entre 2.0 L/s e 7.0 L/s) e outras 3 com débito alto (entre 7.0 L/s e 12.0 L/s)

Os volumes alcançados em cada um desses fluxos devem respeitar uma acurácia de 3,5% (Miller et al., 2005b).

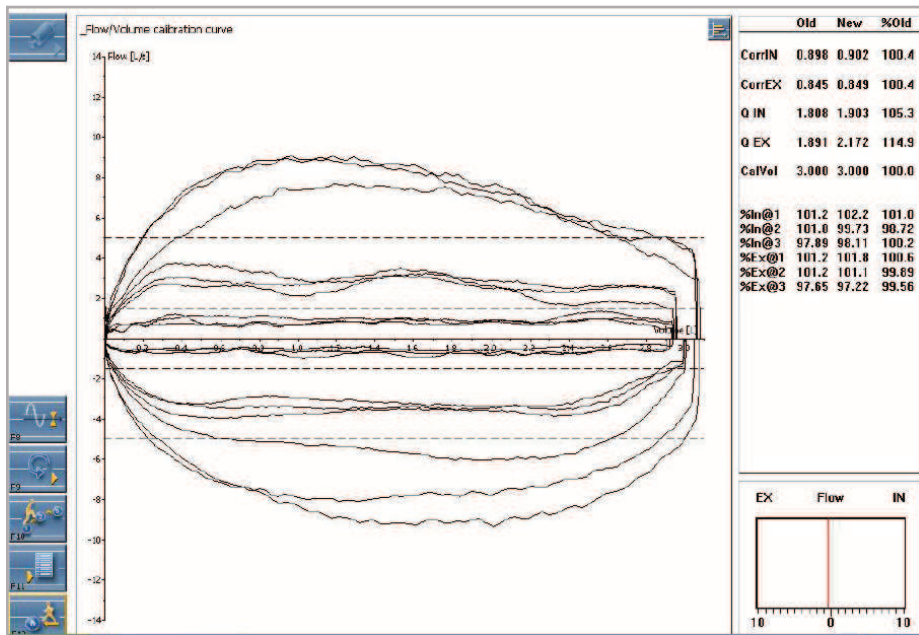


Figura 12: Imagem de ecrã de verificação de linearidade.

No consenso ERS/ATS (2019) o limite aceitável de acurácia no que respeita a procedimentos de verificação e calibração é de $\pm 3\%$ ($\pm 2.5\%$ para o espirómetro mantendo $\pm 0.5\%$ para a seringa (Graham et al., 2019).

CONTROLO BIOLÓGICO (BioQC)

Além da calibração mecânica, descrita anteriormente, é útil e aconselhável a implementação de controlo biológico (Dias, et al., 2016; DGS, 2016). Para a calibração biológica é indispensável a correta identificação do sujeito BioQC. Passa-se a descrever a metodologia, proposta na literatura, através da experiência no LFR_{HDF} nesta matéria. Começou-se por procurar dois indivíduos da equipa, saudáveis, não fumadores e disponíveis para realizar 10 espirometrias em dias consecutivos. Calculado o coeficiente de variação (CV) de VEMS e CVF, estes foram inferiores a 3% (limite constante das orientações), ficando assim estabelecido os sujeitos BioQC. A recolha de dados e cálculos inerentes a este processo aparecem sumarizados na tabela 1.

Tabela 1: Tabela de registo de medições de CVF e VEMS, com cálculo de Coeficiente de Variação para seleção de sujeito de BioQC.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CVF (L)	3,13	3,03	3,09	2,98	3,06	3,2	3,04	3,1	2,98	3,13
VEMS (L)	2,59	2,55	2,6	2,49	2,61	2,66	2,68	2,59	2,6	2,61
	Média	SD	CV							
CVF	3,07	0,07	2,28%							
VEMS	2,60	0,05	2,03%							
Intervalo aceitável de CVF (média+/- 2SD): 3.07 +/- 2 x 0.07 → 2.93 a 3.21 (L)										
Intervalo aceitável de VEMS (média+/- 2SD): 2.60 +/- 2 x 0.05 → 2.50 a 2.70 (L)										

Devido à alteração gradual da função respiratória inerente ao processo de envelhecimento, a cada ano (ou de 2 em 2) deve repetir-se este processo de recolha de dados espirométricos e cálculo.

Periodicamente, os calibradores biológicos realizam espirometria e é verificado se os valores de VEMS e CVF se encontram dentro do intervalo aceitável (media +/-2SD). Havendo um desvio deste intervalo é verificado o sistema e pedida de assistência técnica, caso se justifique.

Estes calibradores (sujeitos BioQC) servem também para fazer verificação quando os valores obtidos pelo utente parecem discrepantes (Ruppel, 2009).

É recomendável que todas as calibrações e verificações de calibração e BioQC sejam guardadas, a fim de estarem disponíveis para posterior controlo de qualidade ou

verificação, assim como intervenções efetuadas e respetivas datas (Dias, et al., 2016; DGS, 2016).

REALIZAÇÃO E CONDUÇÃO DA ESPIROMETRIA

ACOLHIMENTO

Neste exame é imprescindível a colaboração do utente para obtenção de resultados válidos. Assim, cabe ao Cardiopneumologista, ao receber o utente, estabelecer uma relação de empatia, de modo a conseguir que este dê o seu melhor (Dias, et al., 2016; DGS, 2016).

Deve-se questionar o utente de modo a perceber a existência de contra-indicações e o cumprimento das indicações de preparação para o teste.

Começa-se por explicar sumariamente o tipo de exame a realizar, aproveitando para tranquilizar o utente.

Este deve ser aconselhado a remover peças de roupa, ou outros acessórios, que restrinjam o movimento, tais como gravatas, cintas, ou corpetes. As próteses dentárias devem ser mantidas, pois na maioria dos casos auxiliam a manter correta a posição da boca no bocal (Dias, et al., 2016; DGS, 2016). No entanto, em casos de má adaptação e quando estas estão demasiado móveis, podem também dificultar a colaboração do utente devendo nesses casos específicos, se possível, serem retiradas.

INTRODUÇÃO DOS DADOS DO UTENTE

O exame tem de ser identificado através do nome do utente e número de processo (ou outro modo de identificação).

Além disso, a correta integração da data de nascimento, para cálculo da idade, género, altura ou envergadura e etnia são essenciais, pois permitem que o *software* faça o cálculo dos valores de referência (Quanjer et al., 2012a).

A idade deve ser obtida pela diferença entre a data da medição e a data de nascimento, arredondada à casa decimal, de modo a minimizar vieses de cálculo dos valores de referência.

A **estatura** deve ser medida com utente descalço, de pé, com calcanhares nádegas e omoplatas em contato com o estadiómetro (ou parede), o peso igualmente distribuído pelos dois pés, apoiados na base do estadiómetro. Os calcanhares devem permanecer juntos e os membros superiores ao longo do corpo, com o utente a olhar em frente,

segundo o plano de Frankfurt (linha entre o bordo inferior da órbita e o bordo superior do meato auditivo externo). Desloca-se o bordo móvel do estadiómetro até ao topo da cabeça. Para identificar corretamente o valor, o Cardiopneumologista deve ter os seus olhos a este nível. A altura é registada ao centímetro (Dias et al., 2016; DGS, 2016).

Não sendo possível cumprir com estas recomendações para medição da altura, por impossibilidade de adoção da postura ereta ou na presença de deformidades da parede torácica deve medir-se a **envergadura** (Miller et al., 2005a).

Para esta determinação, posiciona-se o utente com os braços esticados, paralelos ao chão e as palmas das mãos viradas para a frente, a olhar em frente. Mede-se a distância entre os dois dedos médios ou a distância de um destes e meio do esterno e multiplica-se por dois. De acordo com as normas da Direção Geral de Saúde (DGS) aplica-se o factor de correção: envergadura/ 1.03, no género masculino e envergadura/1.01 no feminino (Dias et al., 2016; DGS, 2016).

Estes dados antropométricos, devem ser complementados com uma medida de superfície ou volume corporal, que ajude na contextualização e interpretação dos resultados. Para este fim, o mais comum é o registo do peso, e cálculo do índice de massa corporal. Para determinação do peso deve posicionar-se o utente (retirado vestuário em excesso e sapatos como descrito para a determinação da altura) sobre a balança, devidamente calibrada, colocada em superfície rígida. O valor medido deve ser registado em Kg arredondado a uma casa decimal (Dias, et al., 2016; DGS, 2016).

O peso e altura devem ser efetivamente determinados, de acordo com o descrito, não cedendo o operador no facilitismo de aceitar a medida fornecida pelo utente sem a confirmar.

É, ainda, importante registar aspetos da história clínica relevantes para o seguimento e posterior interpretação do exame, como hábitos tabágicos, com determinação da carga tabágica em Unidades Maço Ano [UMA = nº de cigarros fumados por dia / 20 x nº anos], ou outro tipo de exposição, patologia respiratória diagnosticada ou suspeita e medicação em curso que interfira com a função respiratória ou se esta foi suspensa para o efeito (Miller et al., 2005a; Dias et al., 2016; DGS, 2016).

O Cardiopneumologista deve estar ciente da importância de cada um destes dados, de modo a ser rigoroso na sua aquisição e adquirindo rotinas de confirmação da correta introdução dos mesmos (*checklist, que pode ser mental*). As interferências que distraiam o operador das suas práticas devem ser evitadas, pois facilmente introduzem erros por lapso, com consequências relevantes no resultado final apresentado.

POSICIONAMENTO

O utente deve ser convidado a sentar-se confortavelmente, com ambos os pés assentes no chão, com o tronco direito, o pescoço em ligeira hiperextensão e ombros relaxados, como se ilustra na figura 13.



Figura 13: Posição do utente para a realização de espirometria.

Indivíduos obesos conseguem uma inspiração mais profunda na posição ortostática. No entanto, está padronizada a realização do exame na posição sentada, por motivos de segurança e estabilidade (Miller et al., 2005a).

Ainda relativamente à posição, vários autores chamam a atenção para a avaliação de pacientes com doença neuromuscular em diferentes posições. Perrin, Unterborn, Ambrosio, & Hill (2004) sugerem que uma redução de CVF superior a 25% quando determinada em posição de decúbito relativamente à posição de sentado indica fraqueza diafragmática, com uma sensibilidade e especificidade de 90% e 75%, respetivamente.

Após o posicionamento, respeitando as medidas de higiene e segurança retira-se um novo filtro ou conjunto filtro e bocal do invólucro e conecta-se com o espirómetro. É

importante que este gesto seja visível para o utente (e de forma natural incorporado nas rotinas), pois esta transparência transmite confiança nas práticas.

Convida-se o paciente a experimentar colocar a boca no bocal, sem interposição dos dentes ou a língua no seu orifício, e salientando que durante a manobra os lábios têm de permanecer selados em redor do mesmo para evitar fugas pelos cantos da boca. Aproveita-se para certificar que o paciente está confortável, respeitando as indicações de posicionamento.

De seguida, o Cardiopneumologista explica e exemplifica as manobras a realizar, adequando a linguagem ao contexto sociocultural. As indicações devem ser dadas de forma clara e perceptível para o utente.

INSTRUÇÃO DO UTENTE E REALIZAÇÃO DA MANOBRA MÁXIMA FORÇADA (CVF)

De modo mais detalhado, é explicado ao utente que vai colocar os lábios em redor do bocal, e “respirar normalmente” (VC), até lhe ser pedida uma inspiração máxima (até CPT) e depois, sem hesitações, uma expiração tão rápida e forte quanto consiga, prolongando-a o máximo possível, sem pausas (até VR), voltando, depois, a fazer uma inspiração máxima.

Pode ajudar o uso de exemplos associados a hábitos familiares, como a recorrente frase: “vai soprar rápido e forte, mantendo-se sempre a soprar como se estivesse a apagar as velas do bolo de aniversário”. Em crianças, pode ser útil recorrer a aplicações com jogos de incentivo.

Depois de o utente ter entendido o que se pretende, instrui-se a que coloque adequadamente a boca no bocal, com os lábios selados, circundado o bocal e coloca-se a mola nasal. Caso haja dificuldade neste procedimento e em manter os lábios firmes ao redor do tubo o Cardiopneumologista deve auxiliar o utente. Se persistir dificuldade pode recorrer-se a um bocal tipo mergulhador, a fim de evitar fugas.

Dá-se, então, início à manobra indicando: *“respire normalmente de forma, tranquila e regular... muito bem”*, no final da expiração normal pede-se que *“encha o peito de ar até ao máximo...mais...mais”* (motivando e certificando que se atinge o nível da TLC) e, de forma vigorosa, incita-se a fazer uma expiração máxima, com expressões como: *“sopre (num estímulo rápido e enérgico) ... tudo, tudo,... mantenha o sopro só mais um*

bocadinho”, após alcançado critério expiração satisfatória, volta-se a indicar que *“encha o peito de ar até ao máximo”*.

A estratégia para conduzir a manobra e, conseqüentemente, a escolha dos termos e expressões a utilizar, dependerão sempre do perfil do utente. A correta execução deste exame requer disponibilidade para motivar e estar em sintonia com o utente, tornando o papel do Cardiopneumologista desafiante e compensador.

MANOBRA ESPIROMÉTRICA LENTA

O procedimento e postura a seguir são semelhantes ao descrito, tendo, no entanto, em consideração que esta, ao contrário da anterior, não é uma manobra forçada. Assim, não é exigível que a expiração seja realizada da mesma forma vigorosa, mas apenas em fluxo relativamente constante, até à capacidade máxima (cumprindo o critério de aceitabilidade).

Da mesma forma o Cardiopneumologista deve instruir o utente, motivando-o ao longo das várias fases. Este começa por pedir ao utente que respire a volume corrente. Após estabilização de VC, perfazendo no mínimo 3 ciclos respiratórios estáveis, ínsita o utente a realizar uma expiração máxima, até ao nível do VR, seguida de inspiração até ao nível da CPT e nova expiração máxima, até ao nível do VR, voltado novamente respirar a volume corrente (Miller et al., 2005b).

CRITÉRIOS DE ACEITABILIDADE E REPETIBILIDADE COMO PARTE DE CONTROLO DE QUALIDADE

Sendo, este um exame altamente dependente da colaboração para que os valores medidos sejam próximo do real, estão padronizados alguns cuidados a observar, de modo a minimizar vieses no resultado final, associados a má execução das manobras. Estes critérios definem regras, claras, para aceitar ou declinar cada manobra – critérios de aceitabilidade; e critérios a verificar entre diferentes manobras – critérios de reprodutibilidade. Estes últimos, melhor denominados, neste contexto, como critérios de repetibilidade, nomenclatura atualmente mais empregue.

CRITÉRIOS DE ACEITABILIDADE – MANOBRA FORÇADA

Para que se considere uma curva aceitável, esta deve ser livre de artefactos, originados por: tosse (particularmente no primeiro segundo), obstrução do bocal (pela língua ou peças dentárias) ou desconexão com fugas, manobra de Valsalva (encerramento da glote), entre outros.

A manobra deve ter um início correto, definido pelos **critérios início de teste**:

Início rápido sem hesitação (não deve permanecer mais de 1s em CPT) e com volume de extrapolação (VEx) inferior a 5% da CVF ou 150 ml (o que for maior) (Miller, et al., 2005b; Dias, et al., 2016; DGS, 2016).

Estes critérios foram revistos no consenso ERS/ATS (2019), sendo critério de aceitabilidade de início de expiração forçada: $V_{Ex} \leq 5\%$ da FVC ou 0.100L.

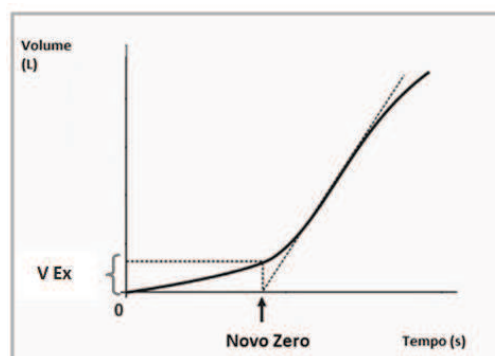


Figura 14: Versão expandida da parte inicial da curva volume-tempo para ilustração do conceito volume extrapolado.

Adaptado de: Miller et al., 2005

Como mostra a figura 14, o VEx é medido no eixo das ordenadas (volume) correspondendo ao ponto onde a curva do gráfico volume-tempo começa a aumentar mais rapidamente (concavidade). Posto de outro modo, este é volume exalado até ao tempo zero identificado no eixo das abcissas (tempo). O novo tempo zero é encontrado pelo método de retro-extrapolação pela interceção da reta, sobreponível à porção vertical de maior declive da curva volume-tempo, com o eixo temporal. Todas as medições são contabilizadas após a retro-extrapolação, pelo que, é de suma importância a aquisição do tempo zero (Miller et al., 2005b).

Para além dos critérios descritos a manobra deve, ainda, apresentar uma expiração satisfatória, que remete para os **critérios de fim de teste**:

Visualização de plateau na curva volume-tempo, evidenciado pela ausência de variação de volume (< 0.025 L) durante 1 segundo, tempo expiratório de pelo menos 6 segundos (ou 3 segundos para idades inferiores a 10 anos) ou o utente não puder ou deva continuar.

Neste último caso os resultados obtidos devem ser interpretados com a ressalva de que os critérios de fim de teste não foram alcançados, podendo a CVF estar subestimada e, assim, falsamente aumentar a relação VEMS/ CVF. O valor de VEMS é no entanto, válido (Miller et al., 2005b; Dias et al., 2016; DGS, 2016).

Estes critérios foram revistos no consenso ERS/ATS (2019), tendo sido abolida a referência ao tempo expiratório mínimo de 6 segundos.

Este limite era utilizado por, no consenso ERS/ATS (2005), se referir que um indivíduo normal demora entre 4 a 6 segundos a fazer uma inspiração ou uma expiração completa. No entanto, no laboratório a maioria dos utentes não tem um padrão normal, assim, este tempo seria demasiado longo para indivíduos com padrão restritivo e insuficiente para a expiração completa de um doente com padrão obstrutivo. Os próprios autores em resposta aos comentários clarificaram esta interpretação incorreta.

Foram ainda introduzidas outras alterações nesta matéria que constam de forma sistematizada em anexo.

CRITÉRIOS DE ACEITABILIDADE - MANOBRA LENTA

Os critérios a aplicar para seleção de manobra são sobreponíveis em alguns aspectos. De igual forma, esta deve ser livre de artefactos, como descrito para a manobra forçada. Quanto aos critérios de aceitabilidade de fim de teste, deve ser observado plateau na curva volume-tempo, definido como ausência de variação de volume (< 0.025 L) durante 1 segundo.

Devem ser registadas pelo menos três curvas aceitáveis que cumpram as seguintes condições de repetibilidade a seguir discriminadas (Miller, 2005b).

CRITÉRIOS DE REPETIBILIDADE - MANOBRA FORÇADA

Os dois maiores valores de CVF não devem variar mais do que 150 ml; a variação deverá ser inferior a 100 ml, caso a FVC seja ≤ 1 L.

Os dois maiores valores de VEMS não devem variar mais do que 150 ml (Miller, et al., 2005b; Dias, et al., 2016; DGS, 2016).

Caso não se verifiquem os critérios de aceitabilidade e de repetibilidade deve continuar-se o exame, desde que o utente não esteja demasiado cansado e possa continuar. É frequente ter como referência oito manobras como limite máximo. Esta ideia é fruto da referência nas normas ERS/ATS de que “oito é o limite prático de manobras para a maioria dos sujeitos” (Miller et al., 2005b).

Compreenda-se que esta referência não limita o número máximo de manobras a executar, podendo, se necessário e possível, realizar-se mais manobras. O principal aspeto será a condição do paciente. De facto, um número demasiado excessivo de manobras leva à fadiga e pode revelar-se pouco produtivo. Para não cansar desnecessariamente o utente, quando a manobra é logo à partida mal executada evita-se prolongar desnecessariamente o esforço para um resultado inválido. Deve, antes, identificar e corrigir-se logo o erro (pelo reforço positivo, não pela crítica depreciativa) e conceder tempo de descanso entre manobras.

O teste deve ser interrompido se utente referir dor ou houver uma queda de CVF ou VEMS superior a 20% em relação ao início do teste (em manobras aceitáveis) (Miller et al., 2005b).

Verificados os critérios de aceitabilidade e repetibilidade, é feita a seleção da melhor manobra (a apresentar no relatório). A melhor manobra é a que apresenta maior soma de valores de CVF e de VEMS, podendo ser escolhidos os valores mais elevados de FVC e de VEMS, mesmo que não pertençam à mesma manobra.

CRITÉRIOS DE REPETIBILIDADE - MANOBRA LENTA

Da mesma forma, devem ser registadas pelo menos três curvas aceitáveis que cumpram condições de repetibilidade. Isto é, os dois maiores valores de CV devem ter uma variação inferior a 150 ml.

O número prático necessário, referido para maioria dos casos, é de quatro manobras, de modo a obter estes critérios. Com descanso mínimo entre manobras de 1 minuto (Miller, 2005b). Da mesma forma, como observado para a manobra forçada o número máximo de manobras será o adequado à condição do utente.

Deve seleccionar-se a curva com maior CV.

As normas sugerem que a qualidade do teste seja classificada usando a gradação alfabética, sintetizada no Quadro 3.

Quadro 3: Categorização da qualidade para CVF e VEMS obtidos.

Gradação	Aceitabilidade	Repetibilidade - Adultos e crianças (mais 6 anos)	Repetibilidade Crianças de 2 – 6 anos
A	Pelo menos 3 testes aceitáveis	com repetibilidade dentro de 0,150 L	0,100 L ou 10% do valor mais alto, o que for maior
B	2 testes aceitáveis	com repetibilidade dentro de 0,150 L	
C	2 testes aceitáveis	com repetibilidade dentro de 0,200 l	0,150 L ou 10% do valor mais alto, o que for maior
D	2 testes aceitáveis	Com repetibilidade dentro de 0,250 L	0,200 L ou 10% do valor mais alto, o que for maior
E	Um teste aceitável		
F	Sem testes aceitáveis		

Assim, num teste a que foi atribuída classificação A, para VEMS ou CVF, sabemos que os critérios ERS/ATS (de aceitabilidade e repetibilidade) foram excedidos, C e D: os critérios não foram alcançados (apenas 2 curvas aceitáveis reproduzíveis, utilizando um

critério mais amplo), com F a espirometria não deverá ser interpretada (Culver et al., 2017).

Estas orientações da ATS (2017) foram revistas no consenso ERS/ATS (2019), tendo sido adicionada a uma gradação “U”: mais de uma manobra utilizável. A gradação “F” passa a corresponder (para além da à ausência de teste aceitáveis) também à ausência de teste usáveis.

EXEMPLOS DA APLICAÇÃO DE CRITÉRIOS DE ACEITABILIDADE E REPETIBILIDADE

O emprego destes critérios na prática laboratorial é ilustrado com alguns exemplos práticos. Uma vez que, como referido anteriormente, para o cumprimento destes é essencial o desempenho do Cardiopneumologista na condução de teste, de modo a orientar e motivar o paciente. Estes pretendem também ilustrar a utilidade prática da visualização das curvas volume-tempo e débito-volume durante a execução do exame. Aproveita-se, também, para demonstrar alguns erros comuns na execução das manobras e sua correção.

Exemplo 1

Principalmente em indivíduos jovens, com boa capacidade pulmonar é comum a dificuldade em prolongar a expiração e frequente a ocorrência de encerramento da glote, que dificulta a obtenção de manobra com critério de aceitabilidade. Na figura 15 pode observar-se queda abrupta da variação do débito em duas das curvas débito-volume (destacada pelos ciclos negros), motivadas por este problema que resulta em término precoce da expiração.

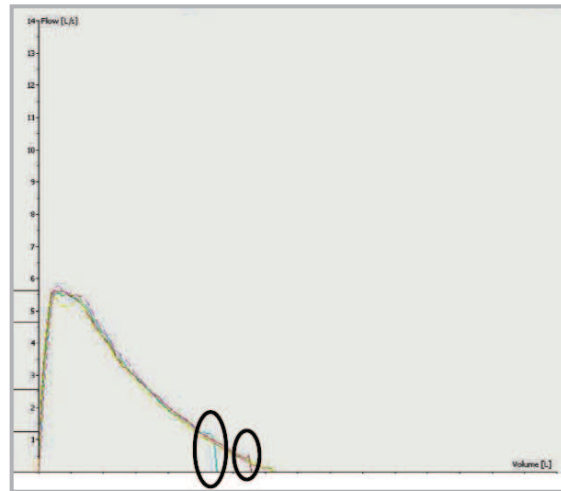


Figura 15: Exemplo de curva débito-volume não aceitável por encerramento da glote

Estas duas manobras foram excluídas. Foi reforçada a boa execução inicial da expiração, mas novamente explicado que “o sopro não pode ter interrupções” e a expiração deve continuar até ao máximo, mesmo que se tenha a percepção de “não ter mais ar, deve continuar a fazer força com os músculos expiratórios, deixando a garganta livre para a passagem do ar”. Foi também exemplificado, novamente, e durante a exalação, encorajou-se a continuar sempre: "Tudo, tudo, continue...Está quase...só mais um bocadinho".

Após estas correções as restantes três manobras forçadas máximas foram desempenhadas satisfatoriamente.

Exemplo 2

	%Alt...	Teór	Melhor	%...	En 1	En 2	En 3	En 4	En 5	En 6
Melhor Ex/In										
VC MAX	L	-0	2.73	1.71	62					
FVC	L	-0	2.73	1.41	52	1.34	1.28	1.43	1.38	1.41
FEV1	L	0	2.12	0.86	40	0.76	0.75	0.82	0.88	0.86
FEV1%M	%	-0	78.20	50.12	64	44.28	43.90	47.90	51.44	46.97
CI_F	L	-0	1.86	1.44	78	1.50	1.53	1.61	1.44	1.06
PEF	L/s	-0	5.59	2.65	47	3.73	2.92	3.34	3.50	2.85
MEF25	L/s	-0	0.44	«0.04	9	«0.03	«0.03	«0.04	«0.04	«0.03
MEF50	L/s	0	1.81	0.27	15	0.15	0.13	0.27	0.29	0.23
MEF75	L/s	-0	5.00	1.07	21	0.72	0.90	0.83	1.20	0.99
FR_F	1/min	0	20.00	11.57	58	49.20	21.16	19.56	7.38	39.40
VT_F	L	-0	0.41	0.56	138	0.23	0.38	0.56	0.23	0.23
TEF	s	-0		9.77		10.75	10.61	10.18	8.75	10.37
VBe%FV	%	-0		4.64		4.53	6.04	5.96	9.44	4.12
VBEex	L	-0		0.07		0.06	0.08	0.09	0.13	0.06

Figura 16: Exemplo2 da aplicação de critérios de aceitabilidade de repetibilidade.

No caso apresentado na figura 16 foram realizadas seis manobras no total. A segunda, terceira e a quarta manobra (En 2, En 3, En 4) foram excluídas, por apresentarem VEx superior a 5% da CVF, apesar de se encontrar abaixo dos 150 ml (a paciente apresentava uma baixa CVF). Após o En 2 a Cardiopneumologista, salientou os aspetos de boa execução do teste até ao momento e deu indicações para corrigir o VEx. Exemplificou a manobra e explicou-a novamente, dando ênfase à necessidade de que o início da expiração seja rápido e forte (recorrendo á expressão: “sopro explosivo”). O teste foi continuado até se alcançarem três curvas aceitáveis (En 1, En 5 e En 6), com uma diferença entre os dois maiores valores de VEMS e de CVF (os do En 5 e 6) inferior a 150 ml (60ml para VEMS e 30ml para CVF). De acordo com o estabelecido, foi escolhida (para apresentação no relatório) a manobra 6 por apresentar maior soma de VEMS e CVF.

Exemplo 3

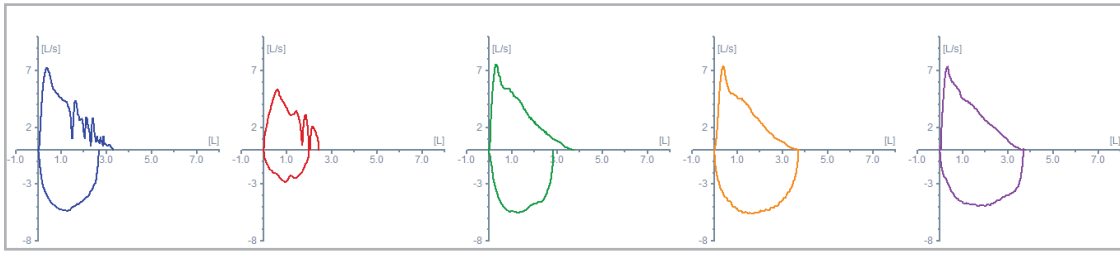


Figura 17: Curvas débito-volume das manobras espirométricas do exemplo 3.

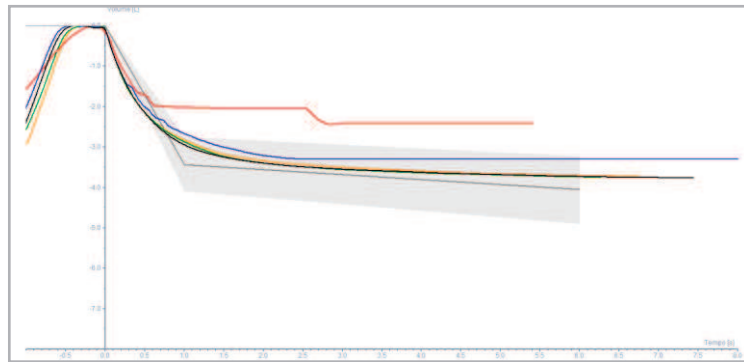


Figura 18: Curvas volume-tempo das manobras espirométricas do exemplo 3.

A primeira e segunda manobras foram excluídas (En 1 – a azul e En 2 – a vermelho). Em ambas são notórios artefactos na curva débito – volume (figura 17) e entalhes no primeiro segundo da expiração na curva volume tempo (figura 18). No En 1, apesar de haver um início expiratório rápido, a utente fez demasiada força na garganta desencadeando tosse. No En 2 os entalhes observados são devidos a obstrução do bocal por interposição da língua, acompanhada de fuga pelos cantos da boca. É perceptível que os volumes expirados através no bocal não correspondem ao máximo (figura 18). É, ainda visível a ausência de atingimento rápido do PEF (figura 17), corroborado pelo elevado VEx presente na figura 19.

No decorrer de cada uma destas manobras, ao verificar que estas não estavam a ser corretamente executadas, não se insistiu na continuação da expiração, para não cansar a utente com a manutenção de um esforço infrutífero.

Após a manobra En2 a utente foi tranquilizada. Foi reforçado o bom esforço no início do En1, corrigindo, no entanto, para que a força seja realizada com os músculos respiratórios (“força com a barriga e não na garganta”), foi exemplificada novamente a

execução do teste e reposicionada a boca no bocal, pedindo que mantivesse os lábios selados ao redor do mesmo e não permitisse que a língua o obstruísse.

		%Alt...	Teór	Melhor	%...	En 1	En 2	En 3	En 4	En 5
VC MAX	L	0	4.05	3.76	93					
FVC	L	0	4.05	3.76	93	3.29	2.42	3.75	3.73	3.76
FEV1	L	-0	3.43	2.94	86	2.67	2.02	2.87	2.83	2.94
FEV1%M	%	0	85.27	78.15	92	70.89	53.66	76.21	75.07	78.15
CI_F	L	0	2.53	2.53	100	2.72	2.02	2.38	2.53	2.45
PEF	L/s	-0	7.24	7.41	102	7.32	5.41	7.63	7.47	7.41
MEF25	L/s	-0	1.72	1.19	69	0.75		1.00	0.91	1.19
MEF50	L/s	-0	3.80	2.90	76	2.87	2.83	2.89	2.85	2.90
MEF75	L/s	0	6.28	4.66	74	4.66	3.93	5.17	4.84	4.66
FR_F	1/min	0	20.00	11.12	56	10.50	10.19	13.85	14.82	11.12
VT_F	L	-0	0.44	1.21	274	0.75	0.97	0.94	1.01	1.21
TEF	s	-0		7.00		2.41	2.79	6.21	6.61	7.00
VBe%FV	%	0		2.12		2.75	6.11	1.88	3.12	2.12
VBEex	L	-0		0.08		0.09	0.15	0.07	0.12	0.08

Figura 19: Dados das cinco manobras espirométricas realizadas no caso 3 para aplicação de critérios de aceitabilidade de repetibilidade.

Ao quinto ensaio obtiveram-se 3 manobras dentro dos critérios de aceitabilidade (com um início rápido (visualmente perceptível pela morfologia das curvas débito-volume e volume-tempo e objetivado, na figura 19, pelo valor de VEx e VEx/CVF em percentagem) e manutenção da expiração máxima até critério de fim de teste (ausência de variação de volume superior a 0.025 L por mais de 1 segundo – demonstrada pelo plateau na curva volume-tempo). Na figura 19 pode, ainda, observar-se o TEF.

VALORES DE REFERÊNCIA E INTERVALO DE NORMALIDADE

Com a avaliação espirométrica do indivíduo pretende-se identificar se existe variação da medição em relação ao registado em indivíduos com características semelhantes, ou entre medições. É portanto, feita a comparação do valor observado com a referência. O conceito de valor de referência reporta para a distribuição dos resultados, numa determinada população, obtidos através de estudos da população “normal” ou “saudável”.

Como os parâmetros espirométricos variam de forma conhecida com as características antropométricas e étnicas, através de análise regressiva são encontradas fórmulas para cálculo de valor teórico esperado.

As equações e conseqüentemente os valores de referência, escolhidos, devem ser adequados e representativos do indivíduo a avaliar e os instrumentos e metodologias utilizadas comparáveis, de modo a não contribuírem para a ocorrência de falsos positivos ou falsos negativos (Dias, et al., 2016; DGS, 2016).

Atualmente no LFR_{HDFP}, o *software* tem integradas as equações de *Quanjer (GLI 2012)* para idades entre os 3 e os 95 anos. As grandes vantagens da aplicação de equações de Quanjer (GLI, 2012) são que estas resultam de medidas espirométricas provenientes de um alargado número de indivíduos de todo o mundo, compreendendo vários grupos étnicos: caucasianos, afro-americanos, asiáticos do sudeste e asiáticos do nordeste. Estas reúnem um conjunto contínuo de valores de referência aplicável a idades desde os 3 aos 95 anos. Assim, evitam erros que surgem ao tentar extrapolar valores de referência para indivíduos fora da faixa etária das equações de referência (Quanjer, et al., 2012a; Quanjer, Stanojevic, Janet, & Cole, 2012b).

O julgamento do valor medido num determinado indivíduo, com características específicas, enquanto tendo ou não significado patológico, pode ser feito por comparação deste com o teórico (de referência) sob a forma de percentagem.

Ou seja,

$$\frac{\text{Valor obtido}}{\text{Valor teórico}} \times 100$$

Para a FVC e VEMS é aceite a percentagem fixa de referência de 80%, como limite da normalidade e de 70% para a relação VEMS/FVC após broncodilatação, nomeadamente para diagnóstico de DPOC. Este pode ser um critério demasiado rígido e considerar como “desvio do normal” indivíduos “normais”, sobreavaliando valores em idosos, por exemplo.

Para ultrapassar esta limitação, é proposta e cada vez mais aceite na prática, a utilização do Limite Inferior de Normalidade (LLN), correspondente ao 5º percentil da população de referência (1.64SD abaixo da média), considerando patológicos os valores obtidos que se situem abaixo deste (Miller, Quanjer, Swanney, Ruppel, & Enright, 2011; Quanjer et al., 2012b; GOLD, 2019).

De uma forma genérica, estatisticamente qualquer predição tem um intervalo de confiança, a variabilidade em ambos os lados da linha de regressão é chamada de desvio padrão residual (RSD). O intervalo padrão é geralmente estabelecido em +/- 1.64 RSD para incluir 90% da população com uma distribuição normal ou gaussiana. No caso particular dos parâmetros espirométrico (nomeadamente CVF, VEMS e VEMS/CVF) não tem interesse a utilização dos limites superior de normalidade ou de Z-Score correspondentes aos desvios padrão acima da média, uma vez que, a valores acima do esperado não é atribuído significado patológico. Assim, valores de Z Score [Z score = (valor observado – valor de referência) /desvio padrão], abaixo de - 1,64 SD, correspondem a 95% de probabilidade do valor se encontrarem fora do intervalo de confiança. Aplicando esta observação à distribuição normal dos resíduos (diferença entre o valor observado e o valor de referencia) o z score apresenta uma média de 0 e SD de 1. Isto é, quando o valor medido é igual ao da média de referência apresenta um Z Score de 0 e quando o Z Score medido for inferior a 1.64 este estará abaixo do que é limite inferior de normalidade. Estes conceitos são mais facilmente percebidos quando ilustrados com recurso a escala analógica ou pictograma (figura 20) (Miller et al., 2010; Quanjer et al., 2012a; Quanjer et al., 2012b).

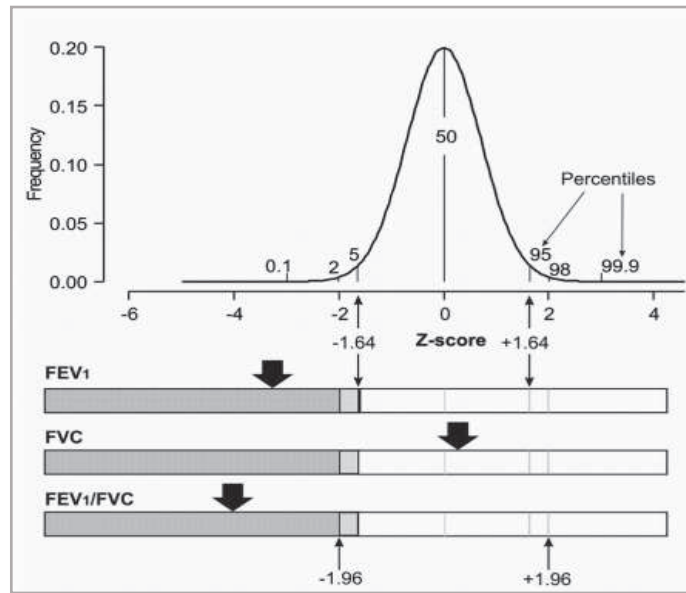


Figura 20: Representação da relação entre os percentis e o Z-Score e a transposição para a valorização dos resultados da espirometria, através de pictograma.

Fonte: GLI, 2012

Apesar da facilidade de cálculo e interpretação, a que se junta a existência do hábito já sedimentado, da valorização do resultado por comparação percentual com o previsto, as evidências científicas atuais postulam a utilização do LLN (5º percentil) e Z-Score, atribuindo-lhe uma precisão diagnóstica superior (Quanjer et al., 2012b).

INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS

Com base exclusivamente nos parâmetros espirométricos e morfologia das curvas volume-tempo e débito-Volume, podem admitir-se quatro padrões ventilatórios: normal, obstrutivo, restritivo e misto.

Na figura 18 são apresentados os gráficos volume-tempo e débito-volume, nas quais se representam as alterações morfológicas das curvas, correspondente aos padrões enumerados, permitindo fazer uma comparação entre si e com o “normal”.

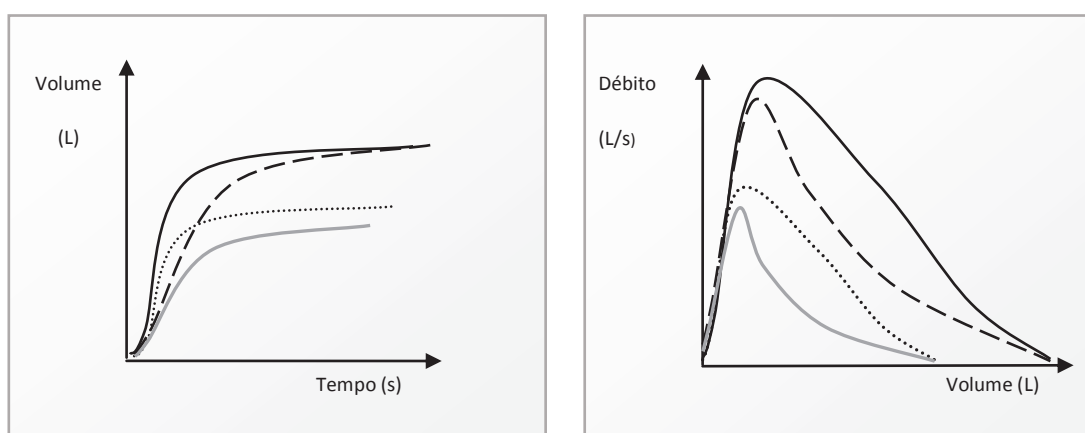


Figura 21: Morfologia das curvas volume-tempo e débito-volume de acordo com o padrão ventilatório. Legenda: obstrutiva (a tracejado), restritiva (a pontilhado) e mista (em cinzento), morfologia normal (a preto e a cheio)

O padrão espirométrico considera-se **normal** quando parâmetros obtidos se encontram acima do 5º percentil do valor previsto.

Ou seja, e CV ou CVF acima do LLN (5º percentil do valor previsto);

E VEMS encontram-se acima do LLN (5º percentil do valor previsto);

E I.T. ou a relação VEMS/CVF encontram-se acima do LLN (5º percentil do valor previsto) (Dias et al., 2016; DGS, 2016).

Na **alteração ventilatória obstrutiva** há uma diminuição do VEMS em relação ao volume expiratório máximo e dos débitos. Assim, encontramos uma redução na relação VEMS/CV ou VEMS/CVF.

Ou seja, I.T. ou a relação VEMS/CVF encontram-se abaixo do LLN (5º percentil do valor previsto).

Na **alteração ventilatória restritiva** há uma diminuição dos volumes mobilizáveis e débitos (obtidos na espirometria). Conseqüentemente, a CV e VEMS diminuem na mesma proporção. A relação VEMS/CV ou VEMS/CVF é mantida, sugerindo a existência de alteração restritiva que deve ser confirmada pela determinação da CPT ($< LLN -5^{\circ}$ percentil do valor previsto).

Ou seja, I.T. ou a relação VEMS/CVF encontram-se acima do LLN (5^o percentil do valor previsto) e CV ou CVF abaixo do LLN (5^o percentil do valor previsto)

Faz-se uma chamada de atenção para o fato de um término precoce da manobra de CVF, com conseqüente obtenção de um baixo valor desta, resultar numa razão VEMS/CVF elevada com diminuição de CVF, por deficiente colaboração e má qualidade do teste, que deve ser acautelada de modo a não conduzir a conclusões erradas.

Na **alteração ventilatória mista** o padrão obstrutivo coexiste com diminuição de volumes mobilizáveis. Assim, a relação VEMS/CV ou VEMS/CVF e a CV ou CVF aparecem diminuídos.

Ou seja, I.T. ou a relação VEMS/CVF encontram-se abaixo do LLN (5^o percentil do valor previsto) e CV ou CVF, também abaixo do LLN (5^o percentil do valor previsto) (Pellegrino et al., 2005; Dias et al., 2016; DGS, 2016; PT.CEXT.PNE.04.01, 1, 2016)-

Pelas razões explanadas anteriormente, optou-se por usar o 5^o percentil do valor de referência para estabelecimento do LLN. Importa no entanto, fazer a ressalva de que em determinadas circunstâncias, como o estabelecimento de padrão obstrutivo para diagnóstico de DPOC, pelas normas GOLD, continua a usar-se como LLN o valor percentual fixo. Ou seja, razão VEMS/FVC inferior a 0.70 após broncodilatação (Miller, et al., 2009; (GOLD, 2019).

Embora seja menos frequente na prática laboratorial, para além dos padrões apresentados relativos a alterações na mobilização de volume pulmonar, podem surgir curvas débito-volume com morfologia muito característica que é importante que sejam reconhecidas pelo Cardiopneumologista. Estas são representadas na figura 22, e resultam de obstrução da via aérea central e vias aéreas superiores.

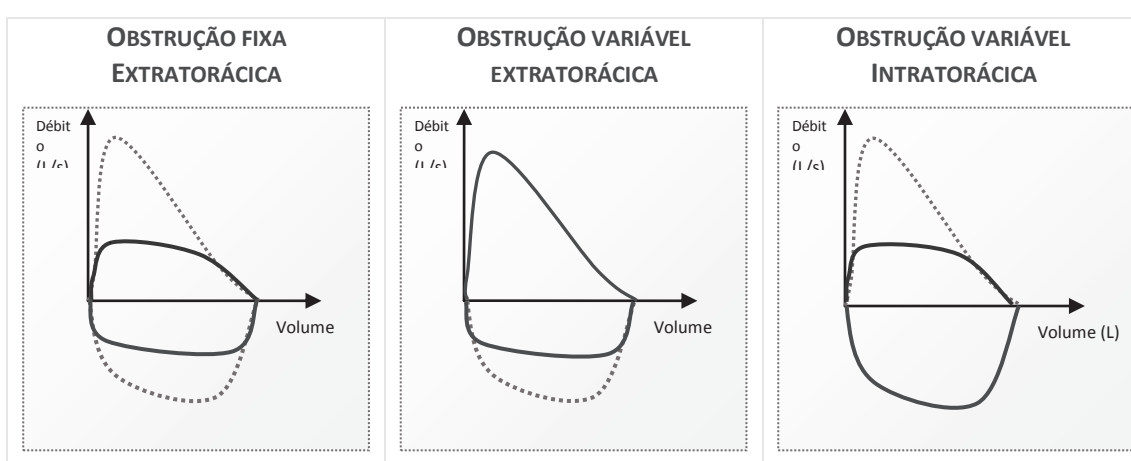


Figura 22: Representação da aspeto morfológico da curva débito-volume na obstrução das via aérea central e superiores.

A visualização destas morfologias características deve alertar para a existência de alterações sugestivas de obstrução vias aéreas extratorácicas (faringe, laringe e porção extratorácica da traqueia) e nas vias aéreas intratorácicas (porção intratorácica da traqueia e brônquios principais).

Na obstrução extratorácica fixa, observa-se num achatamento (retificação) da porção inspiratória e expiratória da curva débito-volume, traduzindo-se na redução do débito inspiratório e expiratório.

Na obstrução extratorácica variável observamos um achatamento (retificação) da porção inspiratória da curva débito-volume, mantendo-se a porção expiratória normal. Assim, a razão DIM50% (Débito Inspiratório a 50% da CVF) /DEM50% é inferior a 1.

Na presença de obstrução intratorácica variável é afetada a ansa expiratória da curva débito-volume, observando-se uma redução do PEF e dos restantes débitos expiratórios, mantendo-se a porção inspiratória normal. Este tipo de alteração apresenta uma razão DIM50%/DEM50% superior a 1. Esta alteração nos parâmetros descritos encontra-se sistematizada no quadro 6.

Quadro 4: Parâmetros úteis na diferenciação de obstruções da via aérea central e vias aéreas superiores

	Obstrução Extratorácica		Obstrução Intratorácica
	Fixa	Variável	
PEF	Diminuído	Normal ou diminuído	Diminuído
DIM_{50%}	Diminuído	Diminuído	Normal ou diminuído
DIM_{50%}/DEM_{50%}	~1	<1	>1

Descartada a presença de alteração morfológica da curva por má colaboração do utente, estes achados levantam a suspeita de obstrução da via aérea central e vias aéreas superiores, que deve ser confirmada por técnicas endoscópicas ou de imagem (Couto & Ferreira, 2004; Pellegrino et al., 2005; Ruppel, 2009; García-río et al., 2013).

CLASSIFICAÇÃO DA GRAVIDADE DA ALTERAÇÃO VENTILATÓRIA

A classificação da gravidade da alteração ventilatória, com base nos parâmetros espirométrico é feita pelo valor de VEMS, em percentagem do previsto, como descrito no Quadro 4 (Pellegrino et al., 2005).

Quadro 5: Grau de severidade da alteração ventilatória.

Grau de severidade	VEMS (%do previsto)
Ligeiro	>70
Moderado	60-69
Moderado – grave	50-59
Grave	35-49
Muito grave	<35

Apesar da ampla divulgação desta classificação de gravidade, baseada no valor percentual de VEMS, para qualquer dos padrões descritos. Os autores esclarecem que esta tem o intuito de classificar o grau da obstrução. Estes consideram-na apropriada quando existe apenas obstrução, podendo induzir em erro quando coexiste restrição, uma vez que, nesse caso, o VEMS pode ser reduzido tanto pela restrição quanto pela obstrução (Miller et al., 2010).

De acordo com o relatório GOLD (2019) a avaliação da gravidade da obstrução nos doentes com diagnóstico de DPOC é feita com base na percentagem de VEMS após broncodilatação, como detalhado quadro 5

Quadro 6: Grau de severidade da obstrução na DPOC, com base no VEMS após broncodilatação (GOLD).

Grau de severidade da obstrução na DPOC (GOLD)	VEMS após broncodilatação (% do previsto)
GOLD 1: Ligeira	>80
GOLD 2: Moderada	79-50
GOLD 3: Grave	30-49
GOLD 4: Muito grave	<30

Na presença de padrão ventilatório misto ou restritivo a espirometria deve ser complementada com outros métodos de avaliação da função respiratória, como a

pletismografia corporal e determinação do fator de transferência de monóxido de carbono. A determinação dos volumes não mobilizáveis permite uma avaliação mais completa da função pulmonar, sendo a caracterização da gravidade da alteração restritiva feita com base na CPT. Assim, e de acordo com o padrão ventilatório obtido na espirometria deve ser dado seguimento ao estudo funcional respiratório, com determinação dos parâmetros descritos no algoritmo seguinte (Pellegrino et al., 2005).

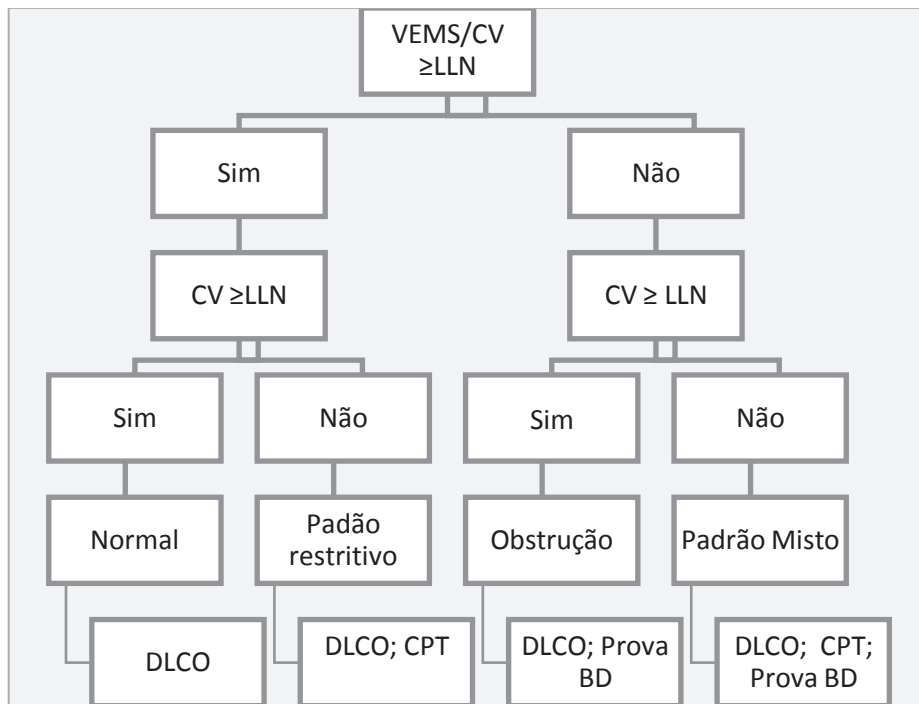


Figura 23: Algoritmo de seguimento do estudo funcional respiratório, tendo por base a espirometria.

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS - RELATÓRIO

Deve existir uma uniformização na apresentação dos resultados, uma vez que está demonstrado que a forma de apresentação dos dados pode influenciar a interpretação dos resultados.

Sugere-se que no topo do relatório conste a identificação da instituição e do utente (nome e número de identificação), seguida da data de nascimento. Este deve, ainda, incluir características antropométricas, anteriormente referidas na “introdução dos dados do utente”, na forma apresentada e etnia. Devem ser, ainda, apresentados: o motivo de pedido do exame, história clínica, medicamentosa e hábitos tabágicos, pois permitem fazer uma contextualização dos resultados. É também pertinente que se mostre a data e hora de realização do exame.

De acordo com as orientações vigentes, é obrigatória a apresentação sumarizada dos seguintes parâmetros: FVC (em L), VEMS (em L), Razão VEMS/FVC (em fração decimal), PEF (em L/s) e TEF (s).

Os parâmetros anteriormente enumerados devem ser distribuídos por linhas horizontais, por forma a construir uma tabela. Por colunas devem ser apresentados, para cada parâmetro, o melhor valor obtido em absoluto, o valor de LLN, Z Score (opcional a apresentação em tabela) e a percentagem do previsto. Para além, desta forma de apresentação, o LLN e Z-Score (para CVF, VEMS e VEMS/CVF) podem ser mostrados com recurso a pictograma, para uma perceção mais fácil e intuitiva da aproximação ou distanciamento do valor medido em relação à referência.

Deve incluir-se a fonte dos valores de referência utilizada.

Os resultados devem também ser apresentados em forma de gráficos: curva débito-volume e volume-tempo. No mínimo, a melhor manobra deve ser apresentada, isto é, aquela que apresente maior soma CVF e VEMS (respeitando os critérios de aceitabilidade e repetibilidade). No gráfico volume-tempo deve estar presente o final da inspiração, ou seja, o segundo que precede o início definido da expiração. O gráfico de débito-volume deve mostrar a ansa expiratória e inspiratória da manobra. Com relação do eixo y/ x de 2 L / s no eixo dos débitos para 1 L no eixo do volume. Em

ambos a escala deve acomodar os volumes e/ou débitos e tempo expiratório do paciente, permitindo visualizar todos os detalhes da curva.

Devem incluir-se comentários técnicos sobre a colaboração, medicação, posição ou outros relevantes. Deve ser dado retorno da colaboração e qualidade do teste usando a gradação alfabética definida.

O relatório deve conter as conclusões da interpretação dos resultados (padrão ventilatório e gravidade) e indicações para o seguimento do utente, dando resposta ao motivo de solicitação do exame (Dias et al., 2016; DGS, 2016; Culver et al., 2017).

Adicionalmente podem ser apresentados outros parâmetros espirométricos para além dos obrigatórios, caso se considere apropriado. No modelo de relatório utilizado no LFR_{HDFE} são incluídos os débitos intermédios e volume extrapolado em valor absoluto e em percentagem da CVF. Embora, não seja indicado como padrão a inclusão de DEM25-75%, pela sua alta variabilidade e dependência da CVF, sendo defendido na literatura que o uso de débitos intermédios, não acrescentam vantagem clínica à utilização de VEMS/CVF (Pellegrino, Brusasco, & Miller, 2014). Na padronização de relatório proposta pela ATS (2017) o uso de débitos intermédios por rotina é mesmo desaconselhado (Culver et al., 2017).

ARMAZENAMENTO DOS DADOS

Deve estar assegurado o armazenamento dos testes realizados, bem como procedimentos de calibrações, verificação, intervenções técnicas, BioQC e registo de limpeza do equipamento e estabelecidas as condições de acesso (e quem acede) a estes dados (Dias et al., 2016; DGS, 2016).

No LFR_{HDF} todas as manobras realizadas pelo utente, mesmo as não constantes no relatório final, ficam guardadas no programa *Sentry Suite*. Assim, é possível aceder e rever a seleção de manobras, se necessário, bem como, fazer comparação do estudo funcional respiratório ao longo do tempo.

O relatório do LFR_{HDF}, é exportado do programa *Sentry Suite* em formato PDF para uma pasta partilhada. Todos os elementos da valência de Pneumologia têm acesso a esta pasta. Posteriormente, os exames realizados para outras valências são relatados pelo Cardiopneumologista ou Pneumologista e validados por um Pneumologista, ficando disponíveis no processo clínico digital do utente, para a consulta de outros clínicos. Os exames requisitados pelo exterior, pelos Centros de Saúde, são relatados e enviados em papel.

Devem ser feitas cópias de segurança regulares para garantir que não há perda de informação da base de dados.

MEDIDAS DE HIGIENE E LIMPEZA DO EQUIPAMENTO

Nesta matéria é tido como princípio que todos os utentes são potencialmente de risco, pelo que se observa com todos os utentes as normas gerais de higiene e prevenção de infeção. Pela natureza do exame é mais propícia a contaminação indireta por saliva e gotículas aerossolizadas (bacilos da tuberculose, por exemplo podem permanecer infecciosas por horas). Requerem também cuidados acrescidos a observação de feridas abertas e ou sangramento da cavidade oral, ou hemoptises (Couto & Ferreira, 2004; Miller et al., 2005a).

No LFR_{HDF} toda a ação que envolva contacto com o doente, equipamento e materiais é feita de acordo as boas práticas e cuidados de higiene instituídos pelo Grupo de Controlo de Infeção da Instituição. Estas incluem o uso de luvas para o manuseamento dos filtros com bocal, bem como a regular higienização das mãos, pela lavagem correta e uso de solução desinfetante.

Como estabelecido no *procedimento de limpeza e desinfeção do equipamento*, elaborado no mesmo Laboratório, é utilizado um filtro bacteriano com bocal descartável para cada doente. O uso de filtro anti-bacteriano adequado tem uma eficácia de filtragem de 99.99%, de acordo com o fabricante. As almofadas da mola nasal são, de igual forma rejeitadas a cada utilização e o corpo desta descontaminado. Os prolongadores utilizados para broncodilatação são armazenados em contentor próprio que segue para descontaminação ao final do dia.

O pneumotacógrafo é, ainda desinfetado semanalmente do seguinte modo:

Com o pletismografo desligado desconecta-se, cuidadosamente, o pneumotacógrafo do adaptador de conexão em cruz e de seguida empurra-se para baixo o mecanismo de desbloqueio para separar o cone da pega (componente elétrico).

Os componentes mecânicos são enviados ao Serviço de Esterilização. Os restantes componentes elétricos e superfícies são limpos/esfregados, com toalhas desinfetantes (nunca com escovas de metal ou lã de aço), que não contenham: componentes orgânicos, minerais e ácidos oxidantes (pH<5.5), bases fortes (pH máximo de 9.5, neutro/detergente enzimático), solventes orgânicos (álcool, éter,

benzinas e cetonas), oxidantes (cloro, iodo e bromo) ou hidrocarbonetos halogenados (PT.CEXT.PNE.05.01, 1, 2016).

A juntar a estes cuidados, antes do teste, o utente é inquirido para perceber a existência infeção respiratória recente. Nesse caso deve entender-se, junto do médico requisitante, a relevância clínica da realização da espirometria. Caso se decida prosseguir com o exame, no final deste, terá de se realizar uma desinfeção adicional do equipamento (para além da periódica, estabelecida). Os exames efetuados a portadores de doença infetocontagiosa tendem a ser agendados para o final do dia, por ser mais fácil proceder à desinfeção, sem perturbar o normal funcionamento do laboratório (Couto & Ferreira, 2004; Miller et al., 2005a).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho espelha a formação acadêmica, o percurso profissional, pesquisa bibliográfica e respeito das normas no processo de busca de melhoria na área da espirometria. Procurou sintetizar-se aspectos fundamentais para a realização de espirometria de qualidade.

Este constitui uma base para aprofundamento do tema e uma chamada de atenção para a necessidade de cumprir critérios com vista à obtenção de espirometria de qualidade e de uniformização de procedimentos na prática laboratorial. Esta base permite, assim, salientar a responsabilidade do operador em todo o processo. Pelo que a espirometria deve ser realizada apenas por profissionais habilitados e com experiência. O Cardiopneumologista deve conhecer e refletir sobre estes aspectos, de modo a manter níveis de exigência apesar da pressão das rotinas dos serviços.

Espera-se, principalmente, reforçar a ideia de que a obtenção de estudos de qualidade, pressupõe contínua atualização e é em si também um processo. Assim, também o trabalho apresentado não sendo um fim em si mesmo, têm-se mostrado útil para motivar a partilha de experiências, conhecimentos e discussão de práticas, reflexão e melhoria das mesmas, com aqueles que a proximidade permite que chegue. A expectativa é que possa fazer este contributo de forma mais alargada.

BIBLIOGRAFIA

- Barros Raquel, Pinto Paula, B. C. (2013). The importance of slow vital capacity in detection of airway obstruction. *European Respiratory Journal*, 42(57), 1262.
- CONSULTA EXTERNA - PNEUMOLOGIA. *Realização e Interpretação de Espirometria*. Hospital Distrital da Figueira da Foz. PT.CEXT.PNE.04.01, 1 (2016).
- CONSULTA EXTERNA – PNEUMOLOGIA. *LIMPEZA E DESINFECÇÃO DO EQUIPAMENTO BODYMASTER SCREEN*. Hospital Distrital da Figueira da Foz. PT.CEXT.PNE.05.01, 1 (2016).
- Couto, A., & Ferreira, J. M. R. (2004). *Estudo funcional respiratório* (Lidel, ed.). Lousã.
- Culver, B. H., Graham, B. L., Coates, A. L., Wanger, J., Berry, C. E., Clarke, P. K., ... ATS Committee on Proficiency Standards for Pulmonary Function Laboratories. (2017). Recommendations for a Standardized Pulmonary Function Report. An Official American Thoracic Society Technical Statement. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 196(11), 1463–1472. Disponível em: <https://doi.org/10.1164/rccm.201710-1981ST>
- DGS. Especificações técnicas para a realização de uma espirometria, Direção-Geral da Saúde (2016). Disponível em: <https://www.dgs.pt/directrizes-da-dgs/orientacoes-e-circulares-informativas/orientacao-n-0052016-de-28092016-pdf.aspx>
- Dias, Hermínia Brites; Oliveira, Ana Sofia; Bárbara, Cristina; Cardoso, João; Gomes, E. M. (2016). *CRITÉRIOS DA QUALIDADE PARA A REALIZAÇÃO DE ESPIROMETRIAS EM ADULTOS*. Disponível em: <https://www.dgs.pt/documentos-em-discussao-publica/criterios-da-qualidade-para-a-realizacao-de-uma-espirometria-em-discussao-publica-pdf.aspx>
- García-río, F., Calle, M., Burgos, F., Casan, P., Galdiz, J. B., Giner, J., ... Puente, L. (2013). Espirometría. *Archivos Bronconeumologia*, 49(9), 388–401. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.arbres.2013.04.001>
- Graham, B. L., Steenbruggen, I., Miller, M. R., Barjaktarevic, I. Z., Cooper, B. G., Hall, G. L., ... Thompson, B. R. (2019). Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 200(8),

e70–e88. Disponível em: <https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1590ST>

Miller, M. R., Crapo, R., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., ... Wagner, J. (2005a). General considerations for lung function testing. *European Respiratory Journal*, 26(1), 153–161. Disponível em: <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00034505>

Miller, M. R., Crapo, R., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., ... Wagner, J. (2005b). Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal*, 26(2), 319–338. Disponível em: <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00034805>

Miller, M. R., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., ... Wanger, J. (2010). Standardisation of lung function testing: the authors' replies to readers' comments. *European Respiratory Journal*, 36(6), 1496–1498. Disponível em: <https://doi.org/10.1183/09031936.00130010>

Miller, M. R., Pedersen, O. F., Pellegrino, R., & Brusasco, V. (2009). Debating the definition of airflow obstruction: time to move on? *European Respiratory Journal*, 34(3), 527–528. Disponível em: <https://doi.org/10.1183/09031936.00103309>

Miller, M R, Crapo, R., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., ... Wanger, J. (2005). *General considerations for lung function testing*. 26(1), 153–161. Disponível em: <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00034505>

Miller, M R, Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., ... Wanger, J. (2005). *Standardisation of spirometry*. 26(2), 319–338. Disponível em: <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00034805>

Miller, Martin R., Quanjer, P. H., Swanney, M. P., Ruppel, G., & Enright, P. L. (2011). Interpreting Lung Function Data Using 80% Predicted and Fixed Thresholds Misclassifies More Than 20% of Patients. *Chest*, 139(1), 52–59. Disponível em: <https://doi.org/10.1378/chest.10-0189>

Pellegrino, R, Viegi, G., Brusasco, V., Crapo, R. O., Burgos, F., Casaburi, R., ... Wanger, J. (2005). Interpretative strategies for lung function tests. *EUROPEAN RESPIRATORY JOURNAL*, 26(5), 948–968. Disponível em: <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00035205>

Pellegrino, Riccardo, Brusasco, V., & Miller, M. R. (2014). Question everything.

-
- European Respiratory Journal*, 43(4), 947–948. Disponível em: <https://doi.org/10.1183/09031936.00023814>
- Perrin, C., Unterborn, J. N., Ambrosio, C. D', & Hill, N. S. (2004). Pulmonary complications of chronic neuromuscular diseases and their management. *Muscle & Nerve*, 29(1), 5–27. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/mus.10487>
- Quanjer, P. H., Tammeling, G. J., Cotes, J. E., Pedersen, O. F., Peslin, R., & Yernault, J.-C. (1993). Lung volumes and forced ventilatory flows. *European Respiratory Journal*, 6(Suppl 16), 5–40. Disponível em: <https://doi.org/10.1183/09041950.005s1693>
- Quanjer, Philip H, Stanojevic, S., Cole, T. J., Baur, X., Hall, G. L., Culver, B. H., ... Stocks, J. (2012a). Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *European Respiratory Journal*, 40(6), 1324–1343. Disponível em: <https://doi.org/10.1183/09031936.00080312>
- Quanjer, Philip H, Stanojevic, S., Janet, S., & Cole, T. J. (2012b). GLI - 2012 All-Age Multi-Ethnic reference values for spirometry. *European Respiratory Journal*, 1–15. Disponível em: <https://www.ers-education.org/lrmedia/2012/pdf/266696.pdf>
- Ruppel, G. L. (2009). *Manual of Pulmonary Function Testing* (9th ed.; Elsevier - Divisão de Ciências da Saúde, ed.). St Louis: Mosby.
- Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. (2002). Diretrizes para testes de função pulmonar. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 28(3), 38. Disponível em: http://www.saude.ufpr.br/portal/labsim/wpcontent/uploads/sites/23/2016/07/Suple_139_45_11-Espirometria.pdf
- The Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). (2019). *Global Strategy for Diagnosis, Management and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*. Disponível em: <https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2018/11/GOLD-2019-v1.6-FINAL-08Nov2018-wms.pdf>
- Wanger, J., Clausen, J. L., Coates, A., Pedersen, O. F., Brusasco, V., Burgos, F., ... Viegi, G. (2005). Standardisation of the measurement of lung volumes. *European Respiratory Journal*, 26(3), 511–522. Disponível em: <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00035005>
-

Anexos

Quadro 1: Critério de aceitabilidade e “usabilidade” para VEMS e CVF, de acordo com o consenso ERS/ATS (2019)

	Aceitabilidade		“Usabilidade”	
	VEMS	CVF	VEMS	CVF
Volume extrapolado $\leq 5\%$ da FVC ou 0.100L	Sim	Sim	Sim	Sim
Sem evidência de determinação errônea do tempo 0	Sim	Sim	Sim	Sim
Ausência de tosse no 1ºseg da expiração	Sim	Não	Sim	Não
Ausência de encerramento da glote no 1ºseg da expiração	Sim	Sim	Sim	Sim
Ausência de encerramento da glote após o 1ºseg da expiração	Não	Sim	Não	Não
Foi atingido pelo menos 1 dos critérios de fim de expiração forçada:	Não	Sim	Não	Não
1. Plateau expiratório (variação de volume $\leq 0.025L \geq 1\text{seg}$)				
2. Tempo expiratório $\geq 15\text{seg}$				
3. A FVC cumpre os critérios de repetibilidade em relação à maior FVC obtida anteriormente				
Sem evidência de obstrução do bocal	Sim	Sim	Não	Não
Sem evidência de fuga	Sim	Sim	Não	Não
FIVC-FVC $\leq 0.100L$ ou 5% da FVC	Sim	Sim	Não	Não

Quadro 2: Categorização da qualidade para CVF e VEMS obtidos.

Gradação	Aceitabilidade	Repetibilidade - Adultos e crianças (mais 6 anos)	Repetibilidade Crianças de 2 – 6 anos
A	Pelo menos 3 testes aceitáveis	repetibilidade dentro de 0,150 L	0,100 L ou 10% do valor mais alto, o que for maior
B	2 testes aceitáveis	repetibilidade dentro de 0,150 L	
C	2 testes aceitáveis	repetibilidade dentro de 0,200 l	0,150 L ou 10% do valor mais alto, o que for maior
D	2 testes aceitáveis	repetibilidade dentro de 0,250 L	0,200 L ou 10% do valor mais alto, o que for maior
E	Um teste aceitável ou	-	-
	2 testes ou aceitáveis	repetibilidade superior a 0,250	Superior a 0.200 L ou 10%
U	Mais de 1 utilizável	-	-
F	Sem testes aceitáveis, nem utilizáveis	-	-