



**Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP
Escola de Educação Física da UFOP - EEFUFOP
Bacharelado em Educação Física**



TCC em formato de Monografia

**Impactos da síndrome pós-COVID-19 sobre a capacidade aeróbia:
Uma revisão sistemática**

Matheus Pontes Rezende

**Ouro Preto
2022**

Matheus Pontes Rezende

Impactos da síndrome pós- COVID-19 na capacidade aeróbia: Uma revisão sistemática

Trabalho de Conclusão de Curso em formato de monografia, apresentado à disciplina Seminário de TCC (EFD-381) do curso de Bacharelado em Educação Física da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para aprovação na mesma.

Orientador: Prof. Dr. Washington Pires

**Ouro Preto
2022**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

R467i Rezende, Matheus Pontes.
Impactos da síndrome pós-COVID-19 sobre a capacidade aeróbia
[manuscrito]: uma revisão sistemática. / Matheus Pontes Rezende. -
2022.
29 f.: il.: tab.. + Quadro.

Orientador: Prof. Dr. Washington Pires.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Educação Física. Graduação em Educação Física .

1. COVID-19. 2. Exercícios aeróbicos. 3. Aptidão física. I. Pires,
Washington. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 796

Bibliotecário(a) Responsável: Soraya Fernanda Ferreira e Souza - SIAPE: 1.763.787



FOLHA DE APROVAÇÃO

Matheus Ponte Rezende

Impactos da síndrome pós-COVID-19 sobre a capacidade aeróbia: Uma revisão sistemática

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Educação Física da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Educação Física

Aprovada em 24 de Outubro de 2022

Membros da banca

Dr. Washington Pires - Orientador
Dr. Everton Rocha Soares - Membro da banca
Dr. Bruno Ocelli Ungheri - Membro da banca

Washington Pires, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 24/10/2022



Documento assinado eletronicamente por **Washington Pires, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/10/2022, às 19:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0416842** e o código CRC **31E5A3A4**.

DEDICATÓRIA

Agradeço a realização desse trabalho ao professor Washington Pires da Universidade Federal de Ouro Preto na orientação e aos meus amigos e família que me deram o apoio que precisava. Em especial a minha digníssima esposa, Vitória, que enfrentou comigo esse período de muita luta. Muito obrigado!

“A persistência é o caminho do êxito.”

- Charles Chaplin

RESUMO

A medida que as pessoas foram sendo infectadas e recuperadas da infecção pelo vírus SARS-CoV-2, muitas delas apresentaram sintomas persistentes da doença. Raveendran e colaboradores (2021) chamaram esse quadro de síndrome pós-COVID. Espera-se que os indivíduos acometidos pela síndrome pós-covid apresentem alterações cardioventilatórias, é possível que a capacidade aeróbica seja prejudicada. Portanto, o objetivo desse artigo é verificar, a partir de uma revisão sistemática, os efeitos pós-covid-19 na capacidade aeróbica. O presente estudo é caracterizado como uma revisão sistemática que foi realizada entre os meses de junho e julho de 2022. A pesquisa utilizou as plataformas Google acadêmico e Medline/Pubmed para a busca dos artigos sem restrição de data como filtro. Foram encontrados 9 artigos com a temática proposta. Resultados: 33% dos artigos investigaram indivíduos que tiveram sintomas graves da doença e 66,7% desses estudos apresentaram redução no $VO_{2máx}$. Além disso também foram encontrados alterações de parâmetros cardiovasculares e alterações de balanço autonômico. O presente estudo mostrou que, embora não haja comprovação, os dados apontam que o COVID-19 provocou uma forte tendência a uma piora nos valores de $VO_{2máx}$, presença de fadiga e disfunções autonômicas cardiovasculares.

Palavras Chaves: COVID-19, aptidão cardiorrespiratória, síndrome pós-covid, exercício físico.

ABSTRACT

As people are becoming infected and recovering from SARS-CoV-2 virus infection, many of them have persistent symptoms of the disease. Raveendran *et al.*(2021) called this post-COVID syndrome. Aerobics affected by post-covid syndrome are expected to present cardioventilatory changes, it is possible that aerobic capacity is impaired. Therefore, the objective of this article is to verify, from a review, the post-COVID-19 effects on aerobics. The present study is characterized by a systematic review that was carried out in June 2020, between 2 months. The search used as a platform Google published and Medline/Pubmed to search for articles without data restriction as a filter. 9 articles were found with a thematic proposal. Results: 66.7%. In addition, changes in cardiovascular parameters and changes in autonomic balance were also found. The present study showed that, although there is no proof, the data indicate that covid-19 caused a strong tendency to a worsening in VO_{2max} values, presence of fatigue and cardiovascular autonomic dysfunctions.

Keywords: COVID-19, cardiorespiratory fitness, post-covid syndrome, physical exercise.

SUMÁRIO

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	11
3 METODOLOGIA.....	12
3.1 SELEÇÃO DOS ESTUDOS	13
3.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA	14
4 RESULTADOS	14
5 DISCUSSÃO	19
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	24

1 INTRODUÇÃO

Em dezembro de 2019, na cidade de Wuhan, na China, um novo vírus da família do coronavírus foi detectado, o qual foi cientificamente denominado de novo coronavírus (COVID-19; termo científico - SARS-CoV-2). Desse momento em diante, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) a situação alcançou os critérios para ser classificada como uma pandemia. Em menos de 2 anos a pandemia do COVID-19 foi responsável por mais de 5.631.457 de óbitos ao redor do mundo até a metade de 2022 (OMS, 2022). Sua transmissão ocorre por meio de gotículas contaminadas de secreções provenientes da orofaringe de um indivíduo infectado. O vírus é capaz de se manter ativo por até 72 horas em superfícies contaminadas, e possui um elevado tempo de incubação, cerca de 5 dias. Isso favorece a elevada taxa de transmissão, afinal, o indivíduo pode transmitir o vírus sem apresentar sintomas (MEDEIROS, 2020). Importante ressaltar que a inexistência inicial de fármacos ou vacinas específicas para essa doença de fácil transmissão contribuiu para o alastramento rápido do vírus. Dessa forma, as principais ferramentas de contingência para o novo coronavírus foi a adoção de medidas de etiqueta respiratória e estratégias de isolamento social, causando o confinamento de milhares de pessoas, sobretudo, aquelas que constituem o grupo risco, indivíduos com doenças crônicas, como diabetes, hipertensão, asma, doença pulmonar obstrutiva crônica, fumantes, indivíduos com mais de 60 anos, gestantes, puérperas e crianças menores de 5 anos. (BEZERRA, *et al.*, 2020).

Dentre as milhares de pessoas que foram acometidas pelo COVID-19, uma parcela apresentou sintomas prolongados da doença mesmo quando já estavam recuperados da infecção pelo vírus SARS-CoV-2, quadro que foi descrito como síndrome pós-COVID (RAVEENDRAN, *et al.*, 2021). Indivíduos cujos sintomas persistem por pelo menos 3 semanas após o início da doença podem ser classificados como pertencentes à síndrome pós-COVID (BRAGATTO, *et al.*, 2021). Tendo em vista que o número de sobreviventes da doença é vasto e muitos destes possuem sintomas como tosse, dispneia (termo clínico para falta de ar), fadiga, ageusia (perda do paladar), mialgia (termo clínico para dor muscular) que persistem por tempo indeterminado, alguns autores tratam a síndrome pós-COVID como sendo uma

espécie de segunda pandemia, portanto, é um tema que carece de mais pesquisas (MALTEZOU, *et al.*, 2021; FERNÁNDEZ-DE-LAS-PEÑAS, *et al.*, 2021).

Uma revisão sistemática realizada por Fernández-De-Las-Peñas (2021), estimou que 60% dos indivíduos sobreviventes do vírus SARS-CoV-2 apresentaram pelo menos um sintoma por mais de 30 dias após o início da doença.

A capacidade aeróbia é considerada o componente da aptidão física relacionado à saúde que representa a capacidade dos sistemas cardiovascular e respiratório de fornecer o oxigênio necessário ao longo de uma prática de atividade física (American College of Sports Medicine, 2000). A capacidade aeróbia determina a capacidade do indivíduo em realizar esforços de leves a moderados por tempo prolongado. A prática de esportes, tanto os individuais quanto os esportes coletivos, depende que o praticante apresente níveis elevados de capacidade aeróbia e, por consequência, indivíduos sedentários que iniciam um programa de atividades físicas/esportivas têm como adaptação o aumento da capacidade aeróbia. Além disso, as tarefas realizadas no dia-a-dia, tais como subir escadas, caminhar ou realizar trabalhos domésticos dependem de níveis adequados de capacidade aeróbia. De acordo com Caspersen *et al.* (1985), um baixo nível de aptidão cardiorrespiratória e inatividade física está associado a uma maior taxa de mortalidade por doenças crônico-degenerativas, como, doença arterial coronariana, hipertensão arterial, diabetes e até mesmo alguns tipos de câncer.

Os exercícios aeróbicos incluem atividades de média e longa duração com intensidade podendo oscilar entre leve e moderada, sendo realizados de forma rítmica e dinâmica contribuindo para o desenvolvimento do músculo cardíaco e dos demais componentes do sistema cardiorrespiratório, melhorando e mantendo a o estado de aptidão física atual (NAHAS, 2003). Segundo Fox e colaboradores (2005), a principal forma de se medir a aptidão aeróbia é por meio da aferição do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), a qual é realizada durante a submissão do indivíduo a um teste de esforço aeróbico em um ergômetro previamente calibrado, esse teste pode ser máximo ou submáximo, direto (ergoespirometria) ou indireto (FC, distância percorrida, velocidade final). Existem inúmeros protocolos de teste para aferição da também denominada, potência aeróbia máxima, e estes são escolhidos pelo profissional responsável pelo teste a partir de parâmetros tais como, idade, condicionamento físico prévio e a condição de saúde do avaliado. Indivíduos atletas treinados aerobicamente podem apresentar $VO_{2máx}$ cerca de duas vezes maior que indivíduos sedentários.

Além disso, fatores como genética, idade e histórico individual podem interferir no $VO_{2máx}$, (VASQUES, *et al.*, 2009). Por fim, é importante ressaltar que o $VO_{2máx}$ é o componente da aptidão física que apresenta maior associação com a saúde física geral das pessoas (STRASSER, *et al.*, 2018).

Durante a pandemia do COVID-19, foi observado que o nível de atividade física e do exercício físico da população mundial diminuiu significativamente (BEZERRA, *et al.*, 2020), mesmo com os possíveis benéficos que a atividade física oferece para um momento pandêmico, tais como manutenção das capacidades funcionais, redução de sintomas depressivos, melhora da função cardiorrespiratória, cognitiva, muscular e imunológica (CAMPBELL, 2018). Tendo em vista a importância das estratégias de isolamento social, espera-se que ele traga efeitos negativos tanto a nível psicológico quanto físico (JUNIOR, *et al.*, 2020). Dessa forma, a prática de atividade física possui extraordinária importância como mediadora de redução dos sintomas depressivos, comportamento sedentário e ansiedade (ZINK, *et al.*, 2020).

A inatividade física é caracterizada por uma condição em que o indivíduo não é capaz de atingir um volume mínimo de atividade física moderada e/ou vigorosa (HALLAL, *et al.*, 2012). Ao passo que, o comportamento sedentário é caracterizado por práticas de atividades de baixo gasto energético como por exemplo, ficar sentado ou deitado por várias horas ao longo do dia (OWEN, 2010). Sabendo que a aptidão aeróbia é, em grande parte, determinada pelo volume e intensidade das atividades físicas realizadas, é evidente que a inatividade e o sedentarismo impactam negativamente na capacidade aeróbia. Outro aspecto importante que está intimamente relacionado com a redução desta capacidade é o tempo de exposição às telas. Segundo Bidde (2017), a população vem passando um tempo excessivo na frente de notebooks, smartphones, TVs e isso favorece o comportamento sedentário. Além disso, ao longo dos séculos passados e do atual, principalmente em virtude das Revoluções Industriais, os avanços tecnológicos trouxeram muito conforto e velocidade na execução de tarefas profissionais e ocupacionais, o nível de atividade física da população mundial diminuiu acentuadamente (CHURCH, *et al.*, 2011). Todas as alterações no estio de vida, em conjuntam, mostram que embora a tecnologia tenha propiciado muitas possibilidades de interação entre as pessoas, trouxe também, em contrapartida, uma condição extremamente hostil para a saúde da população, pois os indivíduos não necessitam mais se exercitarem sobrevivem, o que é inerente a qualquer animal em sua *habitat* natural.

Segundo um estudo realizado por Costa *et al.*(2020), as medidas de distanciamento social corroboraram para uma redução nos níveis de atividade física durante a pandemia. Com o intuito de diminuir os níveis de sedentarismo da população, a OMS recomenda fortemente a prática de exercício físico durante a pandemia.

O comprometimento com uma rotina regular de exercícios físicos é fator chave para o combate do comportamento sedentário e manutenção e desenvolvimento de capacidades físicas, o que, conseqüentemente, fará com que o indivíduo tenha melhor qualidade de vida (CHEN, *et al.*, 2020).

Por se tratar de uma doença relativamente nova, pouco se sabe sobre os danos do COVID-19 a longo prazo. Entretanto, já existem evidências de alterações no sistema cardiorrespiratório nos casos mais graves da doença (SILVA, *et al.*, 2020). Essas disfunções podem ser caracterizadas como fadiga, dispnéia, fraqueza e dor (Associação de Medicina Intensiva Brasileira, 2020). Esses sintomas persistentes estão associados com a síndrome pós-COVID. Existem casos de anormalidades metabólicas e infecções no trato respiratório em pacientes que tiveram danos graves no sistema cardiorrespiratório durante o período de internação (BANSAL, 2020). Sabe-se que a capacidade aeróbia é determinada por fatores centrais, os quais envolvem o sistema nervoso central e o sistema autonômico, bem como os fatores periféricos, tais como o sistema cardiovascular, a ventilação e o metabolismo muscular. Considerando que a síndrome pós-COVID induz sintomas de prejuízo na função respiratória e possíveis alterações que envolvem o sistema nervoso central (fadiga e fraqueza muscular), é possível que esta síndrome resulte em diminuição significativa do consumo $VO_{2máx}$, principalmente em uma população já sedentária. Nós escolhemos verificar os efeitos da síndrome pós-COVID sobre o $VO_{2máx}$ por este ser um preditor forte e independente de mortalidade por todas as causas. Avaliamos também os impactos da síndrome sobre as respostas autonômicas em virtude destas apresentarem associação com a saúde cardiovascular.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Verificar, a partir de uma revisão sistemática, os efeitos da síndrome pós COVID-19 na capacidade aeróbica em indivíduos adultos.

2.2 Objetivos específicos

- Verificar, a partir de uma revisão sistemática, quais foram os possíveis efeitos da síndrome pós-COVID-19 no $VO_{2m\acute{a}x}$.
- Verificar, a partir de uma revisão sistemática, quais foram os possíveis efeitos da síndrome pós-COVID-19 nas respostas autonômicas cardiovasculares;
- Verificar, a partir de uma revisão sistemática, quais foram os possíveis efeitos da síndrome pós-COVID-19 na fadiga.

3 METODOLOGIA

O presente estudo é caracterizado como uma revisão sistemática que foi realizada entre os meses de junho e agosto de 2022. A pesquisa utilizou as plataformas Google Acadêmico e Medline/Pubmed para a busca dos artigos sem restrição de data como filtro. Nesse sentido, o termo “post covid” foi fixado na busca e foi feito um cruzamento com as seguintes palavras chaves: “ $VO_{2m\acute{a}x}$ ”, “exercise”, “physical activity”, “aerobic capacity”, “pulmonar capacity”, “endurance”, “performance”.

Após a busca, 289 artigos foram encontrados.

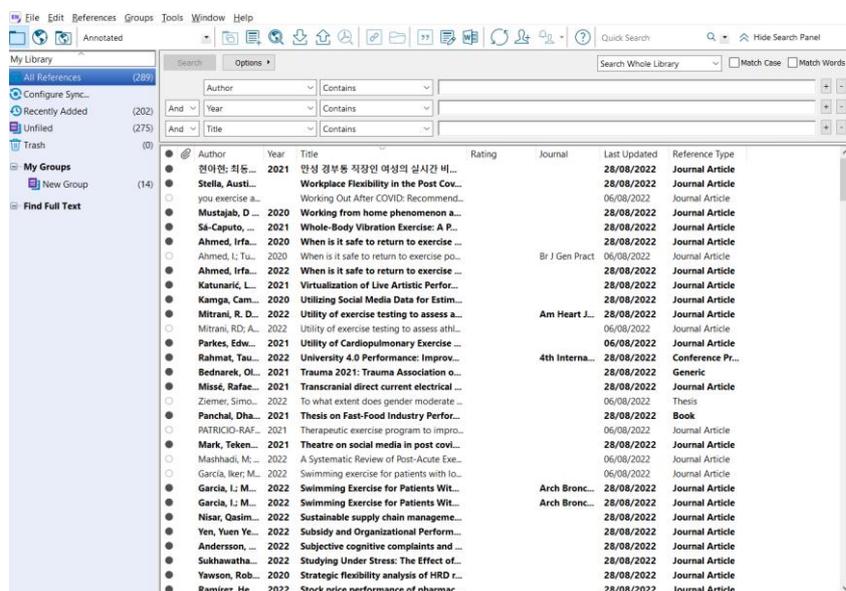


Figura 1: Software EndNote X9 2022

3.1 SELEÇÃO DOS ESTUDOS

Os critérios de inclusão adotados no presente estudo foram:

- Estudos realizados com adultos com faixa etária de 18 anos ou mais;
- Estudos que apresentem resultados de testes que envolvam parâmetros associados com a capacidade cardiorrespiratória dos indivíduos que apresentaram a síndrome pós-COVID.

Os critérios de exclusão adotados no presente estudo foram:

- Estudos que abordaram reabilitação cardiopulmonar;
- Estudos realizados com atletas;
- Não trouxeram dados quantitativos acerca do impacto do COVID-19 em alguma capacidade cardiorrespiratória;

Estudos de revisão, sumários, estudos de caso, cartas para o editor não foram incluídos na presente revisão sistemática, embora tal bibliografia seja consultada.

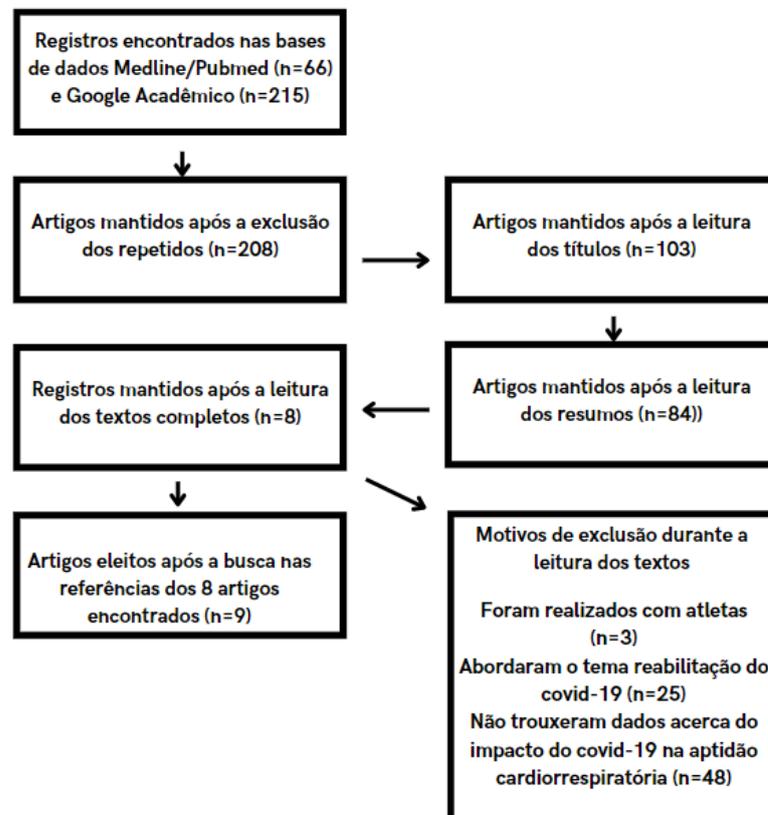


Figura 2: Fluxograma que resume o processo de seleção dos estudos experimentais para inclusão na revisão sistemática. Fonte: Acervo pessoal, 2022

Tabela 1: Apresentação das palavras chave utilizadas na seleção dos estudos nas bases de dados Google acadêmico e Medline/Pubmed

Palavras-chave	Google Acadêmico	Medline/ Pubmed
Post covid e Exercise	65	30
Post covid e Physical activity	38	17
Post covid e Aerobic capacity	1	0
Post covid e Pulmonar capacity	0	0
Post covid e VO ₂ máx	2	0
Post covid e Endurance	3	0
Post covid e Performance	106	19
Total	215	66

Fonte: Acervo pessoal, 2022, elaborado a partir da busca nas bases de dados

3.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva e foram expressos como percentual.

4 RESULTADOS

Quadro 1. Características gerais do estudo

Referência	Nº amostral (n), Idade (anos); sexo (F = feminino/ M = masculino);	Severidade dos sintomas do COVID-19	Efeitos na capacidade cardiorrespiratória, resposta autonômica e fadiga	Houve grupo controle?	Outros efeitos sobre a aptidão física
Dorelli et al. (2021)	n = 28; 55,3; 6/22	Graves (Houve hospitalização)	↔ VO ₂ máx; ↓ Respostas autonômica cardiovasculares; ↑ Fadiga; ↑ Dispneia	Não	---

Aparisi et al. (2020)	n = 70; 54,8; 45/25	Graves (Houve hospitalização)	↓ VO ₂ máx; ↓ Respostas autonômica cardiovasculares; ↑ Fadiga; ↑ Dispneia	Sim. Comparou indivíduos com síndrome pós covid com indivíduos sem sintomas persistentes	---
Rosen et al. (2022)	n = 50; 35,9; 34/16	Não foi dito, entretanto, todos os participantes possuem algum sintoma pós covid. 3 foram hospitalizados	Sem dados sobre o VO ₂ máx; Sem dados sobre a Respostas autonômica cardiovasculares; ↑ Fadiga; ↑ Dispneia	Não	Problemas de concentração, aumento nos sintomas de ansiedade, dor (mialgia)
Carter et al. (2022)	n = 32; 54; 32/0	Leves ou moderados	Sem dados sobre o VO ₂ máx; ↓ Respostas autonômica cardiovasculares; ↔ Fadiga; ↑ Dispneia	Sim. Comparou indivíduos com síndrome pós covid com indivíduos saudáveis	Distúrbios de humor, tensão, dor (mialgia), dor de garganta; Limitação nas atividades diárias
Campanario et al. (2022)	n = 168; 22,2; 39/129	Leves ou moderados	Sem dados sobre o VO ₂ máx; Sem dados sobre a Respostas autonômica cardiovasculares; ↑ Fadiga; ↑ Dispneia	Não	Aumento de sintomas de ansiedade e depressão, dor (mialgia), limitação nas atividades diárias em função de uma piora no quadro de saúde; redução no nível de atividade física
Aslan et al. (2020)	n = 77; 47,4; 63/14	Leves ou moderados	Sem dados sobre o VO ₂ máx;	Sim. Comparou	Limitação nas atividades

			Sem dados sobre a Respostas autonômica cardiovasculares; ↑ Fadiga; ↑ Dispneia	indivíduos com síndrome pós covid com indivíduos saudáveis	diárias e de socialização em função de uma piora no quadro de saúde; redução no nível de atividade física
Barbagelata et al. (2021)	n = 200; 48,8; 98/102	Leves ou moderados	↓ VO ₂ máx; ↓ Respostas autonômica cardiovasculares; ↑ Fadiga; ↑ Dispneia	Sim. Comparou indivíduos com síndrome pós covid com indivíduos sem sintomas persistentes	Redução no nível de atividade física
Freire et al. (2022)	N = 38; 27,7; 14/24	Leves ou moderados	Sem dados sobre o VO ₂ máx; ↓ Respostas autonômica cardiovasculares; ↑ Fadiga; ↑ Dispneia	Sim. Comparou indivíduos com síndrome pós covid com indivíduos sem sintomas persistentes	Aumento dos níveis de estresse, dor (mialgia)
Parkes et al. (2021)	n = 12; 45; 4/8	Graves (houve hospitalização)	↓ VO ₂ máx; ↓ Respostas autonômica cardiovasculares; ↑ Fadiga; ↑ Dispneia	Não	---

Legenda: VO₂máx = consumo máximo de oxigênio; ↑ = Aumento; ↓ = Redução; ↔ = Sem alteração; (---) = Não foi mencionado

Fonte: Acervo pessoal, 2022, elaborado a partir da análise dos estudos

O quadro 1 descreve os 9 estudos incluídos na presente revisão sistemática. A mesma apresenta o número de indivíduos de cada estudo, idade, gênero, gravidade da doença, os efeitos sobre a aptidão cardiorrespiratória e outros efeitos provocados pela doença. Somando o número de participantes dos 9 estudos foi encontrado um total de 675. Deste total, 340 são do sexo masculino e 345 são do sexo feminino.

Quadro 2. Gravidade dos sintomas

Artigos	Sintomas leves e moderados	Sintomas graves
Aparisi (2020)		X
Aslan (2020)	X	
Barbagelata (2021)	X	
Campanario (2022)	X	
Carter (2022)	X	
Dorelli (2021)		X
Freire (2022)	X	
Parkes (2021)		X
Rosen (2022)	---	---

Fonte: Acervo pessoal, 2022, elaborado a partir da análise dos estudos

O quadro 2 representa os artigos e a severidade dos sintomas de COVID-19 presentes na amostra. Vimos que, dentre os artigos que apresentam esse aspecto, 62,5% (5 em 8) lidaram com indivíduos com sintomas leves ou moderados. E 31,5% (3 em 8) lidaram com indivíduos com sintomas graves, embora em todos os estudos os indivíduos tenham apresentado a síndrome pós-COVID.

Quadro 3. Gravidade da doença x Sintomas

Artigos	Grau de severidade da doença	Efeito nos parâmetros associados com a capacidade aeróbia
Aparisi (2020)	Grave	↓ VO _{2máx} ; ↑ Fadiga; ↓ Pressão diastólica em repouso; ↓ FC máx; ↑ Dispneia
Dorelli (2021)	Grave	↔ VO _{2máx} ; ↓ Eficiência ventilatória no exercício; ↓ FC em repouso; ↑ Fadiga ↔ Dispneia
Parkes (2021)	Grave	↓ VO _{2máx} ; Sem dados sobre as respostas autonômicas cardiovasculares; ↑ Fadiga; ↑ Dispneia
Aslan (2020)	Leve ou moderado	Sem dados sobre VO _{2máx} ; Sem dados sobre as respostas autonômicas cardiovasculares; ↑ Fadiga; ↑ Dispneia
Barbagelata (2021)	Leve ou moderado	↓ VO _{2máx} ; ↓ FR máx;

		↓LA; ↑ Fadiga; ↑Dispneia
Campanario (2022)	Leve ou moderado	Sem dados sobre o $VO_{2m\acute{a}x}$; Sem dados sobre as respostas autonômicas cardiovasculares; ↑ Fadiga ↑Dispneia
Carter (2022)	Leve ou moderado	Sem dados sobre $VO_{2m\acute{a}x}$; ↑ Pressão arterial diastólica; ↑ Duplo produto aumentado; ↔ Fadiga; ↑ Dispneia
Freire (2022)	Leve ou moderado	Sem dados sobre $VO_{2m\acute{a}x}$; Balanço autonômico alterado; ↓ Atividade parassimpática (em obesos); ↑ atividade parassimpática no grupo controle que realiza práticas regulares de atividade física; variabilidade na frequência cardíaca; ↑ Fadiga; ↑Dispneia
Rosen (2022)	Não foi especificado	Sem dados sobre $VO_{2m\acute{a}x}$; Sem dados sobre as respostas autonômicas cardiovasculares; ↑ Fadiga; ↑Dispneia

Legenda: $VO_{2m\acute{a}x}$ = consumo máximo de oxigênio; $FC_{m\acute{a}x}$ = Frequência cardiotorrespiratória;

LA= Limiar anaeróbio; FR = Frequência; ↑ = Aumento; ↓= Redução; ↔ = Sem alteração

Fonte: acervo pessoal, 2022, elaborado a partir da análise dos estudos

O quadro 3 apresenta os efeitos da síndrome pós-COVID na aptidão aeróbia e o grau de severidade da doença. Dentre os artigos que apresentaram dados sobre o $VO_{2m\acute{a}x}$ 60% apresentaram redução. Com relação as respostas autonômicas cardiovasculares, todos os artigos que trataram sobre esse tópico apresentaram alguma redução nos parâmetros. Por fim, com os dados apresentados, nota-se que a fadiga aumentada é algo comum entre aqueles indivíduos com síndrome pós-COVID.

Quadro 4. Comparação entre indivíduos com síndrome pós-COVID e indivíduos sem sintomas persistentes

Diferença entre indivíduos com síndrome pós-COVID (SPC) e indivíduos sem sintomas persistentes (SSP)					
Artigos	VO _{2máx}	Frequência cardíaca máxima	Frequência respiratória máxima	Pressão arterial	Fadiga
Aparisi (2020)	SPC ↓	SPC ↓	---	Pressão diastólica de repouso em indivíduos SPC ↓	SPC ↑
Barbagelata (2021)	SPC ↓	---	SPC ↓	↔	SPC ↑
Freire (2022)	---	SPC ↓	---	↔	SPC ↑

Legenda: SPC = Síndrome pós-COVID; VO_{2máx} = consumo máximo de oxigênio; ↑ = Aumento; ↓ = Redução; ↔ = Sem alteração; (---) = Não foi mencionado

Fonte: acervo pessoal, 2022, elaborado a partir da análise dos estudos

O quadro 4 descreve os 3 artigos que realizaram uma comparação direta entre um grupo controle (saudável de idade equivalente) com um grupo com síndrome pós COVID-19. Os dados mostram que todos os artigos que compararam VO_{2máx}, frequência cardíaca e frequência respiratória apresentaram perda de capacidade funcional pós doença. Enquanto na pressão arterial, apenas 1 dos 3 artigos mostrou piora nesse parâmetro.

5 DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo foi que os indivíduos acometidos com a síndrome pós-COVID, independentemente da gravidade dos sintomas apresentados na presença do vírus, demonstraram evidências de diminuição da capacidade aeróbia. De fato, um maior percentual dos estudos consultados na presente revisão mostraram reduções significativas do VO_{2máx}, alterações do balanço autonômico e fadiga acentuada induzida pela síndrome. Em conjunto, as análises do presente estudo sugerem que investigações mais abrangentes e detalhadas em termos de mecanismos são necessárias.

5.1 Efeitos do COVID-19 no $VO_{2m\acute{a}x}$

Com base nos nossos resultados, notou-se a existência de tendência para que aqueles indivíduos que apresentaram síndrome pós-COVID tenham uma redução no $VO_{2m\acute{a}x}$, sobretudo naqueles indivíduos que tiveram sintomas mais graves da doença. Conforme apresentado no quadro 3, 60% dos artigos que avaliaram o $VO_{2m\acute{a}x}$ mostraram redução. Entre os artigos que estudaram indivíduos acometidos com sintomas graves da doença essa taxa foi ainda maior, cerca de 67%. Tal redução do $VO_{2m\acute{a}x}$ está associada com aumento na taxa de mortalidade em outros contextos (BALADY, *et al.*, 2010).

Aparisi *et al.*(2020) realizaram um teste de esforço cardiopulmonar (CPET), os dados obtidos pelos autores em pacientes com síndrome pós-COVID com insuficiência ventilatória sugerem incompatibilidade da ventilação pulmonar em função de uma vasculopatia pulmonar, que corresponde a um processo inflamatório na parede dos vasos que pode levar a isquemia e hemorragia pulmonar, e também redução da capacidade de difusão do monóxido de carbono (DLCO), o que está de acordo com os achados de Zhao *et al.*(2020).

Barbagelata *et al.*(2021), foram responsáveis pela primeira pesquisa que separou os indivíduos, todos eles infectados pelo vírus SARS-CoV-2, em dois grupos, um grupo com síndrome pós-COVID e um outro grupo que não teve sintomas persistentes. Esses indivíduos foram submetidos ao CPET e os resultados corroboram com o trabalho de Aparisi *et al.*(2020), o qual também percebeu redução nos valores de $VO_{2m\acute{a}x}$ nos indivíduos com síndrome pós-COVID. Os achados de Poole *et al.*(2008) apontam que a redução do $VO_{2m\acute{a}x}$ não é decorrente do covid-19 isoladamente. Estes autores realizaram uma meta-análise com 28 artigos e constataram que um quarto dos pacientes hospitalizados por síndrome respiratória aguda apresentaram capacidade pulmonar e a capacidade de se exercitar diminuída por pelo menos 6 meses pós-alta.

Segundo Poole *et al.*(2008), o $VO_{2m\acute{a}x}$ representa a capacidade combinada do sistema pulmonar, cardíaco e muscular em captar, transportar e utilizar O_2 . Corroborando com o autor, o quadro 1 mostra que 77,8% dos estudos presentes nessa revisão mostram diminuição da capacidade funcional, mialgia, estresse e a

redução do volume de atividade física, o que pode estar interferindo diretamente nos valores de $VO_{2máx}$.

No estudo de Barbagelata *et al.*(2021), os indivíduos com síndrome pós-COVID tiveram cinco vezes mais dificuldade na realização do CPET em relação aos indivíduos sem sintomas persistentes. Essa dificuldade se deve principalmente a um quadro mais severo de dispneia, o que está de acordo com todos os artigos selecionados para esta revisão.

Córtex-Telles *et al.*(2021) examinaram os mecanismos fisiológicos de dispneia persistente em sobreviventes não críticos de COVID-19. O achado sugere que pacientes com dispneia persistentes apresentam maiores prejuízos nas trocas gasosas pulmonares de repouso e esforço e também apresentam um distúrbio ventilatório restritivo. Esse aumento do padrão restritivo pode ter influenciado as maiores taxas de dispneia e fadiga localizada observadas durante o CPET. Segundo os autores, indivíduos com síndrome pós-COVID estão mais suscetíveis a apresentarem maiores restrições na expansão do volume corrente, hipoxemia de esforço, padrão respiratório mais rápido e superficial e níveis mais altos de impulso neural respiratório durante o CPET. O quadro de dispneia persistente foi observado tanto em indivíduos que apresentaram estado grave quanto naqueles que estiveram em estado leve ou moderado da doença, o que corrobora com os achados do quadro 1. Diante disso, Córtex-Telles *et al.*(2021), sugerem que a síndrome pós-COVID pode estar associada não só a uma possível alteração ventilatória, mas também a um componente de fraqueza muscular ou alteração de percepção de esforço.

5.2 Efeitos do COVID-19 sobre as respostas autonômicas cardiovasculares.

A partir dos dados obtidos no quadro 3, percebe-se que todos artigos que investigaram as respostas autonômicas cardiovasculares encontraram algum índice de disfunção autonômica, o que corrobora com os achados de Stute *et al.*(2021). Este último concluiu que jovens adultos apresentaram um quadro de disfunção autonômica pós-COVID-19. Esse estudo utilizou de um método invasivo para avaliar a modulação nervosa simpática muscular e os resultados obtidos foram semelhantes ao estudo de Freire *et al.*(2021) que avaliou os mesmos componentes por meio de um método não invasivo.

As alterações prolongadas na função autonômica podem estar associadas a um quadro inflamatório sistêmico persistente observado na fase pós viral. Esses achados podem ser atribuídos ao aumento do estado de inflamação gerado durante a infecção por covid-19, bem como a infusão direta de citocinas inflamatórias (Guillmot, *et al.*, 2021). De acordo com Stute *et al.*(2021), esses mecanismos são muitas vezes caracterizados por aumento da modulação simpática cardíaca. Para Freire *et al.*(2021), o estresse oxidativo e a subsequente liberação de citocinas inflamatórias que acompanham a infecção pelo vírus SARS-CoV-2 poderia explicar as alterações no balanço autonômico, que apresentou maior componente espectral simpática com redução simultânea do componente vagal, indicando que os indivíduos com síndrome pós-COVID estavam em condições de estresse autonômico aumentando-o.

Segundo Aparisi *et al.*(2020), a fadiga, a falta de ar e as palpitações podem ser provenientes de uma disfunção autonômica nos sobreviventes de COVID-19. Corroborando com os dados apresentados, Dorelli *et al.*(2021) observaram uma recuperação mais lenta da frequência cardíaca, o que sugere retardo no controle simpático intrínseco cardíaco entre indivíduos com síndrome pós-COVID. Aparentemente, a causa dessa disfunção autonômica não é clara, mas sugere-se que ocorra uma infecção provocada por uma lesão endotelial que causa uma ativação anormal do sistema nervoso parassimpático.

Conforme visto no quadro 3, todos os indivíduos que tiveram piora na função do sistema autonômico também apresentam fadiga, o que está em acordo com os achados de Freire *et al.*(2022), que chegaram à conclusão de que disfunções autonômicas promovem interferência na qualidade de vida e em aspectos neurocognitivos. Dentre todos os artigos contidos no quadro 4, todos eles apresentam perda na capacidade funcional da amostra, e além disso, 66,7% apresentaram sintomas de caráter psicológico, como estresse, distúrbios de humor, ansiedade, depressão e maior sensibilidade a dor, corroborando mais uma vez, com os achados de Freire *et al.*(2022).

Como discutido por Dani *et al.*(2021), sabe-se que o COVID-19 tem a capacidade de afetar diferentes órgãos e sistemas de maneiras distintas. Partindo desse ponto, Freire *et al.*(2021) investigaram o impacto da doença na função autonômica de jovens e buscaram relacionar os dados obtidos com massa corporal. A partir dessa pesquisa, foi constatado uma tendência de que indivíduos com sobrepeso/obesos tenham os níveis de atividade parassimpática significativamente

reduzidos em comparação com indivíduos eutróficos, além disso, a disfunção autonômica também sofreu impactos negativos em função da massa corporal (Quadro 3). Dessa forma, espera-se que a inflamação crônica causada pela obesidade somado ao COVID-19 desencadeie uma desregulação autonômica em pacientes com sobrepeso/obesidade.

5.3 A fadiga induzida pelo COVID-19

Conforme observado no quadro 3, percebe-se que sintomas de fadiga são comumente percebidos em indivíduos que foram infectados pelo SARS-CoV-2. Entre os artigos buscados, 88,9% apontaram para um aumento na percepção subjetiva de fadiga. Segundo Pires (2012), a fadiga corresponde ao aumento da percepção de esforço durante a realização do exercício físico associado a reduções em sua intensidade ou sua interrupção.

Segundo Iwu *et al.*(2021), a fadiga está entre os principais sintomas desencadeados pelos pacientes pós-COVID, juntamente de falta de ar, tosse, distúrbios de sono, dor, fraqueza, dificuldade de concentração, palpitações cardíacas, dor de garganta e transtornos de ansiedade. Estes dados estão de acordo com o quadro 1 da presente revisão.

Barbagelata *et al.*(2021) especulam que aqueles indivíduos com síndrome pós-COVID apresentam maior prejuízo nas trocas gasosas pulmonares, tanto em estado de repouso quanto em estado de esforço, além de possuírem maior evidência de padrão restritivo na espirometria. O fato de haver dificuldade nas trocas gasosas

Hill *et al.*(1924), verificaram um aumento da concentração de ácido láctico nos músculos esqueléticos de humanos, perceberam que os músculos estavam contraindo sem o suprimento de oxigênio necessário, dessa forma, surgiu a ideia de que a falta de oxigênio nos músculos em contração pode limitar o desempenho físico. Corroborando om os dados encontrados por Barbagelata *et al.*(2021), o qual também apresentou redução significativa no limiar anaeróbico (Quadro 1).

A relação entre a sensação de fadiga apresentada pelos indivíduos acometidos com síndrome pós-COVID e uma possível redução da capacidade aeróbia reside no fato de que o sistema nervoso central processa as informações aferentes dos inúmeros receptores periféricos, tais como, os quimiorreceptores pulmonares, mecanorreceptores cardíacos e musculares. É possível a atividade aferente destes

receptores, principalmente os cardiopulmonares e musculares esteja aumentada nos indivíduos com a síndrome, portanto, a percepção de esforço e a sensação de cansaço será maior nesses indivíduos, culminando em redução da capacidade aeróbia, visto que a mesma também depende da sinalização aferente destes mesmos receptores periféricos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo mostrou a existência de evidências significativas que a síndrome pós-COVID possa induzir redução na capacidade aeróbia em virtude de alterações na capacidade cardiopulmonar, no balanço autonômico e na percepção cerebral do esforço.

REFERÊNCIAS

American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 6th ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 2000

Associação de Medicina Intensiva Brasileira. Manuseio do paciente com infecção pelo coronavírus COVID-19 e pneumonia e insuficiência respiratória pelo comitê de ventilação mecânica da AMIB. São Paulo: AMIB;2020:1-5

Balady, G.J.; Arena, R.; Sietsema, K.; Myers, J.; Coke, L.; Fletcher, G.F.; Forman, D.; Franklin, B.; Guazzi, M.; Gulati, M.; et al. Clinician's Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults. *Circulation* 2010, 122, 191–225.

Bansal M. Cardiovascular disease and COVID-19. *Diabetes Metab Syndr Clin Res Rev.* 2020;14(3):247–50. [citado em 2020 mar 25]

Bragatto M. G., Almeida B. M. de, Sousa G. C. de, Silva G. A., Pessoa L. de S. G., Silva L. K., Amorim L. B., Bar S. F., & Sousa V. T. de. (2021). Estudo das sequelas neuroanatômicas associadas à Síndrome Pós-COVID-19. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, 13(12), e8759.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil, 1988. Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988. 292 p.

BRASIL. LEI No 12.527, de 18 de novembro de 2011. Regula o acesso a informações previsto no inciso xxxiii do art. 5o, no inciso ii do § 3o do art. 37 e no § 2o do art. 216 da constituição federal; altera a lei no 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a lei no 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da lei no 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências.

Caspersen CJ, Powell KE, Christensen GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep* 1985;100:126-31.

CHAVES, Cláudia Maria das Graças; ANDRADE, Pablo De Oliveira. O comércio em Mariana: um estudo das posturas da câmara no século xviii. In: CHAVES, C. M. das G.;

Church TS, Thomas DM, Tudor-Locke C, Katzmarzyk PT, Earnest CP, Rodarte RQ, Martin CK, Blair SN, Bouchard C. Trends over 5 decades in U.S. occupation-related physical activity and their associations with obesity. PLoS One. 2011;6(5):e19657.

Dani, M.; Dirksen, A.; Taraborrelli, P.; Torocastro, M.; Panagopoulos, D.; Sutton, R.; Lim, P.B. Autonomic dysfunction in long COVID: Rationale, physiology and management strategies. Clin. Med. 2021, 21, e63–e67.

DOS SANTOS VASQUES, Fábio et al. Consumo máximo de oxigênio (VO₂ MAX) em atletas amadores de futebol durante o período de competição. RBFF-Revista Brasileira de Futsal e Futebol, v. 1, n. 1, p. 7, 2009.

FERNÁNDEZ-DE-LAS-PEÑAS C, et al. Prevalence of Post-COVID-19 Symptoms in Hospitalized and Non-Hospitalized COVID-19 Survivors: A Systematic Review and Meta-Analysis. European Journal of Internal Medicine, 2021.7

FIGUEIREDO, A. N. de, *et al.* O efeito da idade relativa no judô: uma análise das olimpíadas da juventude de Nanjing. American Journal of Sports Training, v. 3, p. 1-8, 2016.

FOX EL, Matheus DK. Bases fisiológicas da Educação Física e dos Desportos. 3ª Ed. Editora interamericana, 2000

GRIZE, J. B. Psicologia genética e lógica. In: BANKS-LEITE, L. (Org.). Percursos piagetianos. São Paulo: Cortez, 1997. p. 63-76.

Guilmot, A.; Maldonado Sloopjes, S.; Sellimi, A.; Bronchain, M.; Hanseeuw, B.; Belkhir, L.; Yombi, J.C.; De Greef, J.; Pothen, L.; Yildiz, H.; et al. Immune-Mediated

neurological syndromes in SARS-CoV-2-infected patients. *J. Neurol.* 2021, 268, 751–757.

Iwu CJ, Iwu CD, Wiysonge CS. The occurrence of long COVID: a rapid review. *Pan Afr Med J.* 2021 Jan 20;38:65

LOPEZ-LEÓN, S. et al. (2021, enero 30). More than 50 Long-term effects of COVID-19: a systematic review and meta-analysis.

MALTEZOU H, et al. Post-COVID Syndrome: An Insight on Its Pathogenesis. *Vaccines*, 2021; 9(5): 497.

Nahas MV. Atividade física, saúde e qualidade de vida: conceitos e sugestões para um estilo de vida ativo. 3ª ed. Londrina: Midiograf, 2003.

PAIVA, G. J. Dante Moreira Leite: um pioneiro da psicologia social no Brasil. *Psicologia USP*, São Paulo, v. 11, n. 2, jul./ago. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/>. Acesso em: 12 mar. 2011.

PERPETUO, Irineu Franco. Texto em forma de música. Entrevistado: Felipe Lara. *Concerto*, São Paulo, v. 25, n. 264, p. 14-15, set. 2019.

PIRES, M. do C.; Magalhães, S. M. de. (Orgs.). Casa de vereança de Mariana: 300 anos de história da Câmara Municipal. Ouro Preto: Ed. UFOP, 2012. 308p.

PIRES, W. O desempenho físico em ambientes temperado e quente é diminuído pela ausência das aferências provenientes dos barorreceptores arteriais. 2012.

Poole DC, Wilkerson DP, Jones AM. Validity of criteria for establishing maximal O₂ uptake during ramp exercise tests. *Eur J Appl Physiol*. 2008;102:403–10.

Cortés-Telles A, López-Romero S, Figueroa-Hurtado E, Pou-Aguilar YN, Wong AW, Milne KM, et al. Pulmonary function and functional capacity in COVID-19 survivors with persistent dyspnoea. *Respir Physiol Neurobiol*. 2021 Jun;288:103644

Silva RMV, Sousa AVC. Fase crônica da COVID-19: desafios do fisioterapeuta diante das disfunções musculoesqueléticas. *Fisioter em Mov*. 2020;33:2–4.

SILVA, V. A.; ANDRADE, L. H. C. Etinobotânica Xucuru: espécies místicas. *Biotemas*, Florianópolis, v. 15, n. 1, p. 45-57, 2002.

STRASSER, B.; BURTSCHER, M.: Survival of the fittest VO₂max a key predictor of longevity?. *Frontier in Bioscience*, 2018, 1505 – 1516.

Stute, N.L.; Stickford, J.L.; Province, V.M.; Augenreich, M.A.; Ratchford, S.M.; Stickford, A.S.L. COVID-19 is getting on our nerves: Sympathetic neural activity and haemodynamics in young adults recovering from SARS-CoV-2. *J. Physiol*. 2021, 599, 4269–4285.

RAVEENDRAN, A.V.; JAYADEVAN, R.; SASHIDHARAN, S. Long COVID: an overview. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 2021.

WANG, F. et al. Epidemiological characteristics of patients with severe COVID-19 infection in Wuhan, China: evidence from a retrospective observational study. *International journal of epidemiology*, v. 49, n. 6, p. 1940-1950, 2020.

Zhao, Y.-M.; Shang, Y.-M.; Song, W.-B.; Li, Q.-Q.; Xie, H.; Xu, Q.-F.; Jia, J.-L.; Li, L.-M.; Mao, H.-L.; Zhou, X.-M.; et al. Follow-up study of the pulmonary function and

related physiological characteristics of COVID-19 survivors three months after recovery. *EClinicalMedicine* 2020, 25, 100463.