

Ana Paula Leão Maia Fonseca

**Sono, Atividade Física e Aptidão Física em Crianças e
Adolescentes**

Orientadora: Professora Doutora Rute Marina Santos

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Faculdade de Educação Física e Desporto

Lisboa

2021

Ana Paula Leão Maia Fonseca

Sono, Atividade física e Aptidão Física em Crianças e Adolescentes

Tese de doutoramento defendida em provas públicas para a obtenção do grau de Doutor em Educação Física e Desporto, na Especialidade de Atividade Física e Saúde, conferido pela Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, com o Despacho N° 87 /2021, com a seguinte composição de Júri:

Presidente: Prof. Doutor Jorge dos Santos Proença Martins, Professor Catedrático e Diretor da Faculdade de Educação Física e Desporto - ULHT, por delegação do Reitor da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias;

Vogais: Prof. Doutor António João Labisa da Silva Palmeira, Professor Associado da Faculdade de Educação Física e Desporto, ULHT;

Prof.^a Doutora Carla Marisa Maia Moreira, Investigadora do Centro de Investigação em Atividade Física e Saúde (CIAFEL), da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto;

Prof. Doutor César Agostinis-Sobrinho, Professor Titular da Faculty of Health Sciences, Klaipeda University, Lithuania;

Prof. Doutor Fernando Mazzilli Louzada, Professor Titular do Departamento de Fisiologia da Universidade Federal do Paraná;

Prof. Doutor Francisco Alberto Arruda Carreiro da Costa, Professor Catedrático da Faculdade de Educação Física e Desporto, ULHT;

Orientadora: Prof.^a Doutora Rute Marina Roberto dos Santos, Investigadora-Coordenadora da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto;

Co-orientadora: Prof.^a Doutora Carolina Virginia Macêdo de Azevedo - Universidade Federal do Rio Grande do Norte (membro não integrante do júri)

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Faculdade de Educação Física e Desporto

Lisboa

2021

Fonseca, A.P.L.M. (2021). Sono, Atividade Física e Aptidão Física em Crianças e Adolescentes. Tese versão provisória para defesa pública para o grau de doutor em Educação Física e Desporto em Atividade Física e Saúde. Faculdade de Educação Física e Desporto, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias. Lisboa, Portugal.

Dedicatória

Dedico ao meu esposo Sid Junior e nossos filhos Bernardo, Ana Júlia e Sarah. Sou eternamente grata a vocês, meu maior legado, meu tesouro. Como aprendo com cada um, no seu jeitinho de ser, nas palavras, nos olhares, no sorriso, nos gestos, nos beijos e abraços, nos carinhos, no falar e no silêncio também. Quero ser para vocês àquela que ama sem reservas, que luta pelos seus, que defende, que ensina, que compreende e que ama à Deus acima de todas as coisas. Por vocês, eu não mato, mas, eu morro. Amo, na essência da palavra amor.

Agradecimentos

A presente tese foi possível devido ao grande apoio, orientação e empenho de pessoas mui queridas que, direta ou indiretamente, contribuíram para que essa etapa se concretizasse. Desta forma, gostaria de expressar os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que transformaram um sonho em realidade:

A Deus, primeiramente, toda honra e todo glória, pela sua bondade, refrigério nos momentos de aflição, luz quando o caminho parecia não ter fim e a certeza da sua poderosa mão em não me fazer desistir e olhar para trás.

À minha orientadora Professora Doutora Rute Santos, pelos grandes e brilhantes ensinamentos em cada orientação, apoio e encorajamento nos momentos mais difíceis que apareceram ao longo da caminhada. Fazendo uma retrospectiva, posso dizer que na primeira palestra que a ouvi falar, no início do doutoramento, eu disse: “essa professora é Top das galáxias”. Na segunda vez que a ouvi falar, já numa sala e não em auditório, quando falou sobre sono, em uma das pesquisas realizadas, coleí nela, andando na calçada até a universidade (porque estávamos em outro bloco), porque sabia quão ocupada era e que até de mala estava para um outro compromisso, e eu insistentemente marcando um encontro para conversarmos, logo no primeiro ano do curso. Quando tudo, de fato, se concretizou, e foi nos dada a informação que ali seria a hora das orientações, começamos, pode dizer, um tanto tímidas, mas, logo fomos mostrando o quão aceleradas no falar e falantes somos, eu bem mais, hahaha. Obrigada pela paciência, compreensão e aprendizado garantido a cada conversa e reunião. Guardarei em meu coração seus ensinamentos, carinho e respeito, além de uma grande admiração do seu trabalho, competência e resiliência, Rute! Muito obrigada!

À minha co-orientadora Professora Doutora Carolina Azevedo, Carol, você continua tendo filhos e filhas adotivos com o passar dos anos. Quando eu chegava acelerada, você reduzia minha marcha para que eu curtisse a paisagem na caminhada e não na corrida (entendedores entenderão, rs), quando eu chegava desanimada, você me encorajava e fazia-me lembrar de que tudo fazia parte de um processo e amadurecimento na construção de um todo. Quando eu pensava que não conseguiria, você me fazia lembrar quão determinada e persistente nos meus objetivos eu sempre fui, desde o mestrado. Obrigada por ter me dado ‘sim’ e confiado em mim. Levarei para sempre em meu coração a sua leveza nos ensinamentos, a sua incansável paciência e humildade, e a sua invejável competência, Carol! Muito obrigada mesmo!

Ao meu amado esposo Sid Júnior, pela cumplicidade, amor, apoio, grande ideia (foi ele quem me apresentou esse doutoramento), tantos incentivos, paciência nos dias de estresse, além de dar aquele apoio TOTAL com as crianças em meio a uma pandemia que chegou sem pedir licença. Te amo, Mozão! Você foi peça fundamental para que eu conseguisse concluir esse doutoramento. Tantas saídas com as crianças de casa para que pudesse me concentrar, me reunir, estudar e escrever. O tempo que ficou cuidando dos meninos em Lisboa, um lugar novo, diferente e desafiador na chegada com três crianças, enquanto eu estava em uma grande jornada de aulas e mais aulas. Chegava tão tarde, com todos dormindo, e saía com todos ainda dormindo, mas com todas as refeições prontas e os bilhetinhos espalhados, rs. Tantas ligações e facetimes ao longo do dia, nos meus intervalos, para saber como estavam e dar instruções em tudo. Foi muito gratificante para nós 5 o tempo que passamos juntos e para nosso amadurecimento e fortalecimento em família. Quando eu queria voltar, porque não conhecia nada, não sabia nem onde encontrar um espremedor de alho, kkkkkk, acreditem, o meu veio do Brasil por meu cunhado que me trouxe. Cozinhei carne moída de miúdos (sim, aqui no Brasil chamamos as vísceras de animais, de miúdos. Hahahaha. Calma, portugueses! rrsrs), e joguei toda no lixo, até hoje não sei que carne era aquela que eu comprei... hahahaha... Chegamos no primeiro dia do ano, e encontramos tudo fechado, claro. Foi assustador sobreviver por um dia com uma lata de atum e um pacote de macarrão que eu tinha trazido na mala, além de umas bolachas que havia restado. Hehehe. Mas, estamos aqui contando história de mais uma aventura. Depois nos apaixonamos pela cidade e voltamos lá já com tantos lugares que conhecemos (tudo bem que o tempo só deu para conhecer muitos supermercados, mercados, padarias, parques, 1º de maio ficamos famosos lá, hahaha, e shoppings. Ah! E Belém! Sim! Comemos o famoso pastel de Belém, e não de nata, kkkkkk, ainda dou boas risadas com esse fato). E, amamos e hoje somos apaixonados. Cidade deliciosa de viver e morar!

Aos meus filhos, minha herança, meu maior tesouro, Bernardo, Ana Júlia e Sarah pela enorme paciência e compreensão em muitos momentos que precisei estar ausente ou mesmo estressada e vocês nunca tiveram culpa disso, de que eu me estressasse com vocês, por tentar me concentrar e escrever. Perdoem mamãe! Quando, tantas vezes, não podia desfrutar de momentos de lazer ao lado de vocês, para me dedicar aos estudos. E vocês três me ajudaram e MUITO. “Psiu! Silêncio, Sarah, mamãe tá estudando, e ela precisa de concentração pra poder brincar com a gente mais tarde ou ver um filme ou descer pra andar e passear”. “Bernardo, baixa esse jogo que vai atrapalhar mamãe”. “Ana Júlia e Sarah, parem de brigar por besteira, que mamãe vai se assustar com esse choro aí”. “Mãe, você tá trabalhando demais, dá uma

pausa pra você. Quer uma massagem nas pernas?”. “Mãe, posso te contar uma história?”. Mãe, seu almoço estava uma delícia, trouxe seu prato aqui e lavei toda a louça pra você”. “Mãe, temos uma surpresa pra você: a casa está toda arrumada. Agora você não vai ter mais o que fazer e se cansar depois de estudar e trabalhar”. “Mãe, eu te amo! (quando eu realmente precisava ouvir aquela frase naquele momento”. “Mãe, obrigada por cuidar tão bem da gente, quando você tem tanta coisa do seu doutorado e trabalho pra fazer e está aqui comigo, cuidando de mim”. “Mãe, você ainda está acordada? (ganhava um beijo e iam dormir novamente”. “Mãe, você da aula hoje até que horas?”. “Mãe, você vai trabalhar no computador de novo hoje?”. Frases e sentimentos como esses que estou tentando passar aqui pra quem está lendo, são de fato um pouquinho do que eles representam pra mim: DÁDIVA! O tempo que vivemos em Lisboa, nas férias de vocês, amamos, e vocês foram DEMAIS da conta, meus filhos! Que paciência! Que renúncia para que mamãe estudasse. Tanto tempo dentro de um apartamento de um quarto (no momento era o que podíamos ter), por não conhecer e terem receio de sair sem mim no início de nossa chegada. Vocês foram incríveis, meus amores! Passar por tudo, sem reclamar, ainda ficar doentes, no frio que pegamos sem costume, rs, sem mamãe poder está grudadinha ao lado de vocês o tempo todo como eu amo estar. Depois, desfrutamos, em minhas folgas, de passeios ao ar livre, de brincadeiras e comidinhas gostosas, de muitas caminhadas, né?? Hahahaha. De carregar sacolas do pingo doce, hehehe.. Mamãe ama mais que tudo e não vivo um dia sequer sem vocês ao meu lado, um carinho, um olhar, um aconchego, as arengas, o barulho dentro de casa, a bagunça e reclamações, rsrs, as boas e prolongadas risadas, as brincadeiras, a alegria que transborda, nossos momentos de devocional em família, aprendendo do que temos de mais rico: a palavra de Deus. Ahhh!! Vocês três em minha vida, meus amores, são meu maior legado! É tanto amor, que transborda a todo tempo, o tempo todo. Amo até o infinito!

Aos meus familiares, meu pai (*in memoriam*), meu herói, exemplo de homem de caráter e íntegro, tão inteligente e ao mesmo tempo tão reconhecedor que sem Deus nada era, que nos deixou tão cedo por uma enfermidade tão agressiva que chega devastando, mas, sempre nos ensinou que a vontade de Deus é boa, perfeita e agradável, ainda que não entendamos o porquê.

À minha mãe (meu exemplo de viver), mulher forte e guerreira, serva de Deus, que ficou viúva aos 43 anos com três adolescentes e teve que lutar e nos guiar sem seu apoio, nosso pai, por perto. Do que já passastes, mãe, sei que sua vida é um milagre. Você exala o bom perfume de Cristo e a paz que habita em você é àquela que excede todo entendimento. Quero

um dia chegar perto de ser para os seus netos o que você representa pra mim. Te amo mais que ontem e te amarei mais que amanhã, mãe!

Aos meus irmãos, Juliana e Paulo, vocês são incríveis! Não conseguimos viver sem ter um ao outro. A nossa união nos permite passar por tantas coisas e nos fortalecermos ainda mais. Muito obrigada por cada palavra, por cada ajuda quando precisei, por cada incentivo e por acreditarem em mim. Amo pra sempre!

Dani, minha cunhada, pelas palavras de força e apoio a cada conversa, pelo incentivo e torcida em todo tempo. Obrigada, cunhada! Ao meu cunhado Wesley (*in memoriam*), que nos deixou tão precocemente, sei que essa conquista alegraria seu coração. Aos amados sobrinhos Sofia, Victória, Lucas e Olívia, titia ama cada um de vocês! Sei que essa conquista os faz sentir a mesma felicidade que a minha. Nossa família é minha base, meu alicerce, e exemplo de vida. Privilégio e presente de Deus ter vocês ao meu lado em todos os momentos vividos. E como já passamos por tanta coisa. Mas, juntos, somos mais fortes com a graça de Deus em nós!

À Fonseca, por torcer junto e incentivar sempre que eu chegaria até o fim dessa caminhada. Minha sogra, meu sogro, cunhados, cunhadas e sobrinhos. Muito obrigada!

Ao Professor Doutor Francisco Carreiro da Costa, em todo momento se fez presente em me atender e responder de imediato meus inúmeros e-mails, esclarecer minhas dúvidas, enviar documentos necessários, sempre com muito respeito, profissionalismo e empatia. Tenho uma enorme admiração pelo profissional e ser humano que és, Professor!

A todos os professores ligados, direta ou indiretamente, à Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, que por nós se empenharam em trazer os mais diversos ensinamentos em todas as disciplinas do doutoramento.

Às colegas Maria Luiza e Sabinne pela parceria nessa caminhada. Vocês foram fundamentais. Muito obrigada!

À minha querida amiga de doutoramento, Débora Martins, levarei comigo essa amizade que construímos ao longo do doutoramento. Que alegria poder ter tido a oportunidade de te conhecer e saber que sempre tínhamos uma a outra para encorajar, desabafar, rir, construir e reconstruir.

À toda equipe escolar do Brasil e Portugal, que abriram as portas para que inúmeras pesquisas pudessem ser realizadas, discentes e docentes, brasileiros e portugueses, sem eles não teríamos conseguido chegar mais perto da ciência.

Por fim, e não menos importante, agradeço a todos que de forma direta ou indireta se dispuseram para que esse trabalho pudesse ser concretizado.

Resumo

Na adolescência, o sono, uma necessidade básica do ser humano, tem uma enorme influência na saúde. A presente tese tem como objetivo estudar associação entre o sono, a atividade física e a aptidão cardiorrespiratória em adolescentes.

A tese está organizada em três partes diferentes. A Parte I procurou introduzir os conceitos fundamentais e estabelecer o objetivo geral da tese considerando temáticas em torno do sono, atividade física e aptidão física, em crianças e adolescentes. Adicionalmente, esta parte do trabalho inclui uma descrição detalhada das amostras estudadas, bem como das metodologias utilizadas nos diversos estudos realizados. A Parte II desenvolve-se a partir dos estudos realizados e visa: (i) sumarizar as associações da duração e qualidade do sono e aptidão física em crianças e adolescentes; (ii) investigar a associação da duração e qualidade do sono com a atividade física em adolescentes brasileiros.; (iii) investigar a associação entre a aptidão física e a duração do sono, em adolescentes portugueses; e (iv) analisar a associação da duração do sono com a aptidão cardiorrespiratória em adolescentes portugueses ao longo de dois anos. A secção final, Parte III, compreende uma síntese geral dos quatro estudos, suas principais conclusões e as limitações e recomendações para pesquisas futuras.

A análise dos principais resultados dos estudos realizados mostraram que: (i) períodos mais longos de sono noturno e melhor qualidade do sono foram associados a níveis mais elevados de aptidão física em adolescentes, mas não em crianças; (ii) quanto mais cedo se inicia e termina a atividade física e quanto maior a sua duração/semana, menor foi a irregularidade no início do sono de adolescentes brasileiros; (iii) meninos que cumprem as recomendações do sono, nos dias de escola, apresentaram maior aptidão cardiorrespiratória; (iv) meninas que cumpriram as recomendações do sono, na semana inteira e nos finais de semana, apresentaram melhor aptidão cardiorrespiratória e, meninos que dormiram abaixo das recomendações do sono tiveram grande probabilidade de terem pior aptidão cardiorrespiratória, em estudo longitudinal.

Em suma, os resultados desta tese destacam a relevância dos parâmetros do sono em associação com a atividade e aptidão física em crianças e adolescentes.

Palavras-chave: adolescentes, crianças, qualidade do sono, duração do sono, atividade física e aptidão física.

Abstract

In adolescence, sleep, a basic human need has an enormous influence on health. This thesis aimed to study the relationship between sleep, physical activity and cardiorespiratory fitness in adolescents.

This thesis is organized in three different parts. Part I introduces the fundamental concepts and establishes the general objective of the thesis considering themes around sleep, physical activity and physical fitness in children and adolescents. Additionally, this part includes a detailed description of the samples studied, as well as the methodologies used in the various studies. Part II presents the studies that were carried out aiming at: (i) summarizing the associations between sleep duration and quality and physical fitness in children and adolescents; (ii) investigating the association of sleep duration and quality with physical activity in Brazilian adolescents; (iii) investigating the association between physical fitness and sleep duration in Portuguese adolescents; and (iv) analyzing the association between sleep duration and cardiorespiratory fitness in Portuguese adolescents over two years. The final section, Part III, comprises a general summary of the four studies, main conclusions, as well as limitations and recommendations for future research.

Results showed that: (i) longer periods of night sleep and better quality of sleep were associated with higher levels of physical fitness in adolescents, but not in children; (ii) the earlier the physical activity begins and ends, and the longer its duration/week, the lower was the irregularity in the early sleep of Brazilian adolescents; (iii) boys who complied with the sleep recommendations, on school days, had higher cardiorespiratory fitness; (iv) girls who complied with the sleep recommendations, over the whole week and on weekends had better cardiorespiratory fitness; and, boys who slept less than recommended were more likely to have worse cardiorespiratory fitness, in a longitudinal study.

In short, the results of this thesis highlight the relevance of sleep parameters in association with activity and physical fitness in children and adolescents.

Keywords: Adolescents, Children, Sleep, Sleep duration, Physical Activity and Physical Fitness.

Índice de Abreviaturas

CSV: Ciclo Sono Vigília

SWC: Sleep-Wake Cycle

HDL: High Density Lipoprotein

REM: Rapid Eye Movement

NREM: Non-Rapid Eye Movement

EEG: Eletroencefalograma

LABMED PHYSICAL ACTIVITY STUDY: Análise Longitudinal de Biomarcadores e Determinantes Ambientais da Atividade Física

ALPHA: Assessing Levels of Physical Activity

PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyse

PICO: Population, Intervention, Comparator and Outcome

STROBE: STrengthening the Reporting of OBServational studies in Epidemiology

BMI: Body Mass Index

QST: Quality of Sleeping Time

CRF: Cardiorespiratory Fitness

WASO: Wake Time After Sleep Onset

WHO: World Health Organization

GLM: General Linear Model

FAS: Family Affluence Scale

ÍNDICE GERAL

| | |
|--|-----------|
| AGRADECIMENTOS | 9 |
| RESUMO..... | 13 |
| ABSTRACT..... | 15 |
| CAPÍTULO I | 25 |
| INTRODUÇÃO E ENQUADRAMENTO TEÓRICO..... | 25 |
| Sono na Adolescência | 27 |
| Atividade Física, Aptidão Física e Sono..... | 33 |
| Objetivos | 34 |
| Referências | 36 |
| CAPÍTULO II | 41 |
| MÉTODO | 43 |
| 2.1. Participantes | 43 |
| 2.2. Análise Estatística | 44 |
| 2.3. Referências Bibliográficas | 45 |
| CAPÍTULO III | 47 |
| ESTUDO I | 49 |
| Estudo I - Sleep and health-related physical fitness in children and adolescents: a Systematic Review | 49 |
| ABSTRACT..... | 51 |
| INTRODUCTION | 52 |
| METHODS | 54 |
| RESULTS | 56 |
| DISCUSSION | 61 |
| REFERENCES | 64 |
| CAPÍTULO IV | 69 |
| ESTUDO II | 71 |
| Estudo II - Association between sleep duration and quality with physical activity in adolescents..... | 71 |

| | |
|--|------------|
| ABSTRACT..... | 73 |
| INTRODUCTION | 74 |
| METHODS | 76 |
| RESULTS | 79 |
| DISCUSSION | 83 |
| REFERENCES..... | 87 |
| CAPÍTULO V..... | 95 |
| ESTUDO III | 97 |
| Estudo III - Associação da aptidão física com a duração do sono em adolescentes: um estudo transversal do LabMed Physical Activity Study..... | 97 |
| RESUMO | 99 |
| INTRODUÇÃO | 100 |
| MÉTODOS | 103 |
| RESULTADOS | 106 |
| DISCUSSÃO | 112 |
| REFERÊNCIAS | 115 |
| CAPÍTULO VI | 123 |
| ESTUDO IV | 125 |
| Estudo IV - Associação da aptidão física com a duração do sono em adolescentes: um estudo longitudinal do LabMed Physical Activity Study..... | 125 |
| RESUMO | 127 |
| INTRODUÇÃO | 128 |
| MÉTODOS | 131 |
| RESULTADOS | 135 |
| DISCUSSÃO | 139 |
| REFERÊNCIAS | 141 |
| CAPÍTULO VII | 147 |
| DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÕES FINAIS | 147 |
| Síntese de Resultados, Discussão Geral e Conclusões Finais | 149 |
| Limitações dos Estudos e Recomendações | 152 |
| REFERÊNCIAS | 154 |

Índice de Tabelas

| | |
|---|------------|
| Capítulo II - Método | 41 |
| Tabela 2.1 Características básicas de cada estudo | 44 |
| Tabela 2.2 Análise Estatística utilizada em cada estudo..... | 45 |
| | |
| Capítulo III - Estudo I | 47 |
| Table 1 - Summary of included studies | 57 |
| Table 2 - Risk of Bias of the included studies | 59 |
| | |
| Capítulo IV - Estudo II | 71 |
| Table 1 - Means and standard deviation of sleep variables of high school students on the week and weekend | 80 |
| Table 2 - GLM model - Analysis of the effects of the start, finish and duration (min/week) of physical activity on sleep parameters | 81 |
| Table 3 - GLM Model - Analysis of the effects of the start, finish and duration (min/week) of physical activity on sleep quality | 82 |
| | |
| Capítulo V - Estudo III | 95 |
| Tabela 1 - Caracterização geral dos adolescentes | 108 |
| Tabela 2 Modelo GLM - Análise de efeitos da duração do sono na aptidão cardiorrespiratória (n° percursos) dos adolescents, por sexo -..... | 108 |
| Tabela 3 - Modelo GLM - Análise de efeitos da duração do sono na aptidão cardiorrespiratória (VO _{2máx}) dos adolescents, por sexo | 109 |
| | |
| Capítulo VI - Estudo IV | 125 |
| Tabela 1 - Caracterização geral dos adolescentes no início e no final do estudo..... | 137 |
| Tabela 2 - Associação entre a duração do sono e a aptidão cardiorrespiratória dos adolescentes, por sexo..... | 138 |

Índice de Figuras

| | |
|--|-----------|
| Capítulo III - Estudo I | 47 |
| Figura 1. Flow chart of studies selection process | 56 |

Índice de Gráficos

| | |
|---|------------|
| Capítulo V - Estudo III | 95 |
| Gráfico 1 - Duração do sono e aptidão cardiorrespiratória (nº de percursos) dos adolescentes | 110 |
| Gráfico 2 - Duração do sono e VO2máx (média) dos adolescentes | 111 |

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO E ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Este capítulo visa apresentar os conceitos fundamentais sobre as temáticas centrais da tese, considerando a literatura em torno do sono, atividade e aptidão física na adolescência. Inicialmente serão apresentados os processos do ciclo sono e vigília, suas características e a ontogênese do sono na adolescência. Adicionalmente, será apresentada uma perspectiva geral sobre a atividade e a aptidão física na adolescência, bem como a relação dessas temáticas com a duração e a qualidade do sono, e sua relevância na saúde do adolescente. Por último, serão apresentados os objetivos.

Sono na Adolescência

O sono é uma necessidade humana básica (Willingham, 2013) e é definido como um estado comportamental reversível, bem como uma amálgama complexa de processos fisiológicos e comportamentais (Carskadon & Dement, 2011). O sono humano é separado por duas fases: o sono REM (Movimento Rápido dos Olhos) e o sono NREM (“Não REM”- Não Movimento Rápido dos Olhos), que se alternam ciclicamente ao longo de um episódio de sono, ou seja, um adulto, ao longo de uma noite, experimenta esses estágios de quatro a seis vezes (Carskadon & Dement, 2011).

O sono NREM é convencionalmente subdividido em quatro estágios definidos ao longo do eletroencefalograma (EEG) e tem características bem definidas que inclui um eletroencefalograma cortical síncrono variável (EEG; incluindo fusos do sono, complexos K e ondas lentas) associado a um baixo tônus muscular e atividade psicológica mínima. Assim, uma definição abreviada do sono NREM é um cérebro relativamente inativo, embora ativamente regulado, em um corpo móvel. O sono REM geralmente não é dividido em estágios, embora os tipos tônico e fásico do sono REM ocasionalmente são distinguidos para determinados fins de pesquisa. É caracterizado por um EEG dessincronizado, os músculos são atônicos e o sonho é típico. Uma definição abreviada de sono REM, portanto, é um cérebro ativado em um corpo paralisado (Carskadon & Dement, 2011).

Um padrão noturno de sono em humanos maduros começa em NREM e progride através de estágios NREM mais profundos (estágios 2, 3 e 4) antes do primeiro episódio de sono REM, que ocorre aproximadamente 80 a 100 minutos depois. Posteriormente, o sono NREM e um ciclo de sono REM com um período de aproximadamente 90 minutos. Depois, o sono NREM estágios 3 e 4 concentram-se em ciclos iniciais de NREM e episódios de sono REM prolongam-se ao longo da noite (Carskadon & Dement, 2011).

Mudanças relacionadas à idade também são previsíveis: crianças recém-nascidas entram no sono REM (chamado sono ativo) antes do sono NREM (denominado sono tranquilo) e têm um ciclo de sono mais curto (aproximadamente 50 minutos). Conforme o cérebro amadurece, esse comportamento vai modificando. Ao nascer, o sono ativo é aproximadamente 50% de sono total e diminui nos primeiros 2 anos para aproximadamente 20% a 25%. As ondas lentas do sono NREM não estão presentes ao nascimento, mas surge nos primeiros 2 anos. O sono de ondas lentas (estágios 3 e 4) diminui ao longo da adolescência em 40% a partir dos anos pré-adolescentes e continua um declínio mais lento na velhice, especialmente nos homens e menos nas mulheres. O sono REM, como uma porcentagem do sono total, é de aproximadamente 20% a 25% em toda infância, adolescência, idade adulta e até a velhice, exceto na demência (Carskadon & Dement, 2011).

Sabemos que durante o sono muitos dos principais órgãos do corpo e sistemas regulatórios continuam a trabalhar ativamente (Carskadon, 2011; Hirshkowitz, 2015), assim como uma avaliação clara das características normais do sono fornece uma base sólida e um modelo para compreender as condições clínicas em que as características “normais” estão alteradas, bem como interpretar certas consequências dos distúrbios do sono (Carskadon & Dement, 2011).

A adolescência é uma fase com características próprias e definidas, como a autonomia e construção da identidade, marcada pelo início da puberdade em que há alterações na aparência física e capacidade de reprodução, impactando o desenvolvimento psicológico e social do adolescente (Brand & Kirov, 2011). Assim como, um período de novos direitos, privilégios e responsabilidades, além de mudanças na relação com a família, a escola e grupos de pares (Fonseca, 2012). Portanto, uma fase de maturação puberal com inúmeras transformações (Crowley et al., 2018) associadas a modificações fisiológicas e comportamentais (Bauducco et al., 2016; Fuligni et al., 2019; Wang & Yip, 2020). As diretrizes propostas pela *National Sleep Foundation* nos EUA são consistentes com as diretrizes Australianas (AUGov, 2019) e Canadianas (Tremblay et al., 2016), recomendando que os adolescentes com menos de 14 anos durmam entre 9-11h por dia e adolescentes com mais de 14 anos durmam, em média, 8-10h por dia, para um desenvolvimento saudável (Hirshkowitz et al., 2015).

Um dos marcos comportamentais da adolescência é o atraso nos horários de dormir e acordar, bem como uma maior necessidade de sono em comparação à idade adulta, porém menor em comparação à infância (Carskadon et al., 2011; Andrade et al., 1993; Hagenauer et al., 2009). Os fatores sociais favorecem o atraso nos horários de sono (Bjorvatn & Pallesen,

2009), como maior autonomia sobre os horários de sono (Loessl et al., 2008), socialização via redes sociais (Lemola et al., 2014), extensão da vigília para cumprir obrigações académicas (Carskadon, 1997), maior acesso e tempo de uso de “dispositivos eletrônicos” (Bartel, Gradisar, & Williamson, 2015; Calamaro et al., 2009; Oliveira, 2016), assim como o aumento na exposição à luz à noite associado a essas situações (Gellis & Lichstein, 2009; Calamaro et al., 2009; Van der Lely et al., 2015). Por outro lado, os horários escolares matutinos, que atuam como um forte sincronizador dos horários de acordar nos dias de semana (Andrade et al., 1993), reduzem a duração do sono e promovem uma irregularidade nos horários de sono entre a semana e fim de semana (Valdez et al., 1996; Andrade et al., 1993; Crowley et al., 2018).

Porém, o atraso no horário de sono na adolescência não está ligado apenas a fatores sociais que interferem de maneira acentuada na espécie humana (Carskadon, 2011), mas também a aspectos biológicos (Andrade et al., 1993; Carskadon, Acebo & Jenni 2004). O atraso de fase está relacionado a modificações ligadas à fase púbere, de modo que adolescentes mais maduros, de acordo com os estágios de maturação de Tanner (1976), apresentam horários de sono mais tardios (Andrade et al., 1993; Carskadon et al., 1993). Há hipóteses de que o atraso é decorrente de modificações nos processos de regulação do Ciclo Sono e Vigília (CSV) (Crowley et al., 2018; Carskadon et al., 2011) afetando a expressão do ritmo dos adolescentes (Crowley et al., 2007).

O ciclo sono vigília (CSV) apresenta regulação circadiana, ou seja, possui periodicidade de cerca de 24h, que em condições naturais sincroniza a fatores ambientais, tendo como base o ciclo claro e escuro, modulando a alternância entre a vigília e o sono. Desta forma, a vigília é mantida durante o dia e o sono à noite em seres humanos (Borbély, 1982; Borbély et al., 2016). Além da regulação circadiana (“processo C”), o sono e a vigília apresentam regulação homeostática (“processo S”), que se baseia na regulação da duração de sono e de vigília vivenciada pelo indivíduo (Borbély, 1982; Borbély et al., 2016). Sabe-se que estes mecanismos tendem a se complementar e interagir entre si. Assim, no início da manhã, os dois processos induzem menor propensão ao sono, permitindo a manutenção da vigília (Borbély, 1982; Borbély et al., 2016). Com o decorrer do dia, a pressão ao sono aumenta de acordo com o processo homeostático, mas, o circadiano ainda apresenta alta propensão ao alerta, e consequentemente à vigília. À noite, os dois processos demonstram elevada propensão ao sono, que enfim acontece. O sono é mantido no decorrer da noite por sua alta propensão pelo processo circadiano, mesmo enquanto a propensão ao sono pelo processo

homeostático cai (Borbély et al., 2016).

Este modelo de regulação do CSV geralmente é descrito tendo como base um indivíduo adulto. Todavia, há evidências de que esta regulação ocorre de forma diferente em adolescentes (Andrade et al., 1993, Carskadon et al., 1993; Crowley et al., 2015; Owens, 2014). De acordo com algumas hipóteses, modificações no processo circadiano induziriam a um alongamento do período endógeno dos osciladores do organismo dos adolescentes (Carskadon, 2011; Crowley et al., 2014; Hagenauer et al., 2009). Outras hipóteses propõem que as modificações neste processo acarretam mudanças na sensibilidade do sistema circadiano à exposição à luz (Carskadon et al., 2004; Crowley et al., 2014, 2015). A hipótese que relaciona o atraso de fase do sono em adolescentes com modificações no componente homeostático indica que existe uma lentidão no processo de aumento à propensão ao sono ao longo da vigília, permitindo ao adolescente permanecer acordado por mais tempo espontaneamente. Isto contribui para uma maior exposição à luz a noite atrelada aos comportamentos influenciados pelos fatores sociais (Crowley et al. 2015; Hummer & Lee, 2016), levando ao atraso no horário de dormir.

Neste contexto, o desalinhamento entre o tempo biológico e o tempo social, comum em adolescentes, se torna mais frequente à medida que a preferência de horários para realização de atividades se torna cada vez mais tarde (Carskadon et al., 2001). Isto favorece a um quadro de privação de sono associado a irregularidade nos horários de sono entre semana e fim de semana, o que ocasiona, a curto prazo, aumento no cansaço (Van den Bulck, 2004), na sonolência diurna e prejuízos cognitivos (Carskadon, 2011; Crowley et al., 2018). A longo prazo, desenvolvimento de distúrbios do sono (Blask, 2009), síndromes metabólicas e problemas cardiovasculares (Owens, 2014), obesidade (Chaput et al., 2016a; Miller et al., 2018) e menor qualidade de vida (Carskadon, 2011; Chaput et al., 2016).

Sabe-se que a intensidade do atraso de fase do sono pode variar de acordo com a idade e o estágio do desenvolvimento puberal, pois adolescentes mais velhos, mais maduros, apresentam maior atraso de fase; bem como as variações individuais referentes ao cronotipo, que possuem base genética e estão relacionadas às preferências individuais quanto aos horários de dormir e acordar (Andrade et al., 1993; Carskadon et al., 1993; Carskadon & Dement, 2011; Jenni & Carskadon, 2009; Owens, 2014).

Além disso, os fatores comportamentais sofrem grandes mudanças na adolescência atrasando ainda mais o sono. Segundo Bjorvatn e Pallesen (2009), fatores comportamentais podem exercer grande força sobre a regulação do CSV por meio dos processos circadiano e

homeostático. Desta forma, mesmo que os dois processos indiquem alta propensão ao sono, por exemplo, alguns comportamentos favorecem a vigília (Bjorvatn & Pallesen, 2009). Mudanças de cunho comportamental e social são bastante comuns na adolescência (Carskadon, 2011; Crowley et al., 2018; Pyper, Harrington, & Manson, 2017). Como mencionado anteriormente, a adolescência está associada ao início de maior independência à autoridade dos pais, permitindo ao jovem escolher os próprios horários de dormir, que geralmente passam a acontecer mais tarde (Crowley et al., 2018). Isto alcança novas proporções no contexto atual, com a popularização da internet e de aparelhos eletrônicos portáteis cada vez mais fáceis de serem levados para qualquer lugar, inclusive a cama, tais como: celulares, tablets e computadores (Carskadon, 2011). Isto pois, a presença da luz em momentos específicos pode ter um efeito ativador agudo, modulando o CSV durante curtos intervalos de tempo; bem como pode modificar a expressão dos ritmos, possuindo um efeito cronobiológico (Crowley et al., 2015). Ao ser ministrada à noite, principalmente próximo ao horário de dormir, a exposição à luz artificial, como a luz elétrica e a de dispositivos eletrônicos, atrasa o ritmo, sendo comportamentos conhecidos por atrasar o início do sono, além de estar relacionados a distúrbios do sono (Bjorvatn & Pallesen, 2009; Gellis & Lichstein, 2009; Crowley et al., 2015).

O uso de aparelhos eletrônicos pode ainda estar atrasando o horário de dormir através da atividade executada e/ou pelo conteúdo experienciado pelo adolescente. O assunto de uma conversa ou o tema de um filme, série ou jogo, dentre outros, pode ser interessante o suficiente a ponto de causar a inibição de marcadores fisiológicos relacionados ao sono, aumentando o alerta fisiológico (Cajochen et al., 2011; Figueiro et al., 2013; Orzech et al., 2015). Além disso, o uso de aparelhos eletrônicos à noite está relacionado a qualidade ruim de sono, que é uma característica bastante comum para esta faixa etária (Oliveira, 2016). Zhou e colaboradores (2011) mostram que, na China, a qualidade ruim de sono em adolescentes está relacionada principalmente ao uso de TV e computadores à noite; assim como com o horário de início das aulas pela manhã e grandes quantidades de atividades escolares. A privação e a má qualidade de sono promove um aumento na sonolência diurna. No fim de semana, há um aumento na duração do sono como um mecanismo de compensação homeostático há privação de sono durante a semana (Carskadon, 2011). Esse padrão de restrição e extensão do sono entre semana e fim de semana é acompanhado de uma irregularidade nos horários de sono (Valdez et al., 1996; Andrade et al., 1993; Crowley et al., 2018). Neste contexto, o acordar na segunda-feira é um ‘desafio temporal’, para os

adolescentes que estudam pela manhã, já que necessitam levantar em horários em que o organismo está naturalmente preparado para o sono (Carskadon, 2011; Owens, 2014). A irregularidade nos horários de sono pode ser acentuada ao ponto de promover a dessincronização de ritmos biológicos, como o CSV e o ritmo de liberação de hormônios, como o hormônio de crescimento, dentre outros (Wittmann et al., 2006).

Em estudo pioneiro com crianças e adolescentes colombianos (n=8000) com idades entre 9-17 anos, foi explorada a relação da duração e distúrbios do sono (auto relatos) e a presença de elementos da síndrome metabólica. Neste estudo, observou-se que meninos que apresentavam duração do sono adequada tinham menor risco de altos índices glicêmicos em comparação com os que relataram uma menor duração de sono. Ainda, quando comparado jovens sem problemas relacionados ao sono, àqueles que relataram sonolência diurna excessiva tiveram menores níveis de HDL e meninas com sonolência diurna excessiva foi associado a aumento dos níveis de triglicédeos. Enquanto uma má qualidade do sono foi associada a baixos níveis de HDL, sugerindo a importância clínica de melhorar a higiene do sono para reduzir os fatores de risco em crianças e adolescentes (Pulido-Arjona et al., 2018).

Por outro lado, dormir mais que o recomendado tem merecido atenção como um potencial fator de risco em crianças e adolescentes. Lowry et al. (2012) descreveu a associação da obesidade com a duração de sono auto-relatada em uma noite escolar ao analisado dados da Pesquisa Nacional de Comportamento de Risco Juvenil em uma amostra representativa de 30.451 alunos do ensino médio nos EUA. Esses autores observaram que meninas que dormiram mais que 9-10h tiveram aumento da probabilidade de obesidade, em comparação àquelas que dormiram 7h (Lowry et al., 2012).

Além da associação com a obesidade, a alta prevalência de sono insuficiente entre os adolescentes tem mostrado efeitos na obesidade e na função neuro-comportamental, ou seja, problemas no humor e na cognição, tais como na atenção e memória. Além de aumentos associados a acidentes com veículos motorizados e desempenho escolar prejudicado. Esse cenário fornece razões para a promoção de intervenções relacionadas a duração e qualidade do sono entre adolescentes (Marshall, Glozier, & Grunstein, 2008).

Portanto, a literatura fornece evidências de que tanto dormir em excesso (Léger et al., 2014; Marshall et al., 2008), como ter um sono insuficiente (Marshall et al., 2008; Owens, 2014) está associado à obesidade (Léger et al., 2014; Lowry et al., 2012; Marshall et al., 2008), a problemas psiquiátricas (Léger et al., 2014), à menor aptidão cardiorrespiratória e riscos cardiovasculares à saúde (Owens, 2014).

Atividade Física, Aptidão Física e Sono

De acordo com as recomendações de atividade física da OMS, as crianças e adolescentes necessitam de pelo menos 60 minutos de atividade física moderada a vigorosa por dia que sejam agradáveis, apropriadas ao desenvolvimento e que envolvam diversos tipos de atividades (WHO, 2020; ACSM, 2018). Na escola, a educação física e o intervalo oferecem oportunidades para alcançar esse objetivo e influenciar os adolescentes na participação em atividades físicas.

Os benefícios da atividade física regular na saúde são bem documentados em crianças e adolescentes e se sabe que sua prática regular reduz o risco de doenças crônicas e adquiridas pelo estilo de vida na idade adulta (Poitras et al., 2016; Rögnvaldsdóttir et al., 2018). Entre estes, sabe-se que níveis de atividade física adequados e regulares promovem melhorias no padrão e qualidade do sono e são chaves na promoção da saúde (Dolezal et al., 2017; Ge et al., 2019; Gillis & El-Sheikh et al., 2019). Entretanto, apesar do consenso de que tanto a duração e qualidade de sono adequadas quanto a atividade física são essenciais para a manutenção da saúde, apenas recentemente houve crescente interesse por pesquisas acerca do impacto da atividade física no sono em adolescentes (Kredlow et al., 2015; Dolezal et al., 2017; Ge et al., 2019; Gillis & El-Sheikh et al., 2019; Master et al., 2019).

Assim como se sabe que a exposição a luz solar seja considerada o regulador mais importante do sistema circadiano em mamíferos (Meijer, Michel & Vansteensel 2007), estudos indicaram que a atividade física produz efeitos sincronizadores (Mistlberger & Skene 2005; Buxton et al., 2003), pela capacidade de modificar a expressão dos ritmos circadianos. Entretanto, existem algumas controvérsias sobre os momentos em que o sistema circadiano responderia ao aumento do exercício físico desencadeando avanços de fase (Youngstedt, Elliott & Kripke, 2019; Buxton et al., 2003; Atkinson et al. 2007).

Enquanto Buxton et al., (2003) observaram avanços de fase em resposta a atividade física de alta intensidade realizado no início da noite; Piercy & Lack (1988), em estudo pioneiro na área do sono e atividade física, relataram avanço de fase no ritmo da temperatura e menor latência para o 1º episódio de sono REM em resposta a atividade física realizada pela manhã em indivíduos expostos à luz solar em relação ao realizado no fim da tarde e início da noite. No entanto, Lang et al. (2016) numa revisão sistemática relativamente recente, mostra que em nove dos vinte e um estudos incluídos, altos níveis de atividade física, maioria em atletas, impactam negativamente o sono de adolescentes.

Em adolescentes brasileiros observamos que a realização de exercícios físicos pela manhã não promoveu mudanças significativas nos padrões e na qualidade do sono, possivelmente devido a uma grande irregularidade no CSV nos finais de semana, bem como a disponibilidade para maiores frequências e durações do exercício físico ter sido limitada (Maia, Sousa & Azevedo, 2011). Estudo recente observou em 411 adolescentes islandeses, em que menos da metade cumpria as recomendações de atividade física diária e menos ainda (22,9%) atingiu a duração do sono recomendada de acordo com a avaliação objetiva por meio do uso de acelerômetros (Rögnvaldsdóttir, et al., 2018).

Estes enfatizam a necessidade de avaliar e encontrar estratégias eficazes para aumentar a atividade física nos adolescentes (Kriemler et al., 2011), visto que há evidências que sugerem que os níveis de atividade durante a adolescência podem fazer “tracking” à idade adulta (Hayes et al., 2019) e a inatividade física em adultos foi estabelecida como um dos principais fatores de risco para comorbidades e mortalidade (WHO, 2020).

Relativamente à aptidão física, alguns estudos indicaram que elevada aptidão cardiorrespiratória e força muscular estão associadas com menores fatores de risco de doenças em jovens saudáveis, melhor qualidade de vida e estado de boa saúde em jovens saudáveis e não-saudáveis (Ortega et al., 2008).

Um estudo recente mostrou que níveis mais baixos de aptidão física e atividade física abaixo das recomendações estão associados à pior qualidade do sono em uma grande amostra de 2.100 jovens (Štefan, Krističević, & Sporiš, 2018). Da mesma forma, a má qualidade do sono tem sido associada a níveis mais baixos de resistência muscular, flexibilidade e aptidão cardiorrespiratória em jovens (Chang & Chen, 2015).

Neste contexto, listamos abaixo os objetivos da presente tese.

Objetivos

Os objetivos da tese foram:

- (i) explorar e sumarizar as evidências na associação da duração do sono e qualidade do sono e a aptidão física (aptidão cardiorrespiratória e muscular) em crianças e adolescentes escolares;
- (ii) verificar a associação entre atividade física e os parâmetros do sono (horários de dormir e acordar e duração do sono, suas irregularidades e a qualidade do sono) em adolescentes Brasileiros;

(iii) avaliar a associação entre duração do sono (os que dormem abaixo do recomendado; os que atendem as recomendações e os que dormem acima do recomendado) com a aptidão cardiorrespiratória, num corte transversal e em outro longitudinal, em adolescentes Portugueses.

Referências

- ACSM. (2018). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. (M. et al. . . Riebe, D., Ehrman., J. K., Liguori, G., Magal, Ed.), Choice Reviews Online (10Th Ed). Wolters Kluwer. <https://doi.org/10.5860/choice.35-6295>
- Andrade, M., Benedito-Silva, A.A., Domenice, S., Arnhold, I. J., Menna-Barreto, L. . (1993). Sleep Characteristics of A Longitudinal Study Adolescents. *Journal of Adolescent Health*, 14, 401–406. Retrieved from <https://teensneedsleep.files.wordpress.com/2011/04/andrade-et-al-sleep-characteristics-of-adolescents-a-longitudinal-study.pdf>
- Andrade, M. M. M. (1997). Padrões temporais das expressões da sonolência em adolescentes. Retrieved from http://download.springer.com/static/pdf/875/art%3A10.1023%2FA%3A1004249629643.pdf?auth66=1386967415_1b3aa8506e5849567a964c404329aafc&ext=.pdf%5Cnpapers2://publication/uuid/EBF607C7-76DF-487D-B598-9884F41398EC
- Atkinson, G., Edwards, B., Reilly, T., & Waterhouse, J. (2007) Exercise as a synchroniser of human circadian rhythms: An update and discussion of the methodological problems. *European Journal of Applied Physiology*, 99, 331-341.
- AUGov. (2019). Australian 24-Hour Movement Guidelines for Children and Young People (5–17 years): An Integration of Physical Activity, Sedentary Behaviour, and Sleep.
- Barker, A. R., Gracia-Marco, L., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., Aparicio-Ugarriza, R., González-Gross, M., ... Moreno, L. A. (2018). Physical activity, sedentary time, TV viewing, physical fitness and cardiovascular disease risk in adolescents: The HELENA study. *International Journal of Cardiology*, 254, 303–309. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.11.080>
- Bartel, K. A., Gradisar, M., & Williamson, P. (2015). Protective and risk factors for adolescent sleep: A meta-analytic review. *Sleep Medicine Reviews*, 21, 72–85. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2014.08.002>
- Bauducco, S. V., Flink, I. K., Jansson-Fröjmark, M., & Linton, S. J. (2016). Sleep duration and patterns in adolescents: correlates and the role of daily stressors. *Sleep Health*, 2(3), 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2016.05.006>
- Bjorvatn, B., & Pallesen, S. (2009). A practical approach to circadian rhythm sleep disorders. *Sleep Medicine Reviews*, 13(1), 47–60. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2008.04.009>
- Boergers, J., Gable, C. J., & Owens, J. A. (2014). Later school start time is associated with improved sleep and daytime functioning in adolescents. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, 35(1), 11–17. <https://doi.org/10.1097/DBP.0000000000000018>
- Borbély, A. A. (1982). A two process model of sleep regulation. *Human Neurobiology*, 1(3), 195–204.
- Borbély AA, Daan S, Wirz-Justice A, Deboer T. (2016) The two-process model of sleep regulation: a reappraisal. *J Sleep Res.* Apr;25(2):131-43. doi: 10.1111/jsr.12371. Epub 2016 Jan 14. PMID: 26762182.
- Brand, S., & Kirov, R. (2011). Sleep and its importance in adolescence and in common adolescent somatic and psychiatric conditions. *International Journal of General Medicine*, 425. <https://doi.org/10.2147/ijgm.s11557>
- Buxton, O., Lee, C. W., L'Hermite-Baleriaux, M., Turek, F. W., & Van Cauter, E. (2003). Exercise elicits phase shifts and acute alterations of melatonin that vary with circadian phase. *American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 284, R714-R724.
- Cajochen, C., Frey, S., Anders, D., Späti, J., Bues, M., Pross, A., Mager, R., Wirz-Justice, A., & Stefani, O. 2011. Evening exposure to light-emitting diodes (LED)-backlit computer screen affects circadian physiology and cognitive performance. *Journal of Applied Physiology*, 110(5), 1432-1438.
- Calamaro, C. J., Mason, T. B. A., & Ratcliffe, S. J. (2009). Adolescents living the 24/7 lifestyle: Effects of caffeine and technology on sleep duration and daytime functioning. *Pediatrics*, 123(6).

- <https://doi.org/10.1542/peds.2008-3641>
- Carskadon, M. A., Acebo, C., & Jenni, O. G. (2004). Regulation of adolescent sleep: implications for behavior. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1021(1), 276–291. <https://doi.org/doi:10.1196/annals.1308.032>.
- Carskadon, M. A., Vieira, C., & Acebo, C. (1993). Association between puberty and delayed phase preference. *Sleep*, 16(3), 258–262. <https://doi.org/10.1093/sleep/16.3.258>
- Carskadon, M. A., & Dement, W. C. 2011. Normal human sleep: an overview. In: *Principles and Practice of Sleep Medicine* (Org. por: M. H. Kryger, T. Roth & W. C. Dement), pp. 16-26. Missouri: Elsevier Saunders.
- Carskadon, M. A. (2011). Sleep in Adolescents: The Perfect Storm. *Pediatric Clinics of North America*, 58(3), 637–647. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2011.03.003>
- Chang & Chen, 2015. (n.d.). Relationships between sleep quality, physical fitness and body mass index in college freshmen. *J Sports Med Phys Fitness*, Oct;55(10).
- Chaput, J., Carson, V., Hunter, S., Kuzik, N., Gray, C. E., Poitras, V. J., ... Tremblay, M. S. (2016). Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth: An update. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 41(6), S240–S265. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0630>
- Chaput, J., Gray, C. E., Poitras, V. J., Carson, V., Gruber, R., Olds, T., ... Tremblay, M. S. (2016a). Systematic review of the relationships between sleep duration and health indicators in school-aged children and youth. *Appl. Physiol. Nutr. Metab*, 41(June), S266–S282.
- Crowley, S. J., Acebo, C., & Carskadon, M. A. (2007). Sleep, circadian rhythms, and delayed phase in adolescence. *Sleep Medicine*, 8(6), 602–612. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2006.12.002>
- Crowley, S. J., Cain S. W., Burns, A. B., Acebo, C., & Carskadon, M. A. 2015. Increased Sensitivity of the Circadian System to Light in Early/Mid-Puberty. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 100(11), 4067-4073.
- Crowley, S. J., & Carskadon, M. A. 2010. Modifications to weekend recovery sleep delay circadian phase in older adolescents. *Chronobiology International*, 27(7), 1469-1492.
- Crowley, S. J., Tarokh, L., & Carskadon, M. A. 2014. Sleep during adolescence. In: *Principles and Practice of Pediatric Sleep Medicine* (Org. por S. H. Sheldon & R. Ferber), pp. 45-51. Philadelphia: Elsevier.
- Crowley, S. J., Wolfson, A. R., Tarokh, L., & Carskadon, M. A. (2018). An update on adolescent sleep: New evidence informing the perfect storm model. *Journal of Adolescence*, 67(April), 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2018.06.001>
- Currie, C., Molcho, M., Boyce, W., Holstein, B., Torsheim, T., & Richter, M. (2008). Researching health inequalities in adolescents: The development of the Health Behaviour in School-Aged Children (HBSC) Family Affluence Scale. *Social Science and Medicine*, 66(6), 1429–1436. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2007.11.024>
- Dolezal, B. A., Neufeld, E. V., Boland, D. M., Martin, J. L., & Cooper, C. B. (2017). Corrigendum to “Interrelationship between Sleep and Exercise: A Systematic Review.” *Advances in Preventive Medicine*, 2017, 1–1. <https://doi.org/10.1155/2017/5979510>
- Figueiro, M. G., Brittany Wood, Barbara Plitnick, eMark S. Rea. 2013. “The Impact of Watching Television on Evening Melatonin Levels.” *Digest of Technical Papers - SID International Symposium 44(1):656–59*.
- Fonseca, H. (2010). Helping adolescents develop resilience: steps the pediatrician can take in the office. *Adolescent Medicine: State of the Art Reviews*, 21(1), 152–160.
- Fuligni, A. J., Bai, S., Krull, J. L., & Gonzales, N. A. (2019). Individual Differences in Optimum Sleep for Daily Mood During Adolescence. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology*, 48(3), 469–479. <https://doi.org/10.1080/15374416.2017.1357126>
- Garipey, G., Danna, S., Gobiņa, I., Rasmussen, M., Gaspar de Matos, M., Tynjälä, J., ... Schnohr, C. (2020). How Are Adolescents Sleeping? Adolescent Sleep Patterns and Sociodemographic Differences in 24 European and North American Countries. *Journal of Adolescent Health*, 66(6),

- S81–S88. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2020.03.013>
- Ge, Y., Xin, S., Luan, D., Zou, Z., Liu, M., Bai, X., & Gao, Q. (2019). Association of physical activity, sedentary time, and sleep duration on the health-related quality of life of college students in Northeast China. *Health and Quality of Life Outcomes*, 17(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12955-019-1194-x>
- Gellis, L. A., & Lichstein, K. L. (2009). Sleep Hygiene Practices of Good and Poor Sleepers in the United States: An Internet-Based Study. *Behavior Therapy*, 40(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.beth.2008.02.001>
- Gillis, B. T., & El-Sheikh, M. (2019). Sleep and adjustment in adolescence: physical activity as a moderator of risk. *Sleep Health*, 5(3), 266–272. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2019.02.001>
- Hagenauer, M. H., Perryman, J. I., Lee, T. M., & Carskadon, M. A. (2009). Adolescent changes in the homeostatic and circadian regulation of sleep. *Developmental Neuroscience*, 31(4), 276–284. <https://doi.org/10.1159/000216538>
- Hayes, G., Dowd, K. P., MacDonncha, C., & Donnelly, A. E. (2019). Tracking of Physical Activity and Sedentary Behavior From Adolescence to Young Adulthood: A Systematic Literature Review. *Journal of Adolescent Health*, 65(4), 446–454. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2019.03.013>
- Hirshkowitz M, Whiton K, Albert S.M, et al. (2015). National Sleep Foundation ’ s sleep time duration recommendations : methodology and results summary. *Sleep Health*, 1(1), 40–43. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2014.12.010>
- Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S. M., Alessi, C., Bruni, O., DonCarlos, L., ... Hillard, P. J. A. (2015). National Sleep Foundation ’ s sleep time duration recommendations : methodology and results summary. *Sleep Health*, 1, 40–43. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2014.12.010>.
- Hummer, D. L., & Lee, T. M. 2016. Daily timing of the adolescent sleep phase: Insights from across-species comparison. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 70, 171-181.
- Jenni, O. G., & Carskadon, M. A. 2009. Life Cycles: infants to adolescents. In: *Basic of Sleep Guide: Sleep Research Society* (Org. por M. R. Opp), pp. 33-41. Westchester: Sleep Research Society.
- Kredlow, M. A., Capozzoli, M. C., Hearon, B. A., Calkins, A. W., & Otto, M. W. (2015). The effects of physical activity on sleep: a meta-analytic review. *Journal of Behavioral Medicine*, 38(3), 427–449. <https://doi.org/10.1007/s10865-015-9617-6>
- Kriemler, S., Meyer, U., Martin, E., Van Sluijs, E. M. F., Andersen, L. B., & Martin, B. W. (2011). Effect of school-based interventions on physical activity and fitness in children and adolescents: A review of reviews and systematic update. *British Journal of Sports Medicine*, 45(11), 923–930. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090186>
- Lang, C., Kalak, N., Brand, S., Holsboer-Trachsler, E., Pühse, U., & Gerber, M. (2016). The relationship between physical activity and sleep from mid adolescence to early adulthood. A systematic review of methodological approaches and meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, 28, 32–45. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2015.07.004>
- Léger, D., Beck, F., Richard, J. B., Sauvet, F., & Faraut, B. (2014). The risks of sleeping “too much”. Survey of a national representative sample of 24671 adults (INPES health barometer). *PLoS ONE*, 9(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106950>
- Lemola, S., Perkinson-Gloor, N., Brand, S., Dewald-Kaufmann, J. F., Grob, A. (2014). Adolescents’ Electronic Media Use at Night, Sleep Disturbance, and Depressive Symptoms in the Smartphone Age. *Journal of Youth and Adolescence*, 44(2), 405–418. <https://doi.org/10.1007/s10964-014-0176-x>
- Loessl, B., Valerius, G., Kopasz, M., Hornyak, M., Riemann, D., & Voderholzer, U. (2008). Are adolescents chronically sleep-deprived? An investigation of sleep habits of adolescents in the Southwest of Germany. *Child: Care, Health and Development*, 34(5), 549–556. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2214.2008.00845.x>
- Lowry, R., Eaton, D. K., Foti, K., Mcknight-eily, L., Perry, G., & Galuska, D. A. (2012). Association of Sleep Duration with Obesity among US High School Students, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/476914>

- Maia, A. P. L., de Sousa, I. C., & de Azevedo, C. V. M. (2011). Effect of morning exercise in sunlight on the sleep-wake cycle in adolescents. *Psychology and Neuroscience*, 4(3), 323–331. <https://doi.org/10.3922/j.psns.2011.3.005>
- Marshall, N. S., Glozier, N., & Grunstein, R. R. (2008). Is sleep duration related to obesity? A critical review of the epidemiological evidence. *Sleep Medicine Reviews*, 12(4), 289–298. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2008.03.001>
- Master, L., Nye, R. T., Lee, S., Nahmod, N. G., Mariani, S., Hale, L., & Buxton, O. M. (2019). Bidirectional, Daily Temporal Associations between Sleep and Physical Activity in Adolescents. *Scientific Reports*, 9(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44059-9>
- Meijer, J. H., Michel, S., & Vansteensel, M. J. (2007). Processing of daily and seasonal light information in the mammalian circadian clock. *General and Comparative Endocrinology*, 152(2-3), 159-164.
- Mistlberger, R. E., & Skene, D. J. (2005). Nonphotic entrainment in humans? *Journal of Biological Rhythms*, 20(4), 339-352.
- Miller, M. A., Kruisbrink, M., Wallace, J., Chen, J., Cappuccio, F. P. (2018). Sleep duration and incidence of obesity in infants, children and adolescents: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Sleep Research Society*. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsy018/4833233>
- Oliveira-Santos, J., Santos, R., Moreira, C., Abreu, S., Lopes, L., Agostinis, C., & Mota, J. (2016). Ability of Measures of Adiposity in Identifying Adverse Levels of Inflammatory and Metabolic Markers in Adolescents. *Childhood Obesity*, 12(2), 135–143. <https://doi.org/10.1089/chi.2015.0124>
- Oliveira, M. L. C. (2016). Relação entre o uso de “mídias eletrônicas” e os hábitos de sono, sonolência diurna e processos cognitivos em adolescentes de escolas privadas de Natal/RN. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ortega, F.B., Ruiz1, J.R., Castillo, M.J., Sjöström, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence : a powerful marker of health. *Journal of Obesity. Pediatric Review.*, (December 2007), 1–11. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>
- Orzech, K. M., M. A. Grandner, B. M. Roane, eM. A. Carskadon. 2015. “Digital Media Use in the 2 h before Bedtime Is Associated with Sleep Variables in University Students.” *Computers in Human Behavior* 55:43–50.
- Owens, J. (2014). Insufficient sleep in adolescents and young adults: An update on causes and consequences. *Pediatrics*, 134(3), e921–e932. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-1696>
- Piercy, J., & Lack, L. (1988). Daily exercise can shift the endogenous circadian phase. *Journal of Sleep Research*, 17, 393.
- Poitras, V. J., Gray, C. E., Borghese, M. M., Carson, V., Chaput, J., Janssen, I., ... Tremblay, M. S. (2016). Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth 1, 239(June).
- Pulido-Arjona, L., Correa-Bautista, J. E., Agostinis-Sobrinho, C., Mota, J., Santos, R., Correa-Rodríguez, M., ... Ramírez-Vélez, R. (2018). Role of sleep duration and sleep-related problems in the metabolic syndrome among children and adolescents. *Italian Journal of Pediatrics*, 44(1). <https://doi.org/10.1186/s13052-018-0451-7>
- Pyper, E., Harrington, D., & Manson, H. (2017). Do parents’ support behaviours predict whether or not their children get sufficient sleep? A cross-sectional study. *BMC Public Health*, 17(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4334-4>
- Rögnvaldsdóttir, V; Berglind M.; Valdimarsdóttir, Robert J. Brychta; Soffía M. Hrafnkelsdóttir, Sigurbjörn Á. Arngrímsson, Erlingur Jóhannsson, Kong Y. Chen, and S. L. G. (2018). Physical activity and sleep in Icelandic adolescents. *Physiology & Behavior*, 104(2), 79–85. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.03.040>
- Štefan, L., Krističević, T., & Sporiš, G. (2018). The associations of self-reported physical fitness and physical activity with sleep quality in young adults: A population-based study. *Mental Health and Physical Activity*, 14, 131–135. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2018.04.002>

- Strand, L. B., Laugsand, L. E., Wisløff, U., Nes, B. M., Vatten, L., & Janszky, I. (2013). Insomnia symptoms and cardiorespiratory fitness in healthy individuals: The Nord-Trøndelag health study (HUNT). *Sleep*, 36(1), 99–108. <https://doi.org/10.5665/sleep.2310>
- Tremblay, M. S., Chaput, J. P., Adamo, K. B., Aubert, S., Barnes, J. D., Choquette, L., ... Carson, V. (2016). Canadian 24-Hour Movement Guidelines for the Early Years (0-4 years): An Integration of Physical Activity, Sedentary Behaviour, and Sleep. *BMC Public Health*, 17(41), 311–327. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4859-6>
- Valdez, P., C. Ramirez, eA. García. 1996. “Delaying eExtending Sleep during Weekends: Sleep Recovery or Circadian Effect?” *Chronobiology International* 13(3):191–98.
- Van den Bulck, J. (2004). Television Viewing, Computer Game Playing, and Internet Use and Self-Reported Time to Bed and Time out of Bed in Secondary-School Children. *Sleep*, 27(1), 101–104. doi:10.1093/sleep/27.1.101
- Van der Lely, S., Frey, S., Garbazza, C., Wirz-Justice, A., Jenni, O. G., Steiner, R., Schmidt, C. (2015). Blue blocker glasses as a countermeasure for alerting effects of evening light-emitting diode screen exposure in male teenagers. *Journal of Adolescent Health*, 56(1), 113–119. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2014.08.002>
- Wang, Y., & Yip, T. (2020). Sleep Facilitates Coping: Moderated Mediation of Daily Sleep, Ethnic/Racial Discrimination, Stress Responses, and Adolescent Well-Being. *Child Development*, 91(4), e833–e852. <https://doi.org/10.1111/cdev.13324>
- WHO. World Health Organization. (2020). WHO Guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/325147/WHO-NMH-PND-2019.4-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://www.who.int/iris/handle/10665/311664%0Ahttps://apps.who.int/iris/handle/10665/325147>
- Willingham, B. D. T. (2013). Are Sleepy Students Learning? (pp. 35–39). *American Educator*.
- Wittmann, Marc, Jenny Dinich, Martha Merrow, eTill Roenneberg. 2006. “Social Jetlag: Misalignment of Biological eSocial Time.” *Chronobiology International* 23(1–2):497–509.
- Youngstedt, S. D., Elliott, J. A., & Kripke, D. F. (2019). Human circadian phase–response curves for exercise. *Journal of Physiology*, 597(8), 2253–2268. <https://doi.org/10.1113/JP276943>
- Zhou, H. Q., Shi, W. B., Wang, X. F., Yao, M., Cheng, G. Y., Chen, P. Y., & Li, D. G. 2011. An epidemiological study of sleep quality in adolescents in South China: a school-based study. *Child: care, health and development*, 38(4), 581-587.

CAPÍTULO II

MÉTODO

Uma descrição completa dos métodos, procedimentos e medidas usados em todos os quatro artigos incluídos nesta tese de doutoramento estão relatados em detalhes em cada um dos artigos. E assim sendo, expõe-se aqui apenas de forma breve os métodos aplicados nesta tese.

Os dados para esta tese foram extraídos de duas bases de dados: Base de dados do Laboratório de Cronobiologia e Comportamento, do Programa de Pós Graduação em Psicobiologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, Brasil, com dados coletados entre 2014 e 2016; e Base de dados do “LabMed Physical Activity Study” (Análise Longitudinal de Biomarcadores e Determinantes Ambientais da Atividade Física), um estudo de coorte prospectivo realizado em escolas de 4 cidades do Norte de Portugal, com dados coletados entre 2011 e 2013. A descrição detalhada da metodologia do estudo está descrita em Agostinis-Sobrinho et al. (2016); Oliveira-Santos et al. (2016).

Em ambos os estudos se seguiram as boas normas de conduta ética de realização de estudos científicos em humanos.

2.1 Participantes

Todos os estudos que compõem esta tese baseiam-se em duas amostras obtidas em dois contextos distintos: (i) estudantes brasileiros, em que 150 adolescentes (95 meninas), com idade compreendidas entre 14 e 18 anos. A Base de Dados utilizada no Brasil foi a partir de uma pesquisa que ocorreu numa escola privada em cada uma das 4 zonas administrativas da cidade do Natal-RN. Foram convidados 599 adolescentes, dos quais 187 aceitaram participar da pesquisa, e após a aplicação dos critérios de exclusão, 150 compuseram esta amostra. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (CEP UFRN – pareceres de números 650.621 e 1.489.057); e (ii) estudantes portugueses, a partir da Base de Dados do LABMED Study, que contou com uma amostra de 1017 adolescentes (471 meninas), com idade de $14,6 \pm 1,8$ anos, para os quais estavam disponíveis as variáveis de interesse.

Na tabela 2.1 estão resumidas as características básicas de cada estudo quanto ao seu desenho, amostra e variáveis estudadas.

Tabela 2.1. Características básicas de cada estudo.

| Estudo | Desenho | Amostra/ Gênero | Idade | Instrumentos | Variáveis estudadas | Co-variáveis |
|--------|-----------------------------------|--------------------|------------|---|--|--|
| I | Revisão Sistemática da Literatura | - | 6-19 anos | Levantamento Bibliográfico | Duração do sono; Qualidade do sono; Aptidão cardiorrespiratória; Aptidão muscular. | N/A |
| II | Transversal | 150 (95 meninas) | 14-18 anos | Questionários e Actimetria | Horário de dormir e acordar; Irregularidade do sono; Duração do sono; Qualidade do sono; Horário de início, fim e duração da atividade física. | Gênero; Idade. |
| III | Transversal | 1017 (471 meninas) | 12-18 anos | Questionários; Antropometria; Exames laboratoriais; Testes de Aptidão Física | Duração do sono; Aptidão cardiorrespiratória. | Idade; Escala de Afluência Familiar; IMC. |
| IV | Longitudinal | 734 (349 meninas) | 12-18 anos | Questionários; Antropometria; Exames laboratoriais; Testes de Aptidão Física | Duração do sono; Aptidão cardiorrespiratória; | Idade; Escala de Afluência Familiar; IMC; Score de Dieta mediterrânea; Estágios de Tanner. |

2.2 Análise estatística

Diferentes análises estatísticas foram realizadas para atender aos objetivos específicos de cada um dos estudos apresentados nesta tese (Tabela 2.2). O tratamento estatístico incluiu: (i) análise exploratória de dados; (ii) análise descritiva; (iv) métodos de inferência paramétricos e não paramétricos; (v) modelos lineares generalizados (GLM); e (vi) modelos de regressão linear e de regressão logística. A Tabela 2.2 sintetiza as análises estatísticas utilizadas em cada um dos estudos.

Tabela 2.2. Análise estatística utilizada em cada estudo.

| Análises | Estudos | | | |
|--------------------------------------|---------|----|-----|----|
| | I | II | III | IV |
| Test t pareado | N/A | | | X |
| Testes T Dependentes | N/A | X | X | |
| Testes de Kolmogorov-Smirnov | N/A | X | | |
| Teste do Qui-Quadrado | N/A | X | X | X |
| Modelos Lineares Generalizados (GLM) | N/A | X | X | |
| Regressão Logística | N/A | | | X |

Referências

- Agostinis-Sobrinho, C., Santos, R., Moreira, C., Abreu, S., Lopes, L., Oliveira-Santos, J., ... Mota, J. (2016). Association between serum adiponectin levels and muscular fitness in Portuguese adolescents: LabMed Physical Activity Study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 26(6), 517–524. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2016.02.011>
- Oliveira-Santos, J., Santos, R., Moreira, C., Abreu, S., Lopes, L., Agostinis, C., & Mota, J. (2016). Ability of Measures of Adiposity in Identifying Adverse Levels of Inflammatory and Metabolic Markers in Adolescents. *Childhood Obesity*, 12(2), 135–143. <https://doi.org/10.1089/chi.2015.0124>

CAPÍTULO III

ESTUDO I

Estudo I

Sleep and health-related physical fitness in children and adolescents: a Systematic Review

Fonseca, A.P¹., Azevedo, C². & Santos, R^{3,4}.

¹ Ana Paula Leão Maia Fonseca.
Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia,;
Campo Grande 376, 1749-024, Lisboa, Portugal
Phone: +351 963 640 100
Email: aplmf82@gmail.com (**Corresponding author**).

² Carolina Virginia Macêdo de Azevedo
Laboratório de Cronobiologia e Comportamento. Programa de Pós-graduação em Psicobiologia.
Departamento de Fisiologia e Comportamento.
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 1511, 59078-970 Natal, Brasil;
Phone: +55 84 3342-2281 (ramal 551)
Fax: +55 84 3211-9206
Email: carolinavmazevedo@gmail.com

^{3,4} Rute Marina Santos
³Research Centre in Physical Activity, Health and Leisure, Faculty of Sports, University of Porto; R. Dr Plácido da Costa 91, 4200-450, Porto, Portugal.
Phone: +351 22 042 5200
⁴General Directorate-General of Health - National Program for Physical Activity Promotion, Portuguese Ministry of Health, 1049-005 Lisbon, Portugal
Email: rsantos.ciafel@fade.up.pt

Acknowledgments

We thank the Sabinne Galina (MS) and Maria Luiza Cruz de Oliveira (PhD) for their help in data collection and the Universidade Lusófona de Lisboa (doctorate in Physical Education and Sport) for financial support, in the person of PhD Francisco Carreiro da Costa, Course Director. Rute Santos is supported by the Portuguese Science and Technology Foundation (CEECIND/ 01069/2017 and FCT / UIDB / 00617/2020).

This manuscript was re-submitted to Journal of Sleep Science after minor revisions.

Abstract

Objective: The aim of this systematic review was to summarize the evidence on the associations between the sleep duration or sleep quality and cardiorespiratory and muscular fitness in children and adolescents aged 6-19 years.

Methods: This systematic review followed the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses (PRISMA) and was registered with the international prospective register of systematic reviews PROSPERO network. Three databases (PubMed, SPORTDiscus and Science Direct) were searched until October 2019 for scientific articles concerning sleep duration, sleep quality and physical fitness.

Results: Six articles, including 5797 participants, from 11 different countries, were included in the current systematic review.

Conclusion: Longer periods of sleep and better sleep quality were associated with higher levels of physical fitness.

Introduction

Physical fitness is the capacity needed by an individual to execute specific motor abilities with vigor and alertness, without undue fatigue, and with ample energy to enjoy leisure-time pursuits and meet unforeseen emergencies. Physical fitness capacities are usually grouped into health-related (cardiorespiratory fitness; body composition; muscular strength, and endurance and flexibility) and skill-related components (agility, coordination, balance, power, reaction time and speed).¹ High levels of cardiorespiratory and muscular fitness have been associated with lower cardiovascular disease risk, better quality of life and positive health in youth.^{2,3} However, adolescents' physical fitness levels have declined over the last decades.⁴

Sleep is a basic human need, with important physical and mental health and well-being implications,^{5,6} and chronic sleep loss is an important public health issue.⁷ Inappropriate sleep duration has been associated with several health implications. In children and adolescents, evidence suggests that short sleep duration is associated with excess adiposity, poor emotional regulation (stress, anxiety and depressive symptoms), lower academic achievement (e.g. concentration and memory) and lower quality of life/well-being.⁸

The National Sleep Foundation in the USA recommends that children and adolescents aged 6–13 years should sleep between 9–11h per night, and adolescents aged 14–17 years need 8–10h per night to maximize general health.⁹ However, despite the detrimental health effects of inappropriate sleep, evidence shows that children and adolescents tend to sleep less compared with previous generations.^{10,11}

Adolescence (aged 10 to 19 years) is a stage of life characterized by many behavioural and physiological changes.¹² Adolescence begins with the onset of puberty, a phase of life in which there are changes to the physical appearance and reproductive capacity, which impact adolescents' psychological and social development. This is also a period of new rights and responsibilities, development of autonomy and identity, as well as relational changes with family, friends and school.¹³

During adolescence there is a higher sleep necessity than in adulthood, but lower than during childhood.^{14–16} However, it is common to observe short sleep duration among adolescents due to a conflict between the biological delay of sleep times^{14,15,17} and social factors,¹⁸ such as morning school schedules, which act as a strong synchronizer of wake-up time over the week.¹⁴ Thus, adolescents wake up earlier, shortening their sleep duration during the week, and wake up later, extending their sleep on weekends. This leads to irregular sleep

times and durations.¹⁹ This disruption might be exacerbated by other social factors that delay sleep onset, such as: (i) more autonomy regarding the sleep times,²⁰ interaction with social networks;²¹ (ii) an earlier wake time to comply with academic activities;¹⁷ (iii) increased use of electronic media^{22,23} and increased light exposure at night related to these activities.^{22,24,25} During adolescence short sleep duration may also be related to pubertal stage, as more mature adolescents show later sleep times.¹⁷ It is hypothesized that late sleep times result from modifications to the SWC (sleep-wake cycle) regulation processes,^{7,26} which affect the expression of the circadian rhythm in adolescents.¹⁹

Sleep duration has been associated with physical fitness levels. For those who are sleep deprived, increasing sleep has shown to improve multiple dimensions of function.²⁷ In athletes, it has been reported that sleep restoration and sleep extension improves tennis-serve accuracy,³⁰ running and swim sprint times,^{28,29} swim-turn and kick-stroke efficiency,²⁸ basketball shooting accuracy, half-court and full-court sprints,³¹ and time to exhaustion.³² Most studies agree on recommending athletes to increase their sleep by 2h (with a goal of up to 9h for elite athletes),^{28-31,33} as sleep is an unquestionably vital physiological function and one of the most important factors in exercise recovery.³⁴

A recent study has shown that lower levels of physical fitness and ‘insufficient’ physical activity are associated with poor sleep quality in a large sample of young adults.³⁵ In adolescents from 11–16 years old, the engagement in moderate-to-vigorous physical activity has been associated with better sleep quality, but compared to boys, girls had lower levels of physical activity and poor sleep quality.³⁶ Some studies have reported the beneficial effects of physical fitness and physical activity in promoting falling sleep and ‘good’ sleep quality.³⁷ Likewise, poor sleep quality has been associated with lower levels of muscular endurance, flexibility and cardiorespiratory fitness in young adults.^{38,39}

In this context, the aim of this systematic review is to summarize the knowledge on the association between sleep duration or sleep quality and health-related physical fitness (cardiorespiratory and muscular fitness) in children and adolescents.

Methods

Protocol and registration

This systematic review followed the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses (PRISMA)⁴⁰ and was registered with the international prospective register of systematic reviews PROSPERO network (www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/ with number [CRD42020199083](https://doi.org/10.1111/1747-0959.12345)).

Study Selection Criteria

Three electronic databases were searched from the inception until October 2019 (PubMed, SPORTDiscus and Science Direct).

For the present systematic review we considered only observational studies (cross-sectional and longitudinal) as well as intervention studies reporting results from baseline data (age criteria applied) were considered; methods/protocol papers, conference papers, editorials, commentaries and reviews were not considered.

Studies with apparently healthy children and adolescents aged 6-19 years old, (including overweight or obese) that had been published in English, Spanish or Portuguese were considered. We also checked the reference lists of the papers included, as well as relevant reviews to identify other potential studies. We checked the study against the priori determined PICO (population, intervention, comparator and outcome) study criteria.⁴¹ Studies reporting interventions with sleep hygiene and sleep patterns (variables as sleep duration or bedtime and wake-up times and sleep quality), physical fitness and the association between sleep duration and physical fitness, were included.

Data Extraction

Selected studies were imported to the manager software (Mendeley 1.18), and duplicated were removed. One author (APF) screened titles and abstracts independently and disagreements was decided by discussion and consulting a second and third author (RS and CA).

Data sources and search strategy

Three electronic databases were searched from the inception until October 2019 (PubMed, SPORTDiscus and Science Direct). The search strategy for PubMed was (((("Cardiorespiratory Fitness"[Mesh] OR "Cardiovascular Fitness"[Title/Abstract] OR endurance"[Title/Abstract] OR "aerobic fitness"[Title/Abstract] OR "aerobic endurance"[Title/Abstract] OR "Muscle Strength"[Mesh] OR "Physical Conditioning, Human"[Mesh] OR "Endurance Training"[Mesh]))) AND (((sleep[Title/Abstract]) OR "sleep duration"[Title/Abstract])). This search strategy was then adapted to SPORTDiscus and Science Direct.

Risk of bias assessment

Risk of bias criteria was adapted from STROBE (STrengthening the Reporting of OBservational studies in Epidemiology),⁴² which has been previously applied in systemic reviews.^{41,43–45} The criteria for risk bias were the following: (1) Was eligibility criteria applied? (2) Were participants selected randomly? (3) Did the participants represent a specific population? (that is, country or region)? (4) Is the sample size of the study larger than 100? (5) The source and details of the variables evaluation of sleep and physical fitness were reported? (6) Were the measurements used valid and reliable to adolescents or children? An amount of 1 (yes) or 0 (no or unsure) has been assigned to the answer of every of these questions allowing for a maximum possible score to 6 points. Studies with scores from 3 to 5 were classified as having a lower risk of bias (Table 2).

Data analysis and synthesis

Given the heterogeneity of the included studies a meta-analysis was not possible and therefore we conducted narrative summary of the results and characteristics of each study was conducted.

Results

The systematic search identified 6,014 potential articles. After exclusions based on duplication of articles, 728 remained for abstract screening. Then 654 articles were excluded, of these 74 full texts were screened and 68 were excluded for reasons such as the subjects’ age, variables of interest or lack of association between sleep and physical fitness. Thus, a total of 6 studies were included in this review (Figure 1).

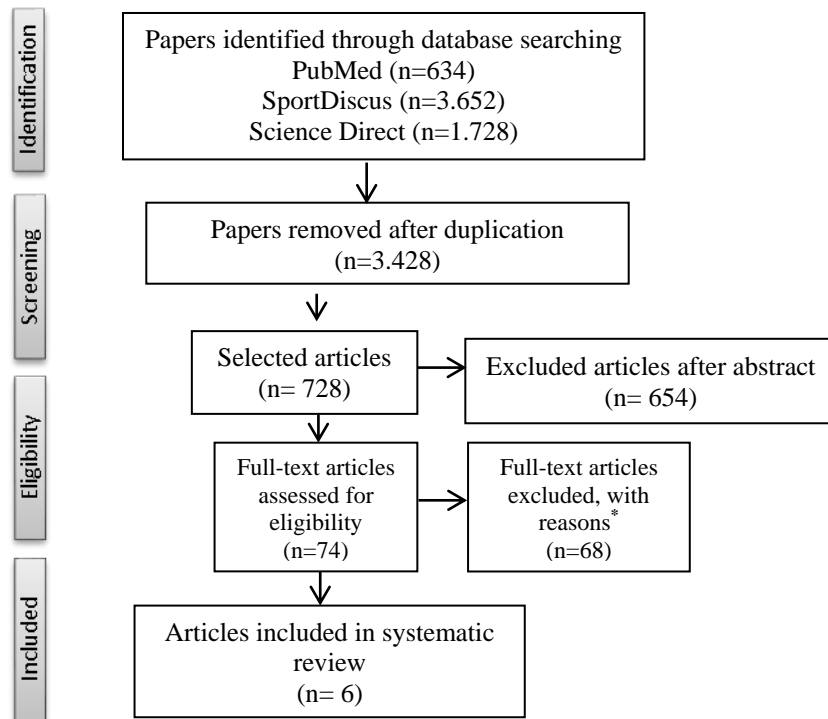


Figure 1. Flow chart of studies selection process. * Reasons described in the exclusion criteria.

The number of participants within the included studies was 5,797, and the studies had the following designs: cross-sectional (n = 4), follow-up (n = 1) and cohort (n = 1). All studies were published between 2007 and 2016, and the sample sizes ranged from 236 to 4,903 subjects. The number of studies by country was: United States (1), France (1), Taiwan (1), Portugal (1), Chile (1), and one was conducted with a multi-country sample of participants from Belgium, Cyprus, Estonia, Germany, Hungary, Italy, Spain and Sweden. The characteristics and results of each of the included studies are presented in Table 1.

All studies were classified as having a low risk of bias. Table 2 shows the scores of each study for risk of bias.

Table 1. Summary of included studies

| Author & date | Study Design | Sample size | Girls | Age | Location | Tools | Outcome measures | Absolute effect |
|------------------------|--------------------|-------------|-------|----------------|----------|---|---|---|
| Lee & Lin, 2007 | Cross-sectional | 291 | 291 | 19.3 ± 0.6 yrs | Taiwan | <ul style="list-style-type: none"> Digital Height-Weight measurement; Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) Questionnaire; Sit and reach test, curl-up test and 800m run/walk test; | <ul style="list-style-type: none"> BMI; Sleep quality evaluation (sleep quality, sleep onset latency, sleep duration, sleep efficiency, sleep disturbances); Physical fitness (cardiovascular endurance, body composition, muscular strength and endurance, flexibility) | Sleep duration was negatively correlated with 800m run/walk test ($r=-0.34$; $p<0,05$) and with the sit-and-reach test ($r=-0.24$; $p<0,05$). Thus, there is a significant relationship between sleep duration and cardiovascular fitness and flexibility. Subjects with poor sleep quality (PSQI score >5) showed less sleep duration (test $t =-9,57$; $p<0,05$) and were more likely to have lower levels of muscular endurance (test $t =-4,42$; $p<0,05$), flexibility (test $t =-5,12$; $p<0,05$), and cardiovascular fitness (test $t =7,27$; $p<0,05$) than subjects with good sleep quality. |
| Countryman et al, 2013 | Cohort (2000-2005) | 367 | 99 | 16.1 ± 0.7 yrs | EUA | <ul style="list-style-type: none"> Mercury sphygmomanometer; Balance beam scale and height rod; Waist circumference; Blood collection; Self-report of sleep duration, quality and fatigue; Maximal treadmill test (modified Balke (walk-jog) exercise protocol); | <ul style="list-style-type: none"> BMI, Blood pressure, Fasting Blood Measures (serum cholesterol, triglycerides, lipoproteins, glucose, insulin, fibrinogen, high-sensitivity CRP and IL-6); Sleep duration; Children's Depression Inventory; Seven-Day Physical Activity Recall; Aerobic fitness (peak VO₂); | The sleep may in part influence cardiometabolic outcomes through associations with fitness. Specifically, reduced sleep duration (7.7h ±1.2) and a composite score based on poor sleep quality and fatigue were associated with decreased cardiorespiratory fitness, which was in turn related to increased risk of the metabolic syndrome and inflammation. The sleep latent variable was positively associated with aerobic fitness (coefficient=2.52, $z=2.67$, $p=0.01$). |
| Thivel et al, 2015 | Cross-sectional | 236 | 224 | 7.5 ± 0.6 yrs | France | <ul style="list-style-type: none"> Anthropometric parameters (stadiometer, Digital scale Seca model 873, waist circumference); BMI; Skinfold thickness (skinfold caliper); Children's Eating Habits questionnaire; Self-report (parental factors); Cardiorespiratory fitness (20-m shuttle run test (20-MST); musculoskeletal (squat jump and cycling peak power) fitness (cycle ergometer; Plateform Ergo Jump PlusF Bosco System). | <ul style="list-style-type: none"> Anthropometric Characteristics (Body weight, Height); Body composition (BMI, Index of adiposity); Eating habits; Sleep patterns (bedtime, wake-up time and sleep duration); Physical Fitness (cardiorespiratory and Musculoskeletal Fitness, Squat jump - lower limb explosive strength); | Neither cardiorespiratory fitness level nor musculoskeletal fitness level were significantly different between late and normal sleepers and none of the physical fitness parameters was associated with sleep duration, bedtime, wake-up time ($p>0.05$ for all). |

Estudo I – Sleep and health-related physical fitness in children and adolescents: a Systematic Review

| | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------------------|------|------|----------------|--|---|--|--|
| Zaqout et al, 2016 | Follow-up (2006-2012) | 4903 | 2481 | 8.7 ± 1.2 yrs | Belgium, Cyprus, Estonia, Germany, Hungary, Italy, Spain, Sweden | <ul style="list-style-type: none"> • TANITA scale and a portable stadiometer; • Questionnaire from parental-reported bedtime and get-up time of children, separately for weekdays and weekends, self-report (parental factors); Proxy-reported KINDL for parents, Food Frequency Questionnaire. • ALPHA health-related fitness test battery, Actigraph accelerometers. | <ul style="list-style-type: none"> • Anthropometric measurement; • Sleep duration and Parental factors; Psychosocial well-being, Dietary habits. • Physical activity, Physical fitness (cardio-respiratory, muscular strength, flexibility, balance, and speed) | There was no significant association between sleep duration and cardiorespiratory fitness, muscle strength, speed, flexibility and balance levels ($p > 0.05$ for all). |
| Mota & Vale, 2010 | Cross-sectional | 886 | 886 | 15.4 ± 1.9 yrs | Portugal | <ul style="list-style-type: none"> • Electronic weight scale (portable digital beam scale; stadiometer); • Quality of Sleeping Time (QST) status by responding to the question, "In general, how is your sleeping time?" Items are scored on a Likert scale with 1 "poor" to 5 "excellent." • Maximal multistage 20 m shuttle-run test according to procedures described from FITNESSGRAM; Shuttle Run Test. | <ul style="list-style-type: none"> • Anthropometric measures (height, weight); BMI; • Quality of Sleeping Time (QST) • CRF (cardiorespiratory fitness - aerobic capacity) | Statistically significant association was observed between the QST and CRF ($Rho=0.17$; $p < 0.05$). Poor sleep quality in adolescent girls was associated with lower CRF. Additionally, girls who were classified as fit were twice as much higher odd to report better sleep quality compared to their unfit peers. |
| García-Hermoso et al, 2015 | Cross-sectional | 395 | 196 | 12.1 ± 0.7 yrs | Chile | <ul style="list-style-type: none"> • Digital scale and stadiometer; • Self-report (Sleep self-report Spanish version; self-reported screen time, self-reported physical activity - Questionnaire for Adolescents (PAQ-A) and socioeconomic status); • 20-m shuttle-run test (Alpha Battery). | <ul style="list-style-type: none"> • BMI (Weight, Height, waist circumference); • Sleep patterns (sleep quality, sleep-related anxiety, bedtime refusal, and sleep routines) • CRF (cardiorespiratory fitness); PA (physical activity); Screen Time | In both sexes, sleep-related anxiety problems were correlated with CRF (boys, $r=-0.202$, $p \leq 0.05$; girls, $r=-0.0064$, $p \leq 0.05$). However, sleep quality was correlated with CRF only in girls ($r=-0.0065$, $p \leq 0.05$). A higher CRF level was associated with a lower likelihood of having sleep-related anxiety problem in girls (OR = 0.20, 95% CI, 0.01 to 0.53, $p = 0.031$). |

Table 2. Risk of Bias of the included studies

| | Q1 (Was eligibility criteria applied?) | Q2 (Were participants selected randomly?) | Q3 (Did the participants represent a specific population? (that is, country or region)) | Q4 (Is the sample size of the study larger than 100?) | Q5 (The source and details of the variables evaluation of sleep and physical fitness were reported?) | Q6 (Were the measurements used valid and reliable to adolescents or children?) | Score final |
|---------------------------|---|--|--|--|---|---|-------------|
| Lee & Lin, 2007 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| Countryman et al, 2013 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| Thivel et al, 2015 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| Zaqout et al, 2016 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| Mota & Vale, 2010 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| García-Hermoso et al,2015 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |

Q= question; Yes=1; No or doubt=0)

Sleep duration showed a significant relationship to cardiorespiratory fitness and flexibility. Reduced sleep duration in adolescents was associated with decreased cardiorespiratory fitness, lower levels of muscular endurance and flexibility when compared to adolescents with appropriate sleep duration.^{38,46} However, in children, no significant differences were found for cardiorespiratory and musculoskeletal fitness levels between late and normal sleepers. Further, none of the physical fitness parameters was associated with sleep duration, bedtime or wake-up time.⁴⁷ In addition, there was no significant association between sleep duration and cardiorespiratory fitness and muscle strength, nor between speed, agility and flexibility.⁴⁸

Higher cardiorespiratory fitness was associated with a lower likelihood of having a sleep-related anxiety problem in adolescents.⁴⁹ Additionally, girls who were classified as fit were twice as likely to report better sleep quality than their unfit counterparts. However, girls with poor sleep quality showed lower cardiorespiratory fitness.⁵⁰ Moreover, poor sleep quality and less sleep duration in girls were associated with lower levels of muscular endurance, flexibility and cardiovascular fitness.³⁸

Discussion

The aim of this systematic review was to summarize the knowledge on the association between sleep duration or quality and physical fitness (cardiorespiratory and muscular fitness) in children and adolescents. The National Sleep Foundation in the USA recommends that children aged 6–13 years should sleep between 9–11h per night and that adolescents aged 14–17 years sleep 8–10h per night to maximize general health.⁹ However, it is often observed that short sleep duration among adolescents results from a conflict between the biological delay on sleep times^{14,15,17} and such social factors¹⁸ as morning school schedules, which act as a strong wake-up time synchronizer across the week.¹⁴

Our results suggest that reduced sleep duration was associated with decreased cardiorespiratory fitness, lower levels of muscular endurance and flexibility in adolescents;^{38,46} however, no associations were found between sleep duration and cardiorespiratory fitness or muscle strength among a large sample of European children aged 6–9 years old.^{47,48} While these studies reported null findings,^{47,48} more research exploring this relationship in children in other countries and regions and with wider age ranges are required before a clear conclusion can be reached.

In addition, it is important to notice that ideal sleep entails not only an adequate amount of sleep, but also other sleep features such as sleep architecture (i.e. sleep stages), sleep quality (i.e. efficiency to stay asleep), time (i.e. time to sleep / wake up), consistency (i.e. day by day variability) and continuity (that is, variability in sleep duration within the same night).⁵ For example, the results of this systematic review point to an association between poor sleep quality and lower cardiorespiratory fitness in adolescent girls.⁵⁰ Moreover, girls with poor sleep quality and shorter sleep duration were more likely to show lower muscular endurance, flexibility and cardiovascular fitness.³⁸ Conversely, a higher cardiovascular fitness was associated with a lower likelihood of having sleep-related anxiety problems in adolescents.⁴⁹ Additionally, girls who were classified as fit had twice the odds of reporting better sleep quality compared to their unfit counterparts.⁵⁰

The results of the present systematic review are in line with previous studies showing a positive association between physical activity or fitness and sleep parameters (subjective sleep/sleep disturbance, sleep quality, shortened sleep onset latency, sleep onset and total sleep time)^{36,50,51} in adolescents. However, the association between physical fitness and sleep duration or sleep quality in adolescents has not been extensively studied. One important aspect

to be taken into account about the effects of sleep duration on the athletic performance of adolescents is the occurrence of naps. The studies that were evaluated in this review only considered nocturnal sleep. A study has shown that shorter nocturnal sleep duration may be influenced by a high frequency of daytime napping.⁵² This may be due to the fact that adolescents with shorter nighttime sleep duration may try to catch up on sleep during the day. So, does the teenager who sleeps less at night and naps during the day attenuate the negative effects on cardiorespiratory fitness because the nap compensates for some of the sleep deprivation?

Another aspect is that physical activity has been considered an effective, non-pharmacological approach to improve sleep. However, physical activity and sleep assessment methodologies still present challenges. Additionally, the comparisons of results between studies is often problematic due to the multiplicity of assessment tools, data analyses and reporting procedures.^{53,54} Adolescence is a period of life when multiple changes occur in the physiological, psychological, psychiatric and socio-cultural domains.⁵⁵ When constructing a self-reported assessment tool for this age group, the option to place emphasis on either quantitative or qualitative aspects of physical activity and fitness and sleep is paramount.

In this context, increased physical inactivity among children and adolescents⁵⁶⁻⁵⁸ is worrisome. In the past few years, there has been a steep increase in research on the health-related effects of physical inactivity and sedentary behavior.⁵⁹ Notably, a recent systematic review reported consistent evidence for a positive association between muscular fitness and physical activity;⁶⁰ however, given the limited number of available studies, the association between muscular fitness and sleep was considered uncertain. This is also in line with a previous systematic review by Poitras et al.,⁶¹ with evidence suggesting that moderate-intensity physical activity may be sufficient for improving or maintaining cardiorespiratory fitness in children and adolescents. These findings continue to support the importance of encouraging physical activity during childhood and adolescence, according to the recommendations of the Physical Activity Guidelines Advisory Committee scientific report,⁶² to mitigate against the consequences of physical inactivity the duration or quality of sleep.

A few studies have shown that exercise improved sleep quality or duration, and sleep and exercise exert substantial positive effects on one another.⁵⁸ Importantly, previous research has reported the independent and additive effects of muscular and cardiorespiratory fitness on children and adolescents' health,^{2,63} advocating that these fitness components may influence health through unique physiological pathways. However, the mechanisms involved in the

relationship between physical fitness and sleep quality and duration are unknown. Thus, additional studies are necessary to understand these mechanisms.

Studies have also shown that there is a need for action. The lack of sleep and difficulty in sleeping well is a widespread health concern⁵⁸ compounded by the fact that physical inactivity has increased among children and adolescents.^{56–58} Adolescents are not getting as much sleep as recommended. In the last few years, we have observed a discussion to push for policy change in order to delay the time at which schools start in the morning,^{14,64,65} as many adolescents wake up in the morning to go to school without having an adequate amount of sleep the previous night, which can affect their school performance,⁸ physical fitness, health and well-being.

Results showed that longer nocturnal sleep periods and better sleep quality were associated with higher levels of physical fitness in adolescents. However, such association was not observed in children. Further research is needed, for example through long-term observational and intervention studies that evaluate cause-and-effect relationships and use objective measures of sleep and physical fitness with greater representativeness among children and adolescents, exploring aspects of human lifestyle, differences between genders, age groups and cultural contexts.

The present review provides new contributions to this field of literature and supports the view that sleep duration and sleep quality are meaningfully linked with cardiorespiratory fitness and/or muscular fitness in adolescents.

Strengths and limitations

To the authors' knowledge, the present systematic review is the first to report on association between sleep duration, sleep quality and physical fitness in children and adolescents. However, the scarcity of studies evaluating the physiological reasons for the effects of physical fitness upon sleep might occur was a limitation in our results. To better inform the association between sleep quality, sleep duration and physical fitness there is a need for further studies comparing objectively measured sleep outcomes and self-report ones.

Conflict of interest

The authors declare no potential conflict of interest. The authors alone are responsible for the content and writing of this manuscript.

ORCID

<https://orcid.org/0000-0002-6628-4662>

References

1. ACSM. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 10Th Ed. (Riebe, D., Ehrman., J. K., Liguori, G., Magal M et al. . . , ed.). Wolters Kluwer; 2018. doi:10.5860/choice.35-6295
2. Artero EG, Ruiz JR, Ortega FB, et al. Muscular and cardiorespiratory fitness are independently associated with metabolic risk in adolescents: The HELENA study. *Pediatr Diabetes*. 2011;12(8):704-712. doi:10.1111/j.1399-5448.2011.00769.x
3. Ortega, F.B., Ruiz1, J.R., Castillo, M.J., Sjöström M. Physical fitness in childhood and adolescence : a powerful marker of health. *J Obesity Pedriatic Rev*. 2008;(December 2007):1-11. doi:10.1038/sj.ijo.0803774
4. Tomkinson GR, Lang JJ, Tremblay MS. Temporal trends in the cardiorespiratory fitness of children and adolescents representing 19 high-income and upper middle-income countries between 1981 and 2014. *Br J Sports Med*. 2017;53(8):478-486. doi:10.1136/bjsports-2017-097982
5. Chaput J, Saunders TJ, Carson V. Interactions between sleep , movement and other non-movement behaviours in the pathogenesis of childhood obesity. 2017;18(February):7-14. doi:10.1111/obr.12508
6. Willingham BDT. Are Sleepy Students Learning? In: ; 2013:35-39.
7. Owens J. Insufficient Sleep in Adolescents and Young Adults: An Update on Causes and Consequences. *Pediatrics*. 2014;134:e921–e.
8. Chaput J, Gray CE, Poitras VJ, et al. and health indicators in school-aged children and youth 1. 2016;282(June).
9. Hirshkowitz M, Whiton K, Albert SM, et al. National Sleep Foundation ' s sleep time duration recommendations : methodology and results summary. *Sleep Heal*. 2015;1:40-43. doi:10.1016/j.sleh.2014.12.010
10. Keyes KM, Maslowsky J, Hamilton A, Schulenberg J. The great sleep recession: Changes in sleep duration among US adolescents, 1991-2012. *Pediatrics*. 2015;135(3):460-468. doi:10.1542/peds.2014-2707
11. Matricciani L, Olds T PJ. In search of lost sleep: Secular trends in the sleep time of school-aged children and adolescents. *Sleep Med Rev*. 2012;16(3):203-211. doi:10.1016/j.smrv.2011.03.005
12. WHO. World Health Organization. Orientation Programme on Adolescents Health for Health-care Providers. In: *ISBN: 4567890123456*. ; 2006:1-531.
13. Fonseca H. Helping adolescents develop resilience: steps the pediatrician can take in the office. *Adolesc Med State Art Rev*. 2010;21(1):152-160.
14. Andrade, M., Benedito-Silva, A.A., Domenice, S., Arnhold, I. J., Menna-Barreto L. Sleep Characteristics of A Longitudinal Study Adolescents. *J Adolesc Heal*. 1993;14:401-406. <https://teensneedsleep.files.wordpress.com/2011/04/andrade-et-al-sleep-characteristics-of-adolescents-a-longitudinal-study.pdf>.
15. Carskadon, M. A., Vieira, C., & Acebo C. Association between puberty and delayed phase preference. *Sleep*. 1993;16(3):258-262. doi:10.1093/sleep/16.3.258
16. Hagenauer MH, Perryman JI, Lee TM, Carskadon MA. Adolescent changes in the homeostatic and circadian regulation of sleep. *Dev Neurosci*. 2009;31(4):276-284. doi:10.1159/000216538
17. Carskadon MA. Sleep in Adolescents: The Perfect Storm. *Pediatr Clin North Am*. 2011;58(3):637-647. doi:10.1016/j.pcl.2011.03.003
18. Bjorvatn B, Pallesen S. A practical approach to circadian rhythm sleep disorders. *Sleep Med Rev*. 2009;13(1):47-60. doi:10.1016/j.smrv.2008.04.009
19. Crowley SJ, Acebo C, Carskadon MA. Sleep, circadian rhythms, and delayed phase in adolescence. *Sleep Med*. 2007;8(6):602-612. doi:10.1016/j.sleep.2006.12.002
20. Loessl B, Valerius G, Kopasz M, Hornyak M, Riemann D, Voderholzer U. Are adolescents chronically sleep-deprived? An investigation of sleep habits of adolescents in the Southwest of Germany. *Child Care Health Dev*. 2008;34(5):549-556. doi:10.1111/j.1365-2214.2008.00845.x

21. Lemola, S., Perkinson-Gloor, N., Brand, S., Dewald-Kaufmann, J. F., Grob A. Adolescents' Electronic Media Use at Night, Sleep Disturbance, and Depressive Symptoms in the Smartphone Age. *J Youth Adolesc.* 2014;44(2):405-418. doi:10.1007/s10964-014-0176-x
22. Calamaro, C. J., Mason, T. B. A., & Ratcliffe SJ. Adolescents living the 24/7 lifestyle: Effects of caffeine and technology on sleep duration and daytime functioning. *Pediatrics.* 2009;123(6). doi:10.1542/peds.2008-3641
23. Oliveira MLC. Relação entre o uso de “mídias eletrônicas” e os hábitos de sono, sonolência diurna e processos cognitivos em adolescentes de escolas privadas de Natal/RN. *Univ Fed do Rio Gd do Norte.* 2016;53(9). doi:10.1017/CBO9781107415324.004
24. Gellis, L. A., & Lichstein KL. Sleep Hygiene Practices of Good and Poor Sleepers in the United States: An Internet-Based Study. *Behav Ther.* 2009;40(1):1-9. doi:10.1016/j.beth.2008.02.001
25. Van der Lely, S., Frey, S., Garbazza, C., Wirz-Justice, A., Jenni, O. G., Steiner, R., Schmidt C. Blue blocker glasses as a countermeasure for alerting effects of evening light-emitting diode screen exposure in male teenagers. *J Adolesc Heal.* 2015;56(1):113-119. doi:10.1016/j.jadohealth.2014.08.002
26. Crowley SJ, Wolfson AR, Tarokh L, Carskadon MA. An update on adolescent sleep: New evidence informing the perfect storm model. *J Adolesc.* 2018;67(April):55-65. doi:10.1016/j.adolescence.2018.06.001
27. Vitale KC, Owens R, Hopkins SR, Malhotra A. Sleep Hygiene for Optimizing Recovery in Athletes: Review and Recommendations. *Int J Sports Med.* 2019;40(8):535-543. doi:10.1055/a-0905-3103
28. Mah C.D., Mah K.E. DWC. Extended sleep and the effects on mood and athletic performance in collegiate swimmers. *Sleep.* 2008;31:2008. [http://www.oliverfinlay.com/assets/pdf/mah et al \(2008\) extended sleep & the effects on mood & athletic performance in collegiate swimmers \(abstract\).pdf](http://www.oliverfinlay.com/assets/pdf/mah_et_al_(2008)_extended_sleep_&_the_effects_on_mood_&_athletic_performance_in_collegiate_swimmers_(abstract).pdf).
29. Waterhouse J, Atkinson G, Edwards B, Reilly T. The role of a short post-lunch nap in improving cognitive, motor, and sprint performance in participants with partial sleep deprivation. *J Sports Sci.* 2007;25(14):1557-1566. doi:10.1080/02640410701244983
30. Schwartz J SR. J. Sleep extension improves serving accuracy: A study with college varsity tennis players. *Physiol Behav.* 2015;151:541-544. doi:10.1016/j.physbeh.2015.08.035
31. Mah C.D, Mah K.E, Kezirian E DWC. The effects of sleep extension on the athletic performance of collegiate basketball players. *Sleep.* 2011;34(7):942-950. doi:10.5665/SLEEP.1132
32. Arnal PJ, Lapole T, Erblang M, et al. *Sleep Extension before Sleep Loss: Effects on Performance and Neuromuscular Function.* Vol 48.; 2016. doi:10.1249/MSS.0000000000000925
33. Kamdar B.B, Kaplan K.A, Kezirian E.J DWC. The impact of extended sleep on daytime alertness, vigilance, and mood. *Sleep Med.* 2004;5(5):441-448. doi:10.1016/j.sleep.2004.05.003
34. Fullagar H.H, Skorski S, Duffield R, Hammes D, Coutts A.J MT. Sleep and Athletic Performance: The Effects of Sleep Loss on Exercise Performance, and Physiological and Cognitive Responses to Exercise. *Sport Med.* 2015;45(2):161-186. doi:10.1007/s40279-014-0260-0
35. Štefan L, Krističević T, Sporiš G. The associations of self-reported physical fitness and physical activity with sleep quality in young adults: A population-based study. *Ment Health Phys Act.* 2018;14:131-135. doi:10.1016/j.mhpa.2018.04.002
36. Brand S, Kalak N, Gerber M, et al. During early to mid adolescence, moderate to vigorous physical activity is associated with restoring sleep, psychological functioning, mental toughness and male gender. *J Sports Sci.* 2016;35(5):426-434. doi:10.1080/02640414.2016.1167936
37. Vuori I., Urponen, H., Hasan, J., Partinen M. Epidemiology of exercise effects on sleep. *Acta Physiol Scand Suppl.* 1988;1988;574:3.
38. Lee AJY, Lin WH. Association between sleep quality and physical fitness in female young adults. *J Sports Med Phys Fitness.* 2007;47(4):462-467.
39. Chang & Chen 2015. Relationships between sleep quality, physical fitness and body mass index in college freshmen. *J Sport Med Phys Fit.* Oct;55(10).
40. Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D.G. GP. Preferred reporting items for systematic

- reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Med.* 2009;6(7). doi:10.1371/journal.pmed.1000097
41. Bingham et al. Physical Activity During the Early Years: A Systematic Review of Correlates and Determinants. 2016.
 42. Von Elm, E., Altman, D. G., Egger, M., Pocock, S. J., Gøtzsche, P. C., & Vandenbroucke JP. Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) in the International Journal of Medical Students. *BMJ.* 2007;335(7624):806-808. doi:10.5195/ijms.2014.76
 43. Barnett, L.M., Lai, S.K., Veldman, S.L., et al. Correlates of Gross Motor Competence in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sport Med.* 2016;46(11):1663-1688. doi:10.1007/s40279-016-0495-z
 44. Costigan, S.A., Barnett, L., Plotnikoff, R.C., Lubans DR. The health indicators associated with screen-based sedentary behavior among adolescent girls: A systematic review. *J Adolesc Heal.* 2013;52(4):382-392. doi:10.1016/j.jadohealth.2012.07.018
 45. Lubans, D.R., Morgan, P.J., Cliff, D.P., Barnett, L.M., Okely AD. Fundamental movement skills in children and adolescents: Review of associated health benefits. *Sport Med.* 2010;40(12):1019-1035. doi:10.2165/11536850-000000000-00000
 46. Countryman AJ, Saab PG, Llabre MM, Penedo FJ, McCalla JR, Schneiderman N. Cardiometabolic risk in adolescents: Associations with physical activity, fitness, and sleep. *Ann Behav Med.* 2013;45(1):121-131. doi:10.1007/s12160-012-9428-8
 47. Thivel D, Isacco L, Aucouturier J et al. Bedtime and Sleep Timing but not Sleep Duration Are Associated With Eating Habits in Primary School Children. 2015;36(3):158–65.
 48. Zaqout M, Vyncke K, Moreno LA, et al. Determinant factors of physical fitness in European children. *Int J Public Health.* 2016;61(5):573-582. doi:10.1007/s00038-016-0811-2
 49. García-Hermoso A, Aguilar MM, Vergara FA, Velásquez EJA, Marina R. Obesity, Cardiorespiratory Fitness, and Self-Reported Sleep Patterns in Chilean School-Aged Children. *Behav Sleep Med.* 2015. doi:10.1080/15402002.2015.1083023
 50. Mota J, Vale S. Associations between sleep quality with cardiorespiratory fitness and BMI among adolescent girls. *Am J Hum Biol.* 2010;22(4):473-475. doi:10.1002/ajhb.21019
 51. Brand S, Gerber M, Beck J, Hatzinger M, Pühse U, Holsboer-Trachsler E. High Exercise Levels Are Related to Favorable Sleep Patterns and Psychological Functioning in Adolescents: A Comparison of Athletes and Controls. *J Adolesc Heal.* 2010;46(2):133-141. doi:10.1016/j.jadohealth.2009.06.018
 52. Felden ÉPG, Filipin D, Barbosa DG, Andrade RD, Meyer C, Louzada FM. Factors associated with short sleep duration in adolescents. *Rev Paul Pediatr.* 2016;34(1):64-70. doi:10.1016/j.rppede.2015.10.007
 53. Lang C, Kalak N, Brand S, Holsboer-Trachsler E, Pühse U, Gerber M. The relationship between physical activity and sleep from mid adolescence to early adulthood. A systematic review of methodological approaches and meta-analysis. *Sleep Med Rev.* 2016;28:32-45. doi:10.1016/j.smr.2015.07.004
 54. Dewald JF, Meijer AM, Oort FJ, Kerkhof GA, Bögels SM. The influence of sleep quality, sleep duration and sleepiness on school performance in children and adolescents: A meta-analytic review. *Sleep Med Rev.* 2010;14(3):179-189. doi:10.1016/j.smr.2009.10.004
 55. Lang C, Brand S, Feldmeth AK, Holsboer-Trachsler E, Pühse U, Gerber M. Increased self-reported and objectively assessed physical activity predict sleep quality among adolescents. *Physiol Behav.* 2013;120:46-53. doi:10.1016/j.physbeh.2013.07.001
 56. Janssen I, Leblanc A. Systematic Review of the Health Benefits of Physical Activity and Fitness in School-Aged Children and Youth. *Sch Nutr Act.* 2015:183-219. doi:10.1201/b18227-14
 57. WHO. World Health Organization. Global Recommendations on Physical Activity for Health. WHO Press: Geneva, Switzerland. In: *ISBN: 9241591269 (English).* ; 2010:1-403.
 58. Dolezal BA, Neufeld E V., Boland DM, Martin JL, Cooper CB. Corrigendum to “Interrelationship between Sleep and Exercise: A Systematic Review.” *Adv Prev Med.* 2017;2017:1-1. doi:10.1155/2017/5979510
 59. Tremblay MS, Colley RC, Saunders TJ, Healy GN, Owen N. Physiological and health

- implications of a sedentary lifestyle. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2010;35(6):725-740. doi:10.1139/H10-079
60. Smith JJ, Eather N, Weaver RG, Riley N, Beets MW, Lubans DR. Behavioral Correlates of Muscular Fitness in Children and Adolescents: A Systematic Review. *Sport Med.* 2019. doi:10.1007/s40279-019-01089-7
 61. Poitras VJ, Gray CE, Borghese MM, et al. Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth 1. 2016;239(June).
 62. PAGAC Department of Health & Human Services. Physical Activity Guidelines Advisory Committee. *Phys Act Guidel Advis Comm Sci Rep.* 2018;779. doi:10.1111/j.1753-4887.2008.00136.x
 63. Steene-Johannessen J, Anderssen SA, Kolle E, Andersen LB. Low muscle fitness is associated with metabolic risk in youth. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(7):1361-1367. doi:10.1249/MSS.0b013e31819aaae5
 64. Fischer FM, Oliveira DC, Teixeira LR, Teixeira MCTV, Amaral MA do. Efeitos do trabalho sobre a saúde de adolescentes. *Cien Saude Colet.* 2003;8(4):973-984. doi:10.1590/s1413-81232003000400019
 65. Wheaton A.G, Chapman D.P CJB. School Start Times, Sleep, Behavioral, Health, and Academic Outcomes: A Review of the Literature. 2016;86(5).

CAPÍTULO IV

ESTUDO II

Estudo II

Association between sleep duration and quality with physical activity in adolescents.

Fonseca, A.P¹.; Oliveira, M.L².; Galina, S.D².; Azevedo, C³ & Santos, R.^{4,5}

¹ Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia,;
Campo Grande 376, 1749-024, Lisboa, Portugal
Email: aplmf82@gmail.com (**Corresponding author**).

² Laboratório de Cronobiologia e Comportamento. Programa de Pós-graduação em Psicobiologia
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 1511, 59078-970 Natal, Brasil;

³ Laboratório de Cronobiologia e Comportamento. Programa de Pós-graduação em Psicobiologia.
Departamento de Fisiologia e Comportamento.
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 1511, 59078-970 Natal, Brasil;

⁴ Research Centre in Physical Activity, Health and Leisure, Faculty of Sports, University of Porto; R. Dr
Plácido da Costa 91, 4200-450, Porto, Portugal.
Phone: +351 22 042 5200

⁵ General Directorate-General of Health - National Program for Physical Activity Promotion,
Portuguese Ministry of Health, 1049-005 Lisbon, Portugal

Acknowledgments

We would like to thank the students and school staff who participated in the study. The colleagues Dayanne Medeiros, Edileuza Leal, Emmanuelle Pereira, Francisco Wilson Holanda, Jackeyleyde Silva, Karlyne dos Anjos and Sharline Dionízio for helping with data collection and the Universidade Lusófona de Lisboa (doctorate in Physical Education and Sport) for financial support, in the person of PhD Francisco Carreiro da Costa, Course Director. Rute Santos is supported by the Portuguese Science and Technology Foundation (CEECIND/ 01069/2017 and FCT / UIDB / 00617/2020).

This manuscript is submitted in Journal of Paediatrics and Child Health for consideration.

Abstract

Background: Evidence shows that children and adolescents today tend to sleep less compared to previous generations and the health benefits of regular physical activity are well documented. Despite the consensus that both adequate quality and duration of sleep and physical activity are essential for maintaining health, only recently there has been a growing interest in research on the impact of physical activity on sleep in adolescents. Thus, this study aimed to investigate the association between sleep duration and quality with physical activity, in Brazilian adolescents.

Methods: The sample consisted of 150 adolescents (95 girls) aged of 16.1 ± 0.8 years. Sleep duration and quality were assessed with actimetry, and physical activity using the Health and Sleep questionnaire.

Results: 63.6% of the participants engage in some type of physical activity in addition to physical education at school. Approximately 95.4% of girls and 89.7% of boys did not comply with recommendations for moderate and/or vigorous physical activity/week (60 min/day). The averages of sleep onset and offset times, sleep duration, WASO (*Wake Time After Sleep Onset*) and the number of nighttime awakenings differed between weekdays and weekends, being later and higher on weekends. The start, finish and duration/week of physical activity were predictors of irregular bedtime: the sooner the physical activity starts and ends, and the longer its duration/week, the smaller was the irregularity in the sleep onset of adolescents.

Conclusion: There was a difference in sleep duration, sleep onset and offset times between weekdays and weekend, as well as in sleep quality indicators (WASO and number of nighttime awakenings) in Brazilian adolescents. Also, the schedule and duration/week of physical activity were associated with sleep patterns, specifically with the irregularity of sleep onset, but not with the indicators of sleep quality, assessed through actimetry.

Introduction

Sleep is a basic human need and its chronic loss, reflect of an inadequate sleep duration, has implications for well-being and physical and mental health (Chaput, Saunders, & Carson, 2017; Willingham, 2013). However, the high prevalence of nocturnal sleep deprivation and variability in the population has become a public health issue. The National Sleep Foundation (USA) recommends that children, aged 6 to 13 years, sleep 9 to 11 hours per night, and adolescents aged 14 to 17 years, 8 to 10 hours per night, in order to maximize general health (Hirshkowitz et al., 2015). However, despite the damaging effects of inadequate sleep on health, evidence shows that children and adolescents today tend to sleep less compared to previous generations (Keyes et al., 2015; Matricciani & Olds, 2012).

The benefits of adequate sleep quality and duration in adolescents include better sustained attention and memory, with positive effects on cognitive and academic performance, as well as on willingness to do physical activity, contributing to their general well-being (Chaput, Saunders, & Carson, 2017; Crowley et al., 2018; Ohayon et al., 2017). Adolescence is a period of life characterized by many behavioral and physiological changes (WHO, 2006; Fonseca, 2010) that affect sleep. They include delayed bedtime and awakening time compared to childhood and adulthood, in addition to a greater need for sleep when compared to adulthood (Andrade et al., 1993; Carskadon, et al., 1993; Hagenauer et al., 2009). This delay has long been considered a psychosocial change resulting from lifestyle during this phase, characterized by a conflict between biological delay in bedtime and some social factors (Crowley et al., 2018), such as school hours in the morning, which act as a strong wake-up time synchronizer throughout the weekdays (Andrade et al., 1993; Crowley et al., 2018). Thus, adolescents wake up earlier, reducing sleep duration on weekdays and wake up later on weekends, prolonging sleep. These changes lead to an irregularity in bedtime and awakening times, as well as in the duration of sleep (Crowley et al., 2018).

In fact, the prevalence of excessive daytime sleepiness, shorter duration and poor quality of sleep tend to increase progressively during adolescence (Carskadon, 2011; Crowley et al., 2018), which has been associated with an aggravation of health risks related to a significant number of pathologies (Javaheri et al., 2008), cognitive deficits (Anacleto et al., 2011; Short et al., 2018; Soares & Almondes, 2012), stress (Felden et al., 2016; Chaput, Saunders, & Carson, 2017), behavioral problems, insulin resistance and other cardiovascular

risk factors, and emotional regulation (Owens, 2014; Boergers, Gable, & Owens, 2014; Carson et al., 2016; Chaput et al., 2016; Fuligni et al., 2019; Zhang et al., 2017).

In addition to the benefits for appropriate sleep, the health benefits of regular physical activity are well documented in children and adolescents. During adolescence regular physical activity reduces the risk of chronic and lifestyle-acquired diseases in adolescence as well as in adulthood (Poitras et al., 2016; Rögnvaldsdóttir et al., 2018). Among these, it is known that physical activity improves the quality and pattern of sleep (Dolezal et al., 2017; Ge et al., 2019; Gillis & El-Sheikh, 2019).

However, despite the consensus that both adequate quality and duration of sleep and physical activity are essential for maintaining health, only recently there has been a growing interest in research on the impact of physical activity on sleep in adolescents (Dolezal et al., 2017; Ge et al., 2019; Gillis & El-Sheikh, 2019; Kredlow et al., 2015; Master et al., 2019). In a study with Brazilian adolescents, no difference was observed between bedtime and awakening times in active and inactive individuals (Rombaldi & Soares, 2016), just as an intervention for performing physical exercise in the morning did not promote significant changes in sleep patterns and quality (Maia, de Sousa, & de Azevedo, 2011). However, a study with 2.517 Brazilian adolescents showed a greater probability of shorter sleep duration among inactive adolescents (Ferrari Junior et al., 2017). In this context, research on Brazilian adolescents in this area is still scarce (Felden et al., 2016; Rombaldi & Soares, 2016; Santiago et al., 2015). Therefore, the aim of this study was to investigate the association between sleep duration and quality with physical activity levels in Brazilian adolescents.

Methods

Participants and study location

This cross-sectional study had the participation of 150 adolescents (95 girls), aged between 14 and 18 years. The research took place in private schools in each of the 4 administrative zones in the city of Natal, the capital of the state Rio Grande do Norte, located in the Brazilian Northeast (Lat.: 05° 47 '42" South, Long.: 35° 12' 34" West). The school starting time was between 7 and 7:15 am. 599 adolescents were invited, of whom 187 agreed to participate in the research, and after the exclusion criteria were applied, 150 composed this sample. The research was approved by the Ethics Committee from the Federal University of Rio Grande do Norte (CEP UFRN - under numbers 650.621 and 1.489.057).

Inclusion and exclusion criteria

Adolescents of both sexes were included, enrolled in the morning shift and in the 1st and/or 2nd grades of high school, who delivered the Free and Informed Consent Terms (TCLE) duly signed. Those who did not complete the entirety of the questionnaires or who did not complete the number of registered days necessary for the analysis of the actimetry data were excluded from the sample.

Data collection

Data collection took place in three stages between 2014 and 2016, except during vacation, holidays or school evaluation periods. The first consisted of recruiting the participants at the beginning of the week. The second occurred after the consent of the participants and their guardians, with the application of the "Health and Sleep" questionnaire. This questionnaire includes questions about health, sleep habits, physical activity (Mathias, Sanchez, & Andrade, 2006) and socioeconomic level. Regarding the economic level, the estimates for all of Brazil and Macro Regions are based on national probabilistic studies from Datafolha and IBOPE Inteligência, which are based on data from probabilistic studies by the Family Budget Survey (POF) from IBGE, classifying the Socioeconomic Stratum from A to E (ranging in average household income from R\$ 20,272.56 to R\$ 639.78) (ABEP, 2015). The

third stage started on Friday, with the delivery of actigraphs and sleep diaries, which were used and answered concurrently for 10 consecutive days. The actigraphs collected data at 1-min intervals, which were used as an objective measure for analyzing sleep patterns and quality. The sleep diary (Andrade, 1997; Louzada, 2000) was used as a control measure for the analysis of recorded data through actimetry using the ActStudio software, native to the ActTrust model, by Condor Instruments.

Sleep patterns were assessed by sleep onset and offset times, sleep duration during the weekdays and weekends, and in irregularities in sleep onset and offset times. Irregularities in sleep onset and offset times were calculated using the standard deviation of their average during the 10 days of use of the actiwatch, while the irregularity of sleep duration was calculated by subtracting the averages obtained for its duration in the weekdays and weekends. Meanwhile, sleep quality was assessed through latency, sleep efficiency, WASO (*'Wake Time After Sleep Onset'*, which is characterized as the time awake after falling asleep) and the number of nighttime awakenings (number of times that the individual wakes up during the night of sleep).

Data analysis

The “Health and Sleep” questionnaire contained questions that made it possible to bring information related to the practice (whether or not it is performed), modality (type of activity performed), frequency (“daily”, “several times a week”, “Once a week” or “occasionally”), shift (start and end times) and duration of physical activity practiced outside the curricular hours (during the free time of the adolescent). In addition, based on the total duration of physical activity over the 7 days of the week, a categorization was made between “performed” or “not performed” according to the recommendations of the World Health Organization (WHO), following the protocol of 60 minutes daily (300 minutes/week).

In addition, it is highlighted that the analysis of physical activity and sleep patterns have different sample sizes. Analyzes of physical activity present 150 subjects, while for sleep patterns 101. This is due to the exclusion of students for incomplete actimetry data, as a result of inappropriate use or technical problems with the device.

All variables were characterized through descriptive and normality tests using Kolmogorov-Smirnov tests. In addition, in order to characterize the sample, socioeconomic

levels and variables related to physical activity (if performed and if they are following WHO recommendations, frequency per week and shift in activity) were analyzed using Chi-square tests. Meanwhile, dependent T-tests were used to compare the variables related to sleep patterns between weekdays and weekend, such as: sleep onset and offset times and sleep duration, as well as those related to sleep quality: latency and sleep efficiency, WASO and number of nighttime awakenings.

In order to investigate the association between physical activity and sleep patterns and quality in the adolescents sampled, multivariate GLMs (General Linear Model) were constructed. The first model contemplated associations between independent variables (predictors) related to physical activity (start and finish times, as well as total time performed per week) and dependent variables related to sleep patterns, such as: sleep onset and offset times, sleep duration, both during the weekdays and on weekends, as well as sleep irregularities. The second GLM model related the same independent variables to dependent variables associated with sleep quality, such as: sleep latency and efficiency, WASO and number of nighttime awakenings.

The IBM SPSS Statistics software, version 25, was used to perform all statistical analyzes; a significance level of 5% was considered for all tests.

Results

Among the participants, 63.3% were female ($X^2 = 5.95$; $p = 0.01$), whose average age was 16.1 ± 0.8 years. Regarding socioeconomic conditions, 66% of the sample belonged to class A and B ($X^2 = 1446.18$; $p < 0.0001$). Regarding physical activity, 63.6% of the sample engage in some type of physical activity, in addition to physical education at school ($X^2 = 7.43$; $p = 0.006$), with 51.4% of adolescents practicing it daily or several times in the week ($X^2 = 64.61$; $p = 0.0001$), with an average duration of 190.3 ± 144.2 minutes/week. Regarding time of day when physical activities occurred, 54.7% practiced physical activity at night, 33.7% in the afternoon, and 11.6% in the morning ($X^2 = 87.79$; $p < 0.0001$). 95.4% of girls and 89.7% of boys ($X^2 = 3.52$; $p = 0.06$) do not comply with the WHO recommendations for moderate and/or vigorous physical activity/week.

The sleep onset ($T = -11.109$; $p < 0.0001$) and offset ($T = -16.893$; $p < 0.0001$), the duration of sleep ($T = -8.534$; $p < 0.0001$), WASO ($T = -3.901$; $p < 0.0001$) and number of nighttime awakenings ($T = -5.054$; $p < 0.0001$) differed between weekdays and weekend, with later sleep onset and offset, longer duration of sleep and WASO, and greater number of awakenings on weekends (Table 1). Regarding irregularities, we have noticed the following results of means and standard deviation (hh:min \pm min): irregularity in sleep onset ($1:13 \pm 31$); offset ($1:52 \pm 41$) and irregularity in the duration of sleep ($1:21 \pm 1:31$) between weekdays and weekend.

Considering the models developed using the start, finish and duration/week of physical activity as predictors of sleep patterns, the models of the following dependent variables were statistically significant: the wake-up time in the week ($F = 2,771$; $p = 0.046$; $R^2 = 0.082$) and irregularity of sleep onset ($F = 3.752$; $p = 0.014$; $R^2 = 0.108$) (Table 2).

Within the model, we observed that the irregularity of sleep onset was predicted by the start, finish and duration/week of physical activity, in the sense that earlier physical activity was associated with lesser irregularity in sleep onset ($\beta = -0.235$, $p = 0.023$; 95% CI: -0.438 to -0.033). Otherwise, later times for finishing the physical activity predicted greater irregularity in sleep onset ($\beta = 0.220$, $p = 0.028$; CI 95%: 0.024 to 0.415), and a shorter duration/week of physical activity predicts greater irregularity in sleep onset ($\beta = -0.098$, $p = 0.015$; 95% CI: -0.177 to -0.019) of adolescents (Table 2).

Regarding sleep quality, no statistically significant models were observed for sleep latency and efficiency, WASO and number of nighttime awakenings during the weekdays and weekend (Tables 3).

Table 1 - Means and standard deviation of sleep variables of high school students on the week and weekend (n = 101).

| Sleep patterns | Week | Weekend |
|-----------------------------------|-------------|----------------|
| Sleep time (hh:min) | | |
| Onset | 23:10 ± 60 | 00:13 ± 1:09* |
| Offset | 06:23 ± 36 | 09:01 ± 1:32* |
| Sleep duration (hh:min) | 5:58 ± 66 | 7:19 ± 1:22* |
| Sleep efficiency (%) | 81 ± 10.4 | 81 ± 11.5 |
| Sleep latency (min) | 18 ± 23 | 15 ± 20.6 |
| WASO (min) | 59.4 ± 55.9 | 84.1 ± 83.0* |
| N° of nighttime awakenings | 8 ± 4.9 | 10 ± 5.9* |

*T-test p<0,05.

Table 2. GLM model - Analysis of the effects of the start, finish and duration (min/week) of physical activity on sleep parameters.

| Sleep patterns | F | p | B | PA start time | | | B | PA finish time | | | B | PA duration (min / week) | | |
|-----------------------|-------|---------------|---------------------|---------------|--------|--------|--------|----------------|--------|-------|--------|--------------------------|--------|--------|
| | | | | p | 95% CI | | | p | 95% CI | | | p | 95% CI | |
| | | | | | Low | High | | | Low | High | | | Low | High |
| Sleep onset | | | | | | | | | | | | | | |
| Weekdays | 0.987 | 0.402 | 0.106 ^a | 0.606 | -0.301 | 0.513 | -0.105 | 0.595 | -0.498 | 0.288 | 0.108 | 0.181 | -0.051 | 0.267 |
| Weekend | 1.518 | 0.215 | -0.309 ^b | 0.186 | -0.769 | 0.152 | 0.273 | 0.226 | -0.172 | 0.718 | 0.000 | 0.999 | -0.180 | 0.180 |
| Wake-up | | | | | | | | | | | | | | |
| Weekdays | 2.771 | 0.046* | -0.112 ^d | 0.345 | -0.347 | 0.123 | 0.098 | 0.394 | -0.129 | 0.324 | 0.052 | 0.263 | -0.040 | 0.144 |
| Weekend | 1.402 | 0.247 | -0.473 ^e | 0.129 | -1.088 | 0.141 | 0.427 | 0.156 | -0.166 | 1.021 | -0.072 | 0.553 | -0.312 | 0.168 |
| Sleep duration | | | | | | | | | | | | | | |
| Weekdays | 0.377 | 0.770 | -0.131 ^g | 0.560 | -0.578 | 0.315 | 0.130 | 0.553 | -0.302 | 0.561 | -0.086 | 0.333 | -0.260 | 0.089 |
| Weekend | 0.611 | 0.610 | 0.033 ^h | 0.907 | -0.523 | 0.589 | -0.044 | 0.871 | -0.581 | 0.493 | -0.030 | 0.781 | -0.248 | 0.187 |
| Irregularity | | | | | | | | | | | | | | |
| Sleep onset | 3.752 | 0.014* | -0.235 ^c | 0.023* | -0.438 | -0.033 | 0.220 | 0.028* | 0.024 | 0.415 | -0.098 | 0.015* | -0.177 | -0.019 |
| Wake-up | 1.155 | 0.331 | -0.186 ^f | 0.179 | -0.459 | 0.087 | 0.170 | 0.204 | -0.094 | 0.434 | -0.008 | 0.879 | -0.115 | 0.098 |
| Sleep duration | 0.325 | 0.807 | 0.164 ⁱ | 0.601 | -0.457 | 0.785 | -0.174 | 0.567 | -0.773 | 0.426 | 0.055 | 0.653 | -0.187 | 0.298 |

F = GLM model coefficient; p = level of significance.

B = GLM Model coefficient; CI = Confidence Interval; p= level of significance. ^aR Squared = 0,031 (Adjusted R Squared = 0,000); ^bR Squared = 0,047 (Adjusted R Squared = 0,016); ^cR Squared = 0,108 (Adjusted R Squared = 0,079); ^dR Squared = 0,082 (Adjusted R Squared = 0,052); ^eR Squared = 0,043 (Adjusted R Squared = 0,012); ^fR Squared = 0,036 (Adjusted R Squared = 0,005); ^gR Squared = 0,012 (Adjusted R Squared = -0,020); ^hR Squared = 0,019 (Adjusted R Squared = -0,012); ⁱR Squared = 0,010 (Adjusted R Squared = -0,022).

Table 3. GLM Model - Analysis of the effects of the start, finish and duration (min/week) of physical activity on sleep quality.

| Quality parameters | PA start time | | | | | | PA finish time | | | | PA duration (min/week) | | | | |
|-----------------------------|---------------|-------|----------------------|-------|---------|-------|----------------|-------|--------|-------|------------------------|-------|--------|-------|--|
| | F | p | B | p | 95% CI | | B | p | 95% CI | | B | p | 95% CI | | |
| | | | | | Low | High | | | Low | High | | | Low | High | |
| Sleep latency | | | | | | | | | | | | | | | |
| Weekdays | 1.997 | 0.120 | -0.0106 ^a | 0.891 | -0.1629 | 0.142 | 0.000 | 1.000 | -0.147 | 0.147 | 0.045 | 0.136 | -0.014 | 0.105 | |
| Weekend | 0.922 | 0.433 | -0.002 ^b | 0.979 | -0.141 | 0.137 | -0.005 | 0.936 | -0.140 | 0.129 | 0.027 | 0.328 | -0.027 | 0.081 | |
| Sleep efficiency | | | | | | | | | | | | | | | |
| Weekdays | 0.617 | 0.606 | 0.016 ^c | 0.648 | -0.054 | 0.087 | -0.014 | 0.691 | -0.082 | 0.054 | -0.007 | 0.595 | -0.035 | 0.020 | |
| Weekend | 0.321 | 0.810 | 0.009 ^d | 0.821 | -0.070 | 0.088 | -0.007 | 0.850 | -0.083 | 0.069 | -0.007 | 0.632 | -0.038 | 0.023 | |
| WASO | | | | | | | | | | | | | | | |
| Weekdays | 0.048 | 0.986 | -0.052 ^e | 0.784 | -0.428 | 0.324 | 0.048 | 0.792 | -0.315 | 0.411 | -0.019 | 0.796 | -0.166 | 0.128 | |
| Weekend | 0.122 | 0.947 | -0.169 ^f | 0.556 | -0.736 | 0.399 | 0.160 | 0.564 | -0.388 | 0.708 | -0.043 | 0.699 | -0.265 | 0.178 | |
| Nighttime awakenings | | | | | | | | | | | | | | | |
| Weekdays | 0.564 | 0.640 | -0.014 ^g | 0.398 | -0.047 | 0.019 | 0.015 | 0.363 | -0.017 | 0.047 | -0.006 | 0.376 | -0.019 | 0.007 | |
| Weekend | 0.174 | 0.914 | 0.003 ^h | 0.879 | -0.037 | 0.043 | -0.002 | 0.917 | -0.041 | 0.037 | 0.000 | 0.967 | -0.016 | 0.015 | |

F = GLM model coefficient; p = level of significance.

B = GLM Model Coefficient; CI = Confidence interval; p = level of significance. ^a R Squared = 0,061 (Adjusted R Squared = 0,030); ^b R Squared = 0,029 (Adjusted R Squared = -0,002); ^c R Squared = 0,020 (Adjusted R Squared = -0,012); ^d R Squared = 0,010 (Adjusted R Squared = -0,022); ^e R Squared = 0,002 (Adjusted R Squared = -0,031); ^f R Squared = 0,004 (Adjusted R Squared = -0,028); ^g R Squared = 0,018 (Adjusted R Squared = -0,014); ^h R Squared = 0,006 (Adjusted R Squared = -0,027).

Discussion

The averages of sleep onset and offset times, sleep duration, WASO and the number of nighttime awakenings differed between weekdays and weekends, being higher, and later on weekend. As expected, an association between physical activity and sleep was observed by the GLM model, in the sense that the sooner physical activity starts and finishes, and the longer the duration/week, the less irregular the sleep onset of adolescents. However, different to expected, no significant associations were found between start, finish and duration/week of physical activity and quality of sleep.

Our results indicate that 95.4% of girls and 89.7% of boys do not comply with WHO recommendations for moderate and/or vigorous physical activity/week (WHO, 2010), as well as, 55.14% of girls and 31.78% of boys do not comply with the sleep recommendations made by the National Sleep Foundation during the week (Hirshkowitz et al., 2015). Similar results were observed in a total of 411 Icelandic adolescents, in which less than half complied with the recommendations for daily physical activity and even less (22.9%) reached the recommended sleep duration according to the objective assessment through the use of accelerometer-based sensors (Rögnvaldsdóttir, et al., 2018).

Previous studies emphasize the need to evaluate and find effective strategies to increase physical activity in adolescents (Kriemler et al., 2011), since there is evidence to suggest that activity levels during adolescence can track into adulthood (Hayes et al., 2019) and physical inactivity in adults has been established as one of the main risk factors for comorbidities and mortality (WHO, 2010). In contrast, Lang et al. (2016), in a systematic review, show that in nine out of twenty-one previous studies high levels of physical activity, mostly in athletes, negatively impact the sleep of adolescents.

One possibility for the reduction in the practice of physical activity observed in our study is that the development of new technologies has allowed adolescents to reduce the amount of activity necessary to perform many tasks in their daily lives (Hallal et al., 2012). Similarly, the increase in the use of electronic media (Calamaro et al., 2009; Mireku et al., 2019), as well as social media interaction (Lemola et al., 2014), contribute to reduced sleep duration in adolescents. In addition, other social factors exacerbate the reduction in sleep duration, such as: (i) greater autonomy in determining sleeping schedules (Loessl et al., 2008); (ii) extension of the duration of the wake period to fulfill academic activities (Carskadon, 2011), (iii) greater exposure to light at night due to these activities (Calamaro et

al., 2009; Gellis & Lichstein, 2009; Van der Lely et al., 2015), and (iv) class start times in the morning, which act as a strong synchronizer of the awakening time throughout the week (Andrade et al., 1993; Crowley et al., 2018).

The conflict between social pressures at night, which make teenagers sleep later, and morning school hours, lead to sleep deprivation during the weekdays. On weekends, the tendency is for teenagers to fall asleep and wake up later, both for not having the pressure of school hours, and because of a process for compensating the sleep deprivation suffered during the weekdays. Such factors favor the increase in irregularity at these times. According to this context, we observed that sleep onset and offset times, and the duration of the sleep along the week, as well as WASO and number of nighttime awakenings differed between weekdays and weekend, in the sense that students started to sleep and wake up later and have a longer duration of night sleep, greater WASO and number of nighttime awakenings at weekends, similarly to the findings described by Crowley et al. (2018).

Within our model, we observed an association between physical activity and sleep, in the sense that the earlier the physical activity starts and finishes, and the longer the duration/week, the less irregular the sleep onset of the adolescents. Master et al. (2019) evaluated the association of physical activity during the day with sleep in 417 adolescents, using objective measures for both, and observed that those who performed longer periods of moderate to vigorous physical activity had earlier sleep onset and longer sleep duration. Such evidence makes us think that the smaller irregularity in sleep onset associated with longer duration of physical activity/week, observed in our study, could be related to the adolescents having started sleeping earlier on the weekends, and, therefore, being less irregular. However, we did not observe a significant relationship neither between the time of sleep onset nor between the duration of sleep and physical activity, which was measured subjectively, similar to Youngstedt et al. (2003), who did not observe an association between daily physical exercise and sleep duration.

Our methods are in line with previous studies of meta-analysis by Lang et al., (2016), who also used objective measures to assess sleep and subjective measures to assess physical activity. However, these studies found positive associations between sleep and physical activity (Brand et al., 2010; Brand et al., 2010). As, for example, adolescents who practiced vigorous physical activity had longer sleep duration than those who practiced it in a moderate intensity (Delisle et al., 2010). Ferrari Junior et al. (2017), analyzing the same association in

2,517 Brazilian adolescents subjectively, observed that those who were physically active, that is, practiced longer duration of physical activity, showed an increase in the probability of longer sleep duration. This evidence leads us to reflect on why our results, using similar methods, did not show a relationship between sleep duration and physical activity. This may have been due to the sample size obtained, in addition to the fact that the physical activity was measured indirectly, and reports may be underestimated by adolescents, leading to a false negative.

Studies that used objective measures for physical activity and sleep in adolescents also observed positive effects, in the sense that those who complied with the ACSM recommendations for vigorous activity reported fewer insomnia symptoms and fewer sleep complaints (Gerber et al., 2014). Furthermore, Ortega et al., (2010) observed, by self-reports with 2179 adolescents, that sleeping less than 8 hours/night was associated with lower chances of engaging in physical activities, also assessed by self-reports, just as morning tiredness substantially reduced the likelihood of adolescents being involved in physical activities in their leisure time.

Regarding the indicators of sleep quality, although we found significant differences between the WASO averages and the number of awakenings between weekdays and weekend, we did not find an association between the start, finish and duration/week of physical activity with sleep quality. Such findings are corroborated by those from Lang et al. (2013), who also found no association between the weekly frequency of physical exercise and the quality of sleep in university students. However, in previous studies, adolescent athletes slept more restfully than non-athlete ones (Armstrong & Oomen-Early, 2009), also presenting a better quality of sleep and fewer nighttime awakenings (Brand et al., 2009). Thus, studies suggest that there is also an association between physical activity and quality of sleep, in the sense that increased physical activity is associated to better quality of night sleep in adolescents (Youngstedt et al., 2003; Ottevaere et al., 2011; Kredlow et al., 2015). Considering this evidence and the high prevalence of sleep disorders in adolescents, which is the studied population, there is endorsement for the practice of physical activity as a prescription to improve sleep quality, with expectations of immediate benefits.

However, how and when physical activity should be administered is still under investigation, although there are several significant discoveries that support its practice as a means of improving the quantity and quality of sleep throughout life (Dolezal et al., 2017;

Mendelson et al., 2016; Master et al., 2019), impacting the health-related quality of life of adolescents (Ge et al., 2019; Gillis & El-Sheikh, 2019; Mendelson et al., 2016).

However, as limitations of our study, in addition to self-reported physical activity in which adolescents may either underestimate or overestimate their own reports, the sample size may have resulted in greater data variability and culminated in the absence of relationships between physical activity and sleep parameters according to our initial hypotheses. Thus, for future research on this relationship, objective measures for physical activity in a larger sample are necessary.

In conclusion, there was a significant association between the start, finish and duration/week of physical activity with sleep patterns, specifically in the irregularity of sleep onset, assessed by objective measures. Although the averages of the WASO variables and the number of nighttime awakenings, which predict sleep quality, differed between weekdays and weekend, we did not observe associations between the times of start, finish and duration/week of physical activity and the quality of sleep.

Implications for school health

This study showed that the start, finish and duration/week of physical activity were predictors of irregular bedtime: the sooner the physical activity starts and ends, and the longer its duration/week, the smaller was the irregularity in the sleep onset of adolescents. Thus, reinforcing the importance of sleep duration and sleep quality for adolescent health and for health school, consequently.

References

- ABEP. Ambrósio, B., & Al., E. . . (2015). ABEP. Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa. Critério de classificação econômica Brasil, 1–6.
- ACSM. (2018). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. (M. et al. . . Riebe, D., Ehrman., J. K., Liguori, G., Magal, Ed.), *Choice Reviews Online* (10Th Ed). Wolters Kluwer. <https://doi.org/10.5860/choice.35-6295>
- Agostinis-Sobrinho, C., Santos, R., Moreira, C., Abreu, S., Lopes, L., Oliveira-Santos, J., ... Mota, J. (2016). Association between serum adiponectin levels and muscular fitness in Portuguese adolescents: LabMed Physical Activity Study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 26(6), 517–524. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2016.02.011>
- ALPHA. (2009). The ALPHA Health-Related Fitness Test Battery for Children and Adolescents Test Manual. *Assesing Levels of Physical Activity*, 1–34.
- Anacleto T.S., Louzada F.M., P. É. F. (2011). Ciclo vigília/sono e o transtorno de déficit de atenção/hiperatividade. *Revista Paulista de Pediatria*, 29(3), 437–442. <https://doi.org/10.1590/S0103-05822011000300020>
- Andrade, M., Benedito-Silva, A.A., Domenice, S., Arnhold, I. J., Menna-Barreto, L. . (1993). Sleep Characteristics of A Longitudinal Study Adolescents. *Journal of Adolescent Health*, 14, 401–406. Retrieved from <https://teensneedsleep.files.wordpress.com/2011/04/andrade-et-al-sleep-characteristics-of-adolescents-a-longitudinal-study.pdf>
- Andrade, M. M. M. (1997). Padrões temporais das expressões da sonolência em adolescentes. Retrieved from http://download.springer.com/static/pdf/875/art%3A10.1023%2FA%3A1004249629643.pdf?auth66=1386967415_1b3aa8506e5849567a964c404329aafc&ext=.pdf%5Cnpapers2://publication/uuid/EBF607C7-76DF-487D-B598-9884F41398EC
- Armstrong, S., & Oomen-Early, J. (2009). Social connectedness, self-esteem, and depression symptomatology among collegiate athletes versus nonathletes. *Journal of American College Health*, 57(5), 521–526. <https://doi.org/10.3200/JACH.57.5.521-526>
- Artero, E. G., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., España-Romero, V., Vicente-Rodríguez, G., Molnar, D., ... Gutiérrez, A. (2011). Muscular and cardiorespiratory fitness are independently associated with metabolic risk in adolescents: The HELENA study. *Pediatric Diabetes*, 12(8), 704–712. <https://doi.org/10.1111/j.1399-5448.2011.00769.x>
- AUGov. (2019). Australian 24-Hour Movement Guidelines for Children and Young People (5–17 years): An Integration of Physical Activity, Sedentary Behaviour, and Sleep.
- Barker, A. R., Gracia-Marco, L., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., Aparicio-Ugarriza, R., González-Gross, M., ... Moreno, L. A. (2018). Physical activity, sedentary time, TV viewing, physical fitness and cardiovascular disease risk in adolescents: The HELENA study. *International Journal of Cardiology*, 254, 303–309. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.11.080>
- Bartel, K. A., Gradisar, M., & Williamson, P. (2015). Protective and risk factors for adolescent sleep: A meta-analytic review. *Sleep Medicine Reviews*, 21, 72–85. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2014.08.002>
- Bauducco, S. V., Flink, I. K., Jansson-Fröjmark, M., & Linton, S. J. (2016). Sleep duration and patterns in adolescents: correlates and the role of daily stressors. *Sleep Health*, 2(3), 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2016.05.006>
- Bjorvatn, B., & Pallesen, S. (2009). A practical approach to circadian rhythm sleep disorders. *Sleep Medicine Reviews*, 13(1), 47–60. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2008.04.009>
- Boergers, J., Gable, C. J., & Owens, J. A. (2014). Later school start time is associated with improved sleep and daytime functioning in adolescents. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, 35(1), 11–17. <https://doi.org/10.1097/DBP.0000000000000018>

- Borde, R., Smith, J. J., Sutherland, R., Nathan, N., & Lubans, D. R. (2017). Methodological considerations and impact of school-based interventions on objectively measured physical activity in adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, *18*(4), 476–490. <https://doi.org/10.1111/obr.12517>
- Brand, S., Beck, J., Gerber M., Hatzinger, M., Holsboer-Trachsler, E. (2010). Evidence of favorable sleep-EEG patterns in adolescent male vigorous football players compared to controls. *World J Biol Psychiatry*, *11*, 465–475. <https://doi.org/10.1080/15622970903079820>
- Brand, S., Beck, J., Gerber, M., Hatzinger, M., & Holsboer-Trachsler, E. (2009). Football is good for your sleep: Favorable sleep patterns and psychological functioning of adolescent male intense football players compared to controls. *Journal of Health Psychology*, *14*(8), 1144–1155. <https://doi.org/10.1177/1359105309342602>
- Brand, S., Gerber, M., Beck, J., Hatzinger, M., Phse, U., & Holsboer-Trachsler, E. (2010). Exercising, sleep-EEG patterns, and psychological functioning are related among adolescents. *World Journal of Biological Psychiatry*, *11*(2), 129–140. <https://doi.org/10.3109/15622970903522501>
- Brand, S., & Kirov, R. (2011). Sleep and its importance in adolescence and in common adolescent somatic and psychiatric conditions. *International Journal of General Medicine*, 425. <https://doi.org/10.2147/ijgm.s11557>
- Calamaro, C. J., Mason, T. B. A., & Ratcliffe, S. J. (2009). Adolescents living the 24/7 lifestyle: Effects of caffeine and technology on sleep duration and daytime functioning. *Pediatrics*, *123*(6). <https://doi.org/10.1542/peds.2008-3641>
- Carskadon, M. A., Acebo, C., & Jenni, O. G. (2004). Regulation of adolescent sleep: implications for behavior. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1021*(1), 276–291. <https://doi.org/doi:10.1196/annals.1308.032>.
- Carskadon, M. A., Vieira, C., & Acebo, C. (1993). Association between puberty and delayed phase preference. *Sleep*, *16*(3), 258–262. <https://doi.org/10.1093/sleep/16.3.258>
- Carskadon, M. A. (2011). Sleep in Adolescents: The Perfect Storm. *Pediatric Clinics of North America*, *58*(3), 637–647. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2011.03.003>
- Carson, V., Hunter, S., Kuzik, N., Gray, C. E., Poitras, V. J., Chaput, J. P., ... Tremblay, M. S. (2016). Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth: An update. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, *41*(6), S240–S265. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0630>
- Chang & Chen, 2015. (n.d.). Relationships between sleep quality, physical fitness and body mass index in college freshmen. *J Sports Med Phys Fitness*, *Oct*;55(10).
- Chaput, J., Carson, V., Hunter, S., Kuzik, N., Gray, C. E., Poitras, V. J., ... Tremblay, M. S. (2016). Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth: An update. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, *41*(6), S240–S265. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0630>
- Chaput, J., Gray, C. E., Poitras, V. J., Carson, V., Gruber, R., Olds, T., ... Tremblay, M. S. (2016a). Sleep and Health Indicators in School-Aged Children and Youth. *Appl. Physiol. Nutr. Metab*, *41*(June), S266–S282. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0627>
- Chaput, J., Gray, C. E., Poitras, V. J., Carson, V., Gruber, R., Olds, T., ... Tremblay, M. S. (2016b). Systematic review of the relationships between sleep duration and health indicators in school-aged children and youth. *Appl. Physiol. Nutr. Metab*, *41*(June), S266–S282.
- Chaput, J. P., Dutil, C., Featherstone, R., Ross, R., Giangregorio, L., Saunders, T. J., ... Carrier, J. (2020). Sleep duration and health in adults: an overview of systematic reviews. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition et Metabolisme*. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0034>
- Chaput, J., Saunders, T. J., & Carson, V. (2017a). Interactions between sleep , movement and other non- movement behaviours in the pathogenesis of childhood obesity. *American Academy of Pediatrics*, *18*(February), 7–14. <https://doi.org/10.1111/obr.12508>

- Chaput, J., Saunders, T. J., & Carson, V. (2017b). Interactions between sleep, movement and other non-movement behaviours in the pathogenesis of childhood obesity, *18*(February), 7–14. <https://doi.org/10.1111/obr.12508>
- Countryman, A. J., Saab, P. G., Llabre, M. M., Penedo, F. J., McCalla, J. R., & Schneiderman, N. (2013). Cardiometabolic risk in adolescents: Associations with physical activity, fitness, and sleep. *Annals of Behavioral Medicine*, *45*(1), 121–131. <https://doi.org/10.1007/s12160-012-9428-8>
- Crowley, S. J., Acebo, C., & Carskadon, M. A. (2007). Sleep, circadian rhythms, and delayed phase in adolescence. *Sleep Medicine*, *8*(6), 602–612. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2006.12.002>
- Crowley, S. J., Wolfson, A. R., Tarokh, L., & Carskadon, M. A. (2018). An update on adolescent sleep: New evidence informing the perfect storm model. *Journal of Adolescence*, *67*(April), 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2018.06.001>
- Currie, C., Molcho, M., Boyce, W., Holstein, B., Torsheim, T., & Richter, M. (2008). Researching health inequalities in adolescents: The development of the Health Behaviour in School-Aged Children (HBSC) Family Affluence Scale. *Social Science and Medicine*, *66*(6), 1429–1436. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2007.11.024>
- Dahl, R.E., Lewin, D. S. (2002). Pathways to adolescent health: sleep regulation and behavior. *Journal of Adolescent Health*, *31*(6), 175–184 10p. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=rzh&AN=106708169&site=ehost-live>
- Delisle, T. T., Werch, C. E., Wong, A. H., Bian, H., & Weiler, R. (2010). Relationship between frequency and intensity of physical activity and health behaviors of adolescents. *Journal of School Health*, *80*(3), 134–140. <https://doi.org/10.1111/j.1746-1561.2009.00477.x>
- Dolezal, B. A., Neufeld, E. V., Boland, D. M., Martin, J. L., & Cooper, C. B. (2017). Corrigendum to “Interrelationship between Sleep and Exercise: A Systematic Review.” *Advances in Preventive Medicine*, 2017, 1–1. <https://doi.org/10.1155/2017/5979510>
- Evaristo, S., Moreira, C., Lopes, L., Oliveira, A., Abreu, S., Agostinis-Sobrinho, C., ... Mota, J. (2019). Muscular fitness and cardiorespiratory fitness are associated with health-related quality of life: Results from labmed physical activity study. *Journal of Exercise Science and Fitness*, *17*(2), 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2019.01.002>
- Felden, É. P. G., Filipin, D., Barbosa, D. G., Andrade, R. D., Meyer, C., & Louzada, F. M. (2016). Factors associated with short sleep duration in adolescents. *Revista Paulista de Pediatria*, *34*(1), 64–70. <https://doi.org/10.1016/j.rppede.2015.10.007>
- Felden Gomes, É. P., Leite, C. R., Rebelatto, C. F., Andrade, R. D., & Beltrame, T. S. (2015). Sleep in adolescents of different socioeconomic status: a systematic review. *Revista Paulista de Pediatria (English Edition)*, *33*(4), 467–473. <https://doi.org/10.1016/j.rppede.2015.08.009>
- Ferrari Junior, G., Pinto, A., Barbosa, R., Nahas, M., Pelegrini, A., & Felden, É. (2017). A baixa duração do sono está associada com a inatividade física em adolescentes amazonenses? *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, *22*(4), 373–381. <https://doi.org/10.12820/rbafs.v.22n4p373-381>
- Fonseca, H. (2010). Helping adolescents develop resilience: steps the pediatrician can take in the office. *Adolescent Medicine: State of the Art Reviews*, *21*(1), 152–160.
- Fuligni, A. J., Bai, S., Krull, J. L., & Gonzales, N. A. (2019). Individual Differences in Optimum Sleep for Daily Mood During Adolescence. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology*, *48*(3), 469–479. <https://doi.org/10.1080/15374416.2017.1357126>
- García-Hermoso, A., Aguilar, M. M., Vergara, F. A., Velásquez, E. J. A., & Marina, R. (2015). Obesity, Cardiorespiratory Fitness, and Self-Reported Sleep Patterns in Chilean School-Aged Children. *Behavioral Sleep Medicine*. <https://doi.org/10.1080/15402002.2015.1083023>
- García-Hermoso, A., Ramírez-Vélez, R., García-Alonso, Y., Alonso-Martínez, A. M., & Izquierdo, M. (2020). Association of Cardiorespiratory Fitness Levels during Youth with Health Risk Later in Life: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Pediatrics*, *174*(10), 952–960.

<https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2020.2400>

- Garipey, G., Danna, S., Gobiņa, I., Rasmussen, M., Gaspar de Matos, M., Tynjälä, J., ... Schnohr, C. (2020). How Are Adolescents Sleeping? Adolescent Sleep Patterns and Sociodemographic Differences in 24 European and North American Countries. *Journal of Adolescent Health, 66*(6), S81–S88. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2020.03.013>
- Ge, Y., Xin, S., Luan, D., Zou, Z., Liu, M., Bai, X., & Gao, Q. (2019). Association of physical activity, sedentary time, and sleep duration on the health-related quality of life of college students in Northeast China. *Health and Quality of Life Outcomes, 17*(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12955-019-1194-x>
- Gellis, L. A., & Lichstein, K. L. (2009). Sleep Hygiene Practices of Good and Poor Sleepers in the United States: An Internet-Based Study. *Behavior Therapy, 40*(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.beth.2008.02.001>
- Gerber, M., Brand, S., Herrmann, C., Colledge, F., Holsboer-Trachsler, E., & Pühse, U. (2014). Increased objectively assessed vigorous-intensity exercise is associated with reduced stress, increased mental health and good objective and subjective sleep in young adults. *Physiology and Behavior, 135*, 17–24. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.05.047>
- Gerber, M., Brand, S., Holsboer-Trachsler, E., & Pühse, U. (2010). Fitness and exercise as correlates of sleep complaints: Is it all in our minds? *Medicine and Science in Sports and Exercise, 42*(5), 893–901. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181c0ea8c>
- Gillis, B. T., & El-Sheikh, M. (2019). Sleep and adjustment in adolescence: physical activity as a moderator of risk. *Sleep Health, 5*(3), 266–272. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2019.02.001>
- Hagenauer, M. H., Perryman, J. I., Lee, T. M., & Carskadon, M. A. (2009). Adolescent changes in the homeostatic and circadian regulation of sleep. *Developmental Neuroscience, 31*(4), 276–284. <https://doi.org/10.1159/000216538>
- Hallal, P. C., Andersen, L. B., Bull, F. C., Guthold, R., Haskell, W., Ekelund, U., ... Group, W. (2012). Physical Activity 1 Global physical activity levels : surveillance progress , pitfalls ,. *The Lancet, 380*(9838), 247–257. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60646-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60646-1)
- Hayes, G., Dowd, K. P., MacDonncha, C., & Donnelly, A. E. (2019). Tracking of Physical Activity and Sedentary Behavior From Adolescence to Young Adulthood: A Systematic Literature Review. *Journal of Adolescent Health, 65*(4), 446–454. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2019.03.013>
- Hillreiner, A., Baumeister, S. E., Sedlmeier, A. M., Finger, J. D., Schlitt, H. J., & Leitzmann, M. F. (2020). Association between cardiorespiratory fitness and colorectal cancer in the UK Biobank. *European Journal of Epidemiology, 35*(10), 961–973. <https://doi.org/10.1007/s10654-019-00575-6>
- Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S. M., Alessi, C., Bruni, O., DonCarlos, L., ... Hillard, P. J. A. (2015). National Sleep Foundation ' s sleep time duration recommendations : methodology and results summary. *Sleep Health, 1*, 40–43. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2014.12.010>
- Högström, G., Nordström, A., & Nordström, P. (2015). Aerobic fitness in late adolescence and the risk of early death: A prospective cohort study of 1.3 million Swedish men. *International Journal of Epidemiology, 45*(4), 1159–1168. <https://doi.org/10.1093/ije/dyv321>
- Howie, E. K., & Straker, L. M. (2016). Rates of attrition, non-compliance and missingness in randomized controlled trials of child physical activity interventions using accelerometers: A brief methodological review. *Journal of Science and Medicine in Sport, 19*(10), 830–836. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.12.520>
- Itani, O., Jike, M., Watanabe, N., & Kaneita, Y. (2017). Short sleep duration and health outcomes: a systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Sleep Medicine, 32*, 246–256. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2016.08.006>
- Javaheri S, Storfer-Isser A, Rosen C.L, R. S. (2008). Sleep Quality and Elevated Blood Pressure in Adolescents. *Circulation, 118*(10), 1034–1040.

<https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.766410>

- Katzmarzyk P.T, Church T.S, Janssen I, et al. (2005). Metabolic Syndrome, Obesity, and Mortality Impact of cardiorespiratory fitness. *Diabetes Care*, 28(2), 391–7.
- Keyes, K. M., Maslowsky, J., Hamilton, A., & Schulenberg, J. (2015). The great sleep recession: Changes in sleep duration among US adolescents, 1991-2012. *Pediatrics*, 135(3), 460–468. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-2707>
- Kredlow, M. A., Capozzoli, M. C., Hearon, B. A., Calkins, A. W., & Otto, M. W. (2015). The effects of physical activity on sleep: a meta-analytic review. *Journal of Behavioral Medicine*, 38(3), 427–449. <https://doi.org/10.1007/s10865-015-9617-6>
- Kriemler, S., Meyer, U., Martin, E., Van Sluijs, E. M. F., Andersen, L. B., & Martin, B. W. (2011). Effect of school-based interventions on physical activity and fitness in children and adolescents: A review of reviews and systematic update. *British Journal of Sports Medicine*, 45(11), 923–930. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090186>
- Lang, C., Brand, S., Feldmeth, A. K., Holsboer-Trachsler, E., Pühse, U., & Gerber, M. (2013). Increased self-reported and objectively assessed physical activity predict sleep quality among adolescents. *Physiology and Behavior*, 120, 46–53. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2013.07.001>
- Lang, C., Kalak, N., Brand, S., Holsboer-Trachsler, E., Pühse, U., & Gerber, M. (2016). The relationship between physical activity and sleep from mid adolescence to early adulthood. A systematic review of methodological approaches and meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, 28, 32–45. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2015.07.004>
- Lang, J. J., Tremblay, M. S., Ortega, F. B., Ruiz, J. R., & Tomkinson, G. R. (2019). Review of criterion-referenced standards for cardiorespiratory fitness: what percentage of 1 142 026 international children and youth are apparently healthy? *British Journal of Sports Medicine*, 53(15), 953–958. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096955>
- Lee, A. J. Y., & Lin, W. H. (2007). Association between sleep quality and physical fitness in female young adults. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(4), 462–467.
- Lee, D. C., Sui, X., Ortega, F. B., Kim, Y. S., Church, T. S., Winett, R. A., ... Blair, S. N. (2011). Comparisons of leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness as predictors of all-cause mortality in men and women. *British Journal of Sports Medicine*, 45(6), 504–510. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.066209>
- Léger, D., Beck, F., Richard, J. B., Sauvet, F., & Faraut, B. (2014). The risks of sleeping “too much”. Survey of a national representative sample of 24671 adults (INPES health barometer). *PLoS ONE*, 9(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106950>
- Lemola, S., Perkinson-Gloor, N., Brand, S., Dewald-Kaufmann, J. F., Grob, A. (2014). Adolescents’ Electronic Media Use at Night, Sleep Disturbance, and Depressive Symptoms in the Smartphone Age. *Journal of Youth and Adolescence*, 44(2), 405–418. <https://doi.org/10.1007/s10964-014-0176-x>
- Loessl, B., Valerius, G., Kopasz, M., Hornyak, M., Riemann, D., & Voderholzer, U. (2008). Are adolescents chronically sleep-deprived? An investigation of sleep habits of adolescents in the Southwest of Germany. *Child: Care, Health and Development*, 34(5), 549–556. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2214.2008.00845.x>
- Louzada, F. M. (2000). *Um estudo sobre a expressão da ritmicidade biológica em diferentes contextos sócio-culturais: o ciclo vigília/sono de adolescentes*.
- Lowry, R., Eaton, D. K., Foti, K., Mcknight-eily, L., Perry, G., & Galuska, D. A. (2012). Association of Sleep Duration with Obesity among US High School Students, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/476914>
- Maia, A. P. L., de Sousa, I. C., & de Azevedo, C. V. M. (2011). Effect of morning exercise in sunlight on the sleep-wake cycle in adolescents. *Psychology and Neuroscience*, 4(3), 323–331. <https://doi.org/10.3922/j.psns.2011.3.005>

- Marshall, N. S., Glozier, N., & Grunstein, R. R. (2008). Is sleep duration related to obesity? A critical review of the epidemiological evidence. *Sleep Medicine Reviews*, 12(4), 289–298. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2008.03.001>
- Master, L., Nye, R. T., Lee, S., Nahmod, N. G., Mariani, S., Hale, L., & Buxton, O. M. (2019). Bidirectional, Daily Temporal Associations between Sleep and Physical Activity in Adolescents. *Scientific Reports*, 9(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44059-9>
- Mathias, A., Sanchez, R. P., & Andrade, M. M. M. (2006). Incentivar Hábitos De Sono Adequados: Um Desafio Para Os Educadores, 718–731.
- Matricciani L, Olds T, P. J. (2012). In search of lost sleep: Secular trends in the sleep time of school-aged children and adolescents. *Sleep Medicine Reviews*, 16(3), 203–211. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2011.03.005>
- Mendelson, M., Borowik, A., Michallet, A. S., Perrin, C., Monneret, D., Faure, P., ... Flore, P. (2016). Sleep quality, sleep duration and physical activity in obese adolescents: Effects of exercise training. *Pediatric Obesity*, 11(1), 26–32. <https://doi.org/10.1111/ijpo.12015>
- Miller, M. A., Kruisbrink, M., Wallace, J., Chen, J., Cappuccio, F. P. (2018). Sleep duration and incidence of obesity in infants, children and adolescents: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Sleep Research Society*. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsy018/4833233>
- Mireku, M. O., Barker, M. M., Mutz, J., Dumontheil, I., Thomas, M. S. C., Rösli, M., ... Toledano, M. B. (2019). Night-time screen-based media device use and adolescents' sleep and health-related quality of life. *Environment International*, 124, 66–78. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.11.069>
- Ohayon, M., Wickwire, E. M., Hirshkowitz, M., Albert, S. M., Avidan, A., Daly, F. J., ... Vitiello, M. V. (2017). National Sleep Foundation's sleep quality recommendations: first report. *Sleep Health*, 3(1), 6–19. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2016.11.006>
- Oliveira-Santos, J., Santos, R., Moreira, C., Abreu, S., Lopes, L., Agostinis, C., & Mota, J. (2016). Ability of Measures of Adiposity in Identifying Adverse Levels of Inflammatory and Metabolic Markers in Adolescents. *Childhood Obesity*, 12(2), 135–143. <https://doi.org/10.1089/chi.2015.0124>
- Oliveira, M. L. C. (2016). *Relação entre o uso de “mídias eletrônicas” e os hábitos de sono, sonolência diurna e processos cognitivos em adolescentes de escolas privadas de Natal/RN. Universidade Federal do Rio Grande do Norte*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ortega, F.B., Ruiz1, J.R., Castillo, M.J., Sjöström, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Journal of Obesity. Pediatric Review.*, (December 2007), 1–11. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>
- Ortega, F. B., Chillón, P., Ruiz, J. R., Delgado, M., Albers, U., Álvarez-Granda, J. L., ... Castillo, M. J. (2010). Sleep patterns in Spanish adolescents: Associations with TV watching and leisure-time physical activity. *European Journal of Applied Physiology*, 110(3), 563–573. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1536-1>
- Ottevaere, C., Huybrechts, I., De Bourdeaudhuij, I., Sjöström, M., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., ... De Henauw, S. (2011). Comparison of the IPAQ-A and Actigraph in relation to VO2max among European adolescents: The HELENA study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(4), 317–324. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.02.008>
- Owens, J. (2014a). Insufficient Sleep in Adolescents and Young Adults: An Update on Causes and Consequences. *Pediatrics*, 134:e921–e.
- Owens, J. (2014b). Insufficient sleep in adolescents and young adults: An update on causes and consequences. *Pediatrics*, 134(3), e921–e932. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-1696>
- Poitras, V. J., Gray, C. E., Borghese, M. M., Carson, V., Chaput, J., Janssen, I., ... Tremblay, M. S. (2016). Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth 1, 239(June).
- Pulido-Arjona, L., Correa-Bautista, J. E., Agostinis-Sobrinho, C., Mota, J., Santos, R., Correa-

- Rodríguez, M., ... Ramírez-Vélez, R. (2018). Role of sleep duration and sleep-related problems in the metabolic syndrome among children and adolescents. *Italian Journal of Pediatrics*, 44(1). <https://doi.org/10.1186/s13052-018-0451-7>
- Pyper, E., Harrington, D., & Manson, H. (2017). Do parents' support behaviours predict whether or not their children get sufficient sleep? A cross-sectional study. *BMC Public Health*, 17(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4334-4>
- Rögnvaldsdóttir, V; Berglind M.; Valdimarsdóttir, Robert J. Brychta; Soffía M. Hrafnkelsdóttir, Sigurbjörn Á. Arngrímsson, Erlingur Jóhannsson, Kong Y. Chen, and S. L. G. (2018). Physical activity and sleep in Icelandic adolescents. *Physiology & Behavior*, 104(2), 79–85. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.03.040>
- Rombaldi, A. J., & Soares, D. G. (2016). Indicadores da prática de atividade física e da qualidade do sono em escolares adolescentes. *Revista Brasileira de Ciências Do Esporte*, 38(3), 290–296. <https://doi.org/10.1016/j.rbce.2015.10.010>
- Ruiz, J. R., Castro-Piñero, J., Artero, E. G., Ortega, F. B., Sjörström, M., Suni, J., & Castillo, M. J. (2009, November). Predictive validity of health-related fitness in youth: A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1136/bjism.2008.056499>
- Santiago, L.C.S., Lyra, M.J., Cunha Filho, M., Cruz, P.W.S, Santos, Marcos A.M., & Falcão, A. P. S. T. (2015). Efeito de uma sessão de treinamento de força sobre a qualidade do sono de adolescentes. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 21(2), 148–152. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/1517-869220152101144430>
- Short, M. A., Weber, N., Reynolds, C., Coussens, S., and Carskadon, M. A. (2018). Estimating Adolescent Sleep Need Using Dose-Response Modelling. *Sleep*, 41(4), 405–411. <https://doi.org/doi:10.1093/sleep/zsy011>
- Short, Michelle & Weber, N. (2018). *Sleep Duration and Risk-Taking in Adolescents: A systematic review and meta-analysis*. *Sleep Medicine Reviews*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2018.03.006>
- Sjo, M. (2008). PEDIATRIC REVIEW Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health, (December 2007), 1–11. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>
- Smith, J. J., Eather, N., Morgan, P. J., Plotnikoff, R. C., Faigenbaum, A. D., & Lubans, D. R. (2014). The health benefits of muscular fitness for children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 44(9), 1209–1223. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0196-4>
- Smith, J. J., Eather, N., Weaver, R. G., Riley, N., Beets, M. W., & Lubans, D. R. (2019). Behavioral Correlates of Muscular Fitness in Children and Adolescents: A Systematic Review. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01089-7>
- Soares, C., & Almondes, K. de. (2012). Sono e cognição: implicações da privação do sono para a percepção visual e visuoespacial. *Psico*, 43(1), 85–92. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5163213%0Ahttp://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/revistapsico/article/view/11102>
- Stamatakis, K. A., & Punjabi, N. M. (2007). Long sleep duration: A risk to health or a marker of risk? *Sleep Medicine Reviews*, 11(5), 337–339. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2007.07.006>
- Štefan, L., Krističević, T., & Sporiš, G. (2018). The associations of self-reported physical fitness and physical activity with sleep quality in young adults: A population-based study. *Mental Health and Physical Activity*, 14, 131–135. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2018.04.002>
- Strand, L. B., Laugsand, L. E., Wisløff, U., Nes, B. M., Vatten, L., & Janszky, I. (2013). Insomnia symptoms and cardiorespiratory fitness in healthy individuals: The Nord-Trøndelag health study (HUNT). *Sleep*, 36(1), 99–108. <https://doi.org/10.5665/sleep.2310>
- Tarp, J., Støle, A. P., Blond, K., & Grøntved, A. (2019). Cardiorespiratory fitness, muscular strength and risk of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Diabetologia*, 62(7), 1129–1142. <https://doi.org/10.1007/s00125-019-4867-4>
- Thivel D, Isacco L, Aucouturier J, et al. (2015). Bedtime and Sleep Timing but not Sleep Duration

Are Associated With Eating Habits in Primary School Children, 36(3), 158–65.

- Tomkinson, G. ., Léger, L., Olds, T., & Cazorla, G. (2003). Worldwide variation in the performance of children and adolescents: An analysis of 109 studies of the 20-m shuttle run test in 37 countries. *Journal of Sports Sciences*, 33(4), 285–300. <https://doi.org/10.1080/02640410500432193>
- Tomkinson, G. R., Lang, J. J., & Tremblay, M. S. (2017). Temporal trends in the cardiorespiratory fitness of children and adolescents representing 19 high-income and upper middle-income countries between 1981 and 2014. *British Journal of Sports Medicine*, 53(8), 478–486. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097982>
- Tremblay, M. S., Chaput, J. P., Adamo, K. B., Aubert, S., Barnes, J. D., Choquette, L., ... Carson, V. (2016). Canadian 24-Hour Movement Guidelines for the Early Years (0-4 years): An Integration of Physical Activity, Sedentary Behaviour, and Sleep. *BMC Public Health*, 17(41), 311–327. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4859-6>
- Van der Lely, S., Frey, S., Garbazza, C., Wirz-Justice, A., Jenni, O. G., Steiner, R., Schmidt, C. (2015). Blue blocker glasses as a countermeasure for alerting effects of evening light-emitting diode screen exposure in male teenagers. *Journal of Adolescent Health*, 56(1), 113–119. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2014.08.002>
- Wang, Y., & Yip, T. (2020). Sleep Facilitates Coping: Moderated Mediation of Daily Sleep, Ethnic/Racial Discrimination, Stress Responses, and Adolescent Well-Being. *Child Development*, 91(4), e833–e852. <https://doi.org/10.1111/cdev.13324>
- WHO. World Health Organization. (2006). Orientation Programme on Adolescents Health for Health-care Providers. In *ISBN: 4567890123456* (pp. 1–531).
- WHO. World Health Organization. (2010). Global Recommendations on Physical Activity for Health. WHO Press: Geneva, Switzerland. In *ISBN: 9241591269 (English)* (pp. 1–403).
- WHO. World Health Organization. (2020). *WHO Guidelines on physical activity and sedentary behaviour*. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/325147/WHO-NMH-PND-2019.4-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://www.who.int/iris/handle/10665/311664%0Ahttps://apps.who.int/iris/handle/10665/325147>
- Willingham, B. D. T. (2013). Are Sleepy Students Learning? (pp. 35–39). American Educator.
- Youngstedt, S. D., Elliott, J. A., & Kripke, D. F. (2019). Human circadian phase–response curves for exercise. *Journal of Physiology*, 597(8), 2253–2268. <https://doi.org/10.1113/JP276943>
- Youngstedt, S. D., Perlis, M. L., O'Brien, P. M., Palmer, C. R., Smith, M. T., Orff, H. J., & Kripke, D. F. (2003). No association of sleep with total daily physical activity in normal sleepers. *Physiology and Behavior*, 78(3), 395–401. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(03\)00004-0](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(03)00004-0)
- Zaqout, M., Vyncke, K., Moreno, L. A., De Miguel-Etayo, P., Lauria, F., Molnar, D., ... Michels, N. (2016). Determinant factors of physical fitness in European children. *International Journal of Public Health*, 61(5), 573–582. <https://doi.org/10.1007/s00038-016-0811-2>
- Zhang, J., Xu, Z., Zhao, K., Chen, T., Ye, X., Shen, Z., ... Li, S. (2017). Sleep Habits, Sleep Problems, Sleep Hygiene, and Their Associations With Mental Health Problems Among Adolescents. *Journal of the American Psychiatric Nurses Association*, 24(3), 223–234. <https://doi.org/10.1177/1078390317715315>

CAPÍTULO V

ESTUDO III

Estudo III

Associação da aptidão física com a duração do sono em adolescentes: um estudo transversal do LabMed Physical Activity Study.

Fonseca, A.P¹; Azevedo, C².; Lopes, L³.; Moreira, C³.; Oliveira, A³.; Sousa-Sá, E^{3,4}.; Abreu, S³.; Agostinis-Sobrinho, C^{3,5}. & Santos, R^{3,6}.

¹ Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia, Campo Grande 376, 1749-024, Lisboa, Portugal. Phone: +351 963 640 100. Email: aplmf82@gmail.com (**Corresponding author**).

² Laboratório de Cronobiologia e Comportamento. Departamento de Fisiologia e Comportamento. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 1511, 59078-970 Natal, Brasil. Phone: +55 84 3342-2281 (ramal 551)

³ Research Centre in Physical Activity, Health and Leisure, Faculty of Sport, University of Porto, Portugal R. Dr Plácido da Costa 91, 4200-450, Porto, Portugal. Phone: +351 22 042 5200

⁴ Universidade Lusófona, CIDEFES (Centro de Investigação em Desporto, Educação Física e Exercício e Saúde), Lisboa, Portugal

⁵ Faculty of Health Sciences, Klaipeda University, LT-91274 Klaipeda, Lithuania

⁶ National Program for Physical Activity Promotion—Portuguese Directorate-General of Health, Portuguese Ministry of Health, 1049-005 Lisbon, Portugal

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer aos estudantes, professores e funcionários das escolas participantes dos estudos. À Universidade Lusófona de Lisboa, pelo suporte financeiro, na pessoa do diretor do Doutoramento em Educação Física e Desporto, Professor Doutor Francisco Carreiro da Costa. Rute Santos é apoiada pela Fundação Portuguesa de Ciência e Tecnologia (CEECIND/01069/2017 e FCT/UIDB/00617/2020), assim como Luís Lopes (CEECIND/01089/2017 and FCT/UIDB/00617/202).

Resumo

Objetivo: Este estudo teve como objetivo investigar a associação entre a aptidão física e a duração do sono, em adolescentes Portugueses.

Métodos: O desenho do estudo foi um coorte transversal numa amostra de 1017 adolescentes (471 meninas) com idade média de $14,6 \pm 1,8$ anos. A duração do sono foi auto reportada e a aptidão cardiorrespiratória foi avaliada pelo teste de vai-e-vem 20m da bateria de testes ALPHA.

Resultados: Em relação aos padrões de sono, 75,9% dos participantes cumpriram as recomendações de sono. A duração do sono diferiu entre semana e fim de semana, com diferenças entre os gêneros, sendo que os meninos dormiam mais nos dias da semana e as meninas nos fins de semana. Na caracterização da aptidão física, 60,5% dos adolescentes atingiram os níveis saudáveis de aptidão cardiorrespiratória. Os meninos apresentaram maior aptidão cardiorrespiratória e maior VO_2 máx do que as meninas. Nos dias de escola, foram estatisticamente significativos os modelos lineares generalizados para os meninos, no sentido de que os adolescentes que cumpriam as recomendações do sono, apresentaram maior aptidão cardiorrespiratória, apenas em relação aos que dormiam mais. Relativamente à duração do sono, nos fins de semana e, tendo em consideração todos os dias da semana, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre gêneros para a aptidão cardiorrespiratória (nº de percursos do teste de vai-e-vem e $VO_{2máx}$).

Conclusão: Houve uma associação significativa, entre duração do sono e a aptidão cardiorrespiratória, apenas nos dias da semana, em meninos. Os adolescentes que cumpriam as recomendações do sono apresentaram melhor aptidão cardiorrespiratória, em comparação apenas aos que dormiam mais do que o recomendado.

Introdução

A aptidão física é um importante marcador do estado de saúde atual e futuro de crianças e adolescentes (Ruiz et al., 2009), sendo definido como a capacidade que um indivíduo necessita para executar habilidades motoras específicas com vigor e atenção, sem fadiga excessiva e com energia para desfrutar de atividades de lazer e atender a emergências imprevistas (ACSM, 2018). As capacidades de aptidão física são geralmente agrupadas e relacionadas com a saúde (aptidão cardiorrespiratória, composição corporal, força e resistência muscular e flexibilidade) e com a performance motora (agilidade, coordenação, equilíbrio, potência, tempo de reação e velocidade) (ACSM, 2018; Tomkinson, Lang, & Tremblay, 2017).

Níveis adequados de aptidão cardiorrespiratória têm sido associados a um menor risco de doenças cardiovasculares (García-Hermoso et al., 2020), melhor qualidade de vida (Evaristo et al., 2019) e melhor estado de saúde e bem-estar na juventude (Artero et al., 2011; Ortega et al., 2008; Smith et al., 2014, 2019). No entanto, os níveis de aptidão física em adolescentes tem diminuído nas últimas décadas (Lang et al., 2019; Tomkinson et al., 2003; Tomkinson, Lang & Tremblay, 2017). De facto, a inatividade física e a baixa aptidão física em adolescentes, têm se tornado uma questão importante de saúde pública, pois acompanham à idade adulta (Hayes et al., 2019), aumentando os riscos futuros de mortalidade prematura (Högström, Nordström, & Nordström, 2015; Tomkinson et al., 2003), doenças cardiovasculares (Barker et al., 2018; Ortega et al., 2008), câncer (Hillreiner et al., 2020), diabetes (Tarp et al. 2019), hipertensão, e obesidade (Hallal et al., 2012; Katzmarzyk et al., 2005; Kriemler et al., 2011; Lee et al., 2011; WHO, 2010).

O sono, necessidade básica do ser humano, também tem uma importância plausível com implicações para a saúde física e mental, assim como, para o bem-estar (Chaput, Saunders, & Carson, 2017; Willingham, 2013), sendo a diminuição crónica do sono também considerada um problema de saúde pública (Chaput et al., 2020; Itani, et al., 2017; Owens, 2014b). Em crianças e adolescentes, uma duração inadequada do sono tem sido associada ao excesso de adiposidade (Chaput et al., 2016; Miller et al., 2018), pior regulação emocional (estresse, ansiedade e sintomas depressivos), menor desempenho académico (por exemplo, concentração e memória) e menor qualidade de vida (Carskadon, 2011; Chaput et al., 2016).

A *National Sleep Foundation* nos EUA recomenda que adolescentes de 14-17 anos durmam entre 8 a 10h por noite para maximizar a saúde geral (Hirshkowitz et al., 2015). Isto é consistente com as diretrizes mais recentes da Austrália (AUGov, 2019) e Canadá (Tremblay et

al., 2016), que aconselham, para além da duração do sono, sejam considerados horários para deitar/adormecer e levantar/acordar com um padrão consistente. No entanto, apesar dos efeitos prejudiciais à saúde do sono inadequado, as evidências mostram que os adolescentes tendem a dormir menos em comparação com as gerações anteriores (Keyes et al., 2015; Matricciani et al., 2012).

A adolescência é um período da vida caracterizado por muitas mudanças comportamentais, socioculturais e fisiológicas (Brand & Kirov, 2011; WHO., 2006). Durante a adolescência há uma maior necessidade de sono em comparação com a idade adulta, mas menor em comparação com o período da infância (Andrade et al., 1993; Carskadon, et al., 1993; Hagenauer et al., 2009). Para o desenvolvimento saudável do adolescente, o sono é um fator importante na regulação de funções diárias essenciais, como as emoções, o comportamento e a atenção (Carskadon, Acebo & Jenni, 2004; Dahl & Lewin 2002). No entanto, assiste-se a uma alta incidência de redução na duração do sono em adolescentes devido a um conflito entre o atraso biológico nos horários de sono (Andrade et al., 1993; Carskadon, et al., 1993; Carskadon, 2011) e alguns fatores sociais (Bjorvatn & Pallesen, 2009), como os horários escolares matutinos, que atuam como um forte sincronizador do horário de despertar ao longo da semana (Andrade et al., 1993). Entre outros fatores podemos citar: interação por redes sociais e aumento do uso de mídias eletrônicas (Calamaro et al., 2009; Lemola et al., 2014; Oliveira, 2016); extensão do horário de vigília para cumprir as atividades acadêmicas (Carskadon, 2011); e maior exposição à luz durante a noite relacionada a essas atividades (Calamaro et al., 2009; Gellis & Lichstein, 2009; Van der Lely et al., 2015). Assim, os adolescentes acordam mais cedo encurtando a duração do sono na semana e acordam mais tarde, estendendo o sono nos finais de semana, levando a uma irregularidade nos horários e duração do sono (Carskadon, 2011).

Tem crescido o número de pesquisas que tem se interessado na relação entre a aptidão e atividade física e o sono, e seus benefícios para a saúde dos adolescentes (Gillis & El-Sheikh, 2019). Sono insatisfatório, em adolescentes, tem sido associado à diminuição da aptidão cardiorrespiratória, menores níveis de resistência muscular e flexibilidade, quando comparado com adolescentes com duração de sono adequada (Countryman et al., 2013). Elevados níveis de aptidão cardiorrespiratória têm sido associados a uma menor probabilidade de ter problemas de ansiedade relacionados ao sono, em adolescentes (García-Hermoso et al., 2015). Em contrapartida, existem na literatura estudos em que não foi observada associação da aptidão física com a duração do sono em crianças (Thivel et al., 2015; Zaqout et al., 2016).

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi analisar a associação entre a duração do sono e a aptidão cardiorrespiratória em adolescentes Portugueses.

Métodos

2.1 Desenho do estudo e Amostra

O desenho deste estudo foi um coorte transversal utilizando dados do “LabMed Physical Activity Study” (Análise Longitudinal de Biomarcadores e Determinantes Ambientais da Atividade Física), um estudo prospetivo realizado em escolas de 4 cidades do Norte de Portugal. A descrição detalhada da metodologia deste estudo foi previamente descrita em Agostinis-Sobrinho et al., 2016; Oliveira-Santos et al., 2016. Resumidamente, os dados foram recolhidos em 2011, para 1229 adolescentes aparentemente saudáveis, com idades entre os 12 e os 18 anos. Para o presente estudo, a amostra foi composta por 1017 adolescentes (471 meninas), com idade média de $14,6 \pm 1,8$ anos.

Os objetivos do estudo foram comunicados a todos os participantes e o consentimento informado por escrito foi obtido por parte dos adolescentes participantes e dos pais ou responsáveis legais. Este estudo foi realizado de acordo com a Declaração de Helsínquia para Estudos Humanos e aprovado pelo Ministério da Ciência e Educação Português (0246200001/2011) e pela Autoridade Portuguesa para a Proteção de Dados (# 1112434/2011).

2.2 Aptidão Cardiorrespiratória

A aptidão cardiorrespiratória foi avaliada com o teste de vai-e-vem 20m seguindo os protocolos da bateria de testes de aptidão física relacionada à saúde (Ruiz et al., 2011; ALPHA, 2009) e o VO_{2max} calculado (Leger et al., 1988).

O teste de vai-e-vem de 20 metros requer que os participantes corram durante o maior tempo possível entre duas linhas separadas uma da outra à uma distância de 20 metros. A velocidade de corrida começa em 8,5 km/h e aumenta 0,5 km/h a cada minuto, chegando a 18,0 km/h no último minuto. Cada nível é anunciado em um sinal sonoro. Os participantes foram instruídos a acompanhar o ritmo até a exaustão. O teste finalizava quando o participante não conseguia alcançar as linhas finais simultaneamente com os sinais sonoros em duas ocasiões consecutivas. Caso contrário, o teste terminava quando o sujeito atingia a fadiga. Os participantes receberam incentivos verbais dos pesquisadores para atingir o desempenho máximo, ou seja, para continuar a correr o maior tempo possível. O número de percursos realizado por cada participante foi registrado.

2.3 Duração do Sono

A duração total do sono em cada dia da semana e nos finais de semana foi auto-reportada. Os adolescentes foram questionados a que horas costumavam acordar pela manhã e a que horas costumavam ir para a cama à noite, num dia típico de escola e num dia típico de fim de semana. A duração do sono durante uma semana completa foi calculada como a média ponderada dos horários de sono durante a semana e nos finais de semana (duração média do sono por dia = $(5 * \text{duração do sono nos dias da semana} + 2 * \text{duração do sono nos finais de semana}) / 7$).

A duração do sono dos participantes, considerando os dias de escola e de fim de semana, foi categorizada de acordo com as recomendações de idade das diretrizes da National Sleep Foundation (Hirshkowitz et al., 2015) para adolescentes. Os participantes foram categorizados em 3 grupos: i) dormiram menos do que o recomendado (<9h/noite abaixo de 14 anos e <8h/noite acima de 14 anos); ii) adolescentes que atenderam às recomendações (9h-11h/noite abaixo de 14 anos e 8h-10h/noite acima de 14 anos); iii) e os que dormiram mais do que o recomendado (>11h/noite abaixo de 14 anos e >10h/noite acima de 14 anos).

2.4. Nível Socioeconômico

O nível socioeconômico foi avaliado pela Escala de Afluência Familiar (Currie et al., 2008), uma escala desenvolvida especificamente para avaliar o Nível Sócio Econômico (NSE) de crianças e adolescentes no contexto do estudo “Health Behavior in School-Aged Children Study” da Organização Mundial de Saúde.

2.5. Análise dos dados

Foram calculadas médias e desvios-padrão para toda a amostra e para o gênero. O teste *t* foi usado para comparar as diferenças entre meninos e meninas para variáveis contínuas. Testes de *Qui-quadrado* foram usados para comparar a proporção de participantes, i.e., meninos *vs* meninas, que cumprem com as recomendações de sono, de acordo com as categorias da semana (semana inteira, dias de escola e fins de semana). Foram realizadas análises de Modelos Lineares Generalizados (MLG) para descrever as associações entre a aptidão cardiorrespiratória e as categorias de duração do sono, nos dias de escola, fins de

semana e semana inteira. Foi testada a colinearidade entre as variáveis utilizando os coeficientes de *Pearson* e *Spearman*. A significância estatística foi estabelecida em 0.05 para todas as análises. Usou-se o IBM SPSS®, v 25.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA) para todas as análises de dados.

Resultados

Dentre os adolescentes, 53,7% eram do sexo masculino ($X^2=5,531$; $p=0,019$), cuja média de idades foi de $14,6 \pm 1,8$ anos. Relativamente às condições socioeconómicas, 55,5% da amostra pertencem ao NSE médio e 40,4% ao NSE alto ($X^2=1005,78$; $p<0,0001$).

Para todos os dias da semana, 75,9% da amostra cumpriu com as recomendações do sono ($X^2=851,192$; $p<0,0001$), com uma média de $9,12 \pm 0,82$ h/noite, sendo $8,81 \pm 0,91$ h/noite na semana e $9,89 \pm 1,49$ h /noite no fim de semana (Tabela 1). A duração do sono quando comparada entre os dias de escola e fins de semana foi estatisticamente diferente entre meninos e meninas ($p<0,05$). Como esperado, nos fins de semana os adolescentes passaram a dormir mais em relação aos dias de escola, assim como observamos que os meninos dormiram mais do que as meninas nos dias de escola e as meninas dormiram mais que os meninos nos fins de semana (Tabela 1).

Em relação à caracterização da aptidão física, 60,5% dos adolescentes atingiram os níveis saudáveis de aptidão cardiorrespiratória ($X^2=44,611$; $p<0,0001$). Houve diferença estatisticamente significativa entre meninos e meninas, no sentido dos meninos mostrarem maior aptidão cardiorrespiratória (nº de percursos no teste de vai-e-vem) ($t=-20,907$; $p<0,0001$) e maior $VO_{2\text{ máx}}$ ($t=-19,831$; $p<0,0001$) em relação às meninas (Tabela 1).

Considerando os modelos elaborados, utilizando a duração do sono em 3 categorias (atenderam às recomendações; dormiram menos do que o recomendado; e dormiram mais do que o recomendado) como preditor da aptidão cardiorrespiratória, levando em consideração todos os dias da semana, os dias de escola e os dias de fim de semana, foram estatisticamente significativos os modelos nos dias de escola para os meninos, tanto para o número de percursos realizados no teste de vai-e-vem ($F=5,939$; $p=0,003$) como para o $VO_{2\text{ máx}}$ ($F=6,563$; $p=0,002$) (Tabela 2).

Dentro do modelo, foram observadas diferenças significativas também para meninos nos dias de escola, tanto para o número de percursos realizados no teste de vai-e-vem ($\beta=16,417$, $p=0,001$; IC a 95%: 6,358 a 26,476), como para o $VO_{2\text{ máx}}$ ($\beta=4,755$, $p=0,001$; IC a 95%: 1,989 a 7,522) (Tabelas 2 e 3).

Relativamente ao teste de vai-e-vem, os adolescentes que atenderam as recomendações do sono apresentaram melhor aptidão cardiorrespiratória em relação aos que dormiam mais que o recomendado (Bonferroni $p=0,04$). Entretanto, não diferiam em relação aos que dormiam menos que o recomendado (Bonferroni $p=0,282$), que apresentaram melhor aptidão cardiorrespiratória do que os adolescentes que dormiam mais que 10h (Bonferroni $p=0,049$)

(Tabelas 2; Gráficos 1). Na avaliação do $VO_{2m\acute{a}x}$, os adolescentes que cumpriam as recomendações do sono apresentaram maior $VO_{2m\acute{a}x}$ em relação aos que dormiam acima das recomendações (Bonferroni $p=0,002$). Entretanto, não diferiam em relação aos que dormiam menos que o recomendado (Bonferroni $p=0,243$). Ainda, os que dormiam acima do recomendado apresentaram menor $VO_{2m\acute{a}x}$ em relação aos que dormiam menos que o recomendado (Bonferroni $p=0,034$) (Tabela 3; Gráfico 2).

Com relação à duração do sono nos fins de semana e levando-se em consideração a semana completa, não foram observados modelos estatisticamente significativos nem para o número de percursos realizados no teste de vai-e-vem e nem para o $VO_{2m\acute{a}x}$ em relação ao género (Tabelas 2 e 3).

Tabela 1 – Caracterização geral dos adolescentes (média±DP).

| | Todos (n=1017) | Meninos (n=546) | Meninas (n=471) | p |
|--|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------|
| Idade (anos) | 14.6±1.8 | 14.7±1.9 | 14.4±1.8 | 0.004* |
| Nível Socioeconômico | 6.3±1.6 | 6.3±1.6 | 6.4±1.6 | 0.180 |
| Duração do sono - (horas/dia) | | | | |
| Semana completa | 9.12±0.82 | 9.08±0.83 | 9.17±0.82 | 0.104 |
| Dias de escola | 8.81±0.91 | 8.87±0.92 | 8.75±0.89 | 0.034* |
| Fim de semana | 9.89±1.49 | 9.62±1.49 | 10.21±1.41 | <0.001* |
| Aptidão física | | | | |
| Teste de vai-e-vem de 20m - distância (nº percursos) | 45.88±25.86 | 59.05±26.18 | 30.61±14.70 | <0.001* |
| VO _{2máx} | 41.99±7.04 | 45.44±6.67 | 37.98±5.06 | <0.001* |

* Test t, p<0,05.

Tabela 2. Modelo GLM - Análise de efeitos da duração do sono na aptidão cardiorrespiratória (nº percursos) dos adolescentes, por sexo.

| | Número de percursos no teste de vai-e-vem | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--|-------|----------|----------|--------|-------|----------------|---------------|----------|----------|--------|---------------|
| | Meninas | | | | | | Meninos | | | | | |
| | F | p | B | IC 95% | | p | F | p | B | IC 95% | | p |
| Duração do sono | | | Inferior | Superior | | | | | Inferior | Superior | | |
| Semana completa | 1.829 | 0.162 | 2.182 | -2.743 | 7.106 | 0.384 | 0.236 | 0.79 | 2.475 | -5.912 | 10.862 | 0.562 |
| Dias de semana | 1.586 | 0.206 | 6.778 | -1.444 | 14.999 | 0.106 | 5.939 | 0.003* | 16.417 | 6.358 | 26.476 | 0.001* |
| Fins de semana | 1.049 | 0.351 | 1.502 | -1.164 | 4.169 | 0.269 | 1.374 | 0.254 | -3.912 | -8.729 | 0.905 | 0.111 |

B=Coeficiente do modelo GLM; IC=Intervalo de Confiança; p=nível de significância. * B=-8.197, p=0.001 para termo quadrático.

Tabela 3. Modelo GLM - Análise de efeitos da duração do sono na aptidão cardiorrespiratória (VO_{2máx}) dos adolescentes, por sexo.

| Parâmetro do Sono | VO _{2máx} | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------------|-------|-------|----------|----------|-------|---------|---------------|----------|----------|-------|---------------|
| | Meninas | | | | | | Meninos | | | | | |
| | F | p | B | IC 95% | | p | F | p | B | IC 95% | | p |
| Duração do sono | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Inferior | Superior | | | | Inferior | Superior | | |
| Semana completa | 1.17 | 0.311 | 0.603 | -0.899 | 2.104 | 0.431 | 0.31 | 0.734 | 0.708 | -1.529 | 3.089 | 0.507 |
| Dias de semana | 1.499 | 0.224 | 2.123 | -0.381 | 4.627 | 0.096 | 6.563 | 0.002* | 4.755 | 1.989 | 7.522 | 0.001* |
| Fins de semana | 1.02 | 0.361 | 0.474 | -0.338 | 1.286 | 0.252 | 1.561 | 0.211 | -1.152 | -2.477 | 0.174 | 0.089 |

B=Coefficiente do modelo GLM; IC=Intervalo de Confiança; p=nível de significância. Testes post hoc de Bonferroni: os valores p<0,05 são significativos. * B=-2.370, p<0.001 para termo quadrático.

Gráfico 1. Duração do sono e aptidão cardiorrespiratória (nº de percursos) dos adolescentes.

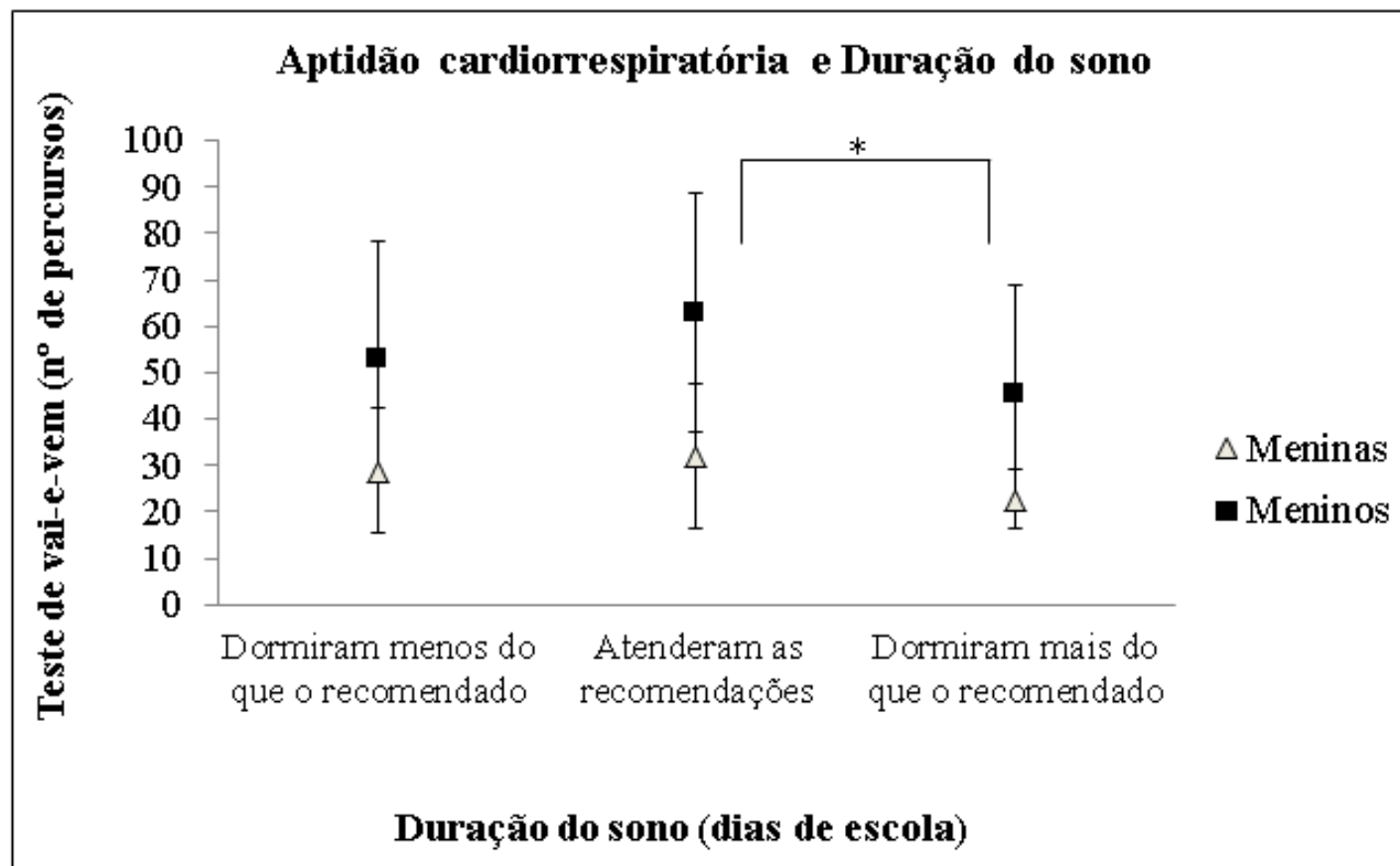
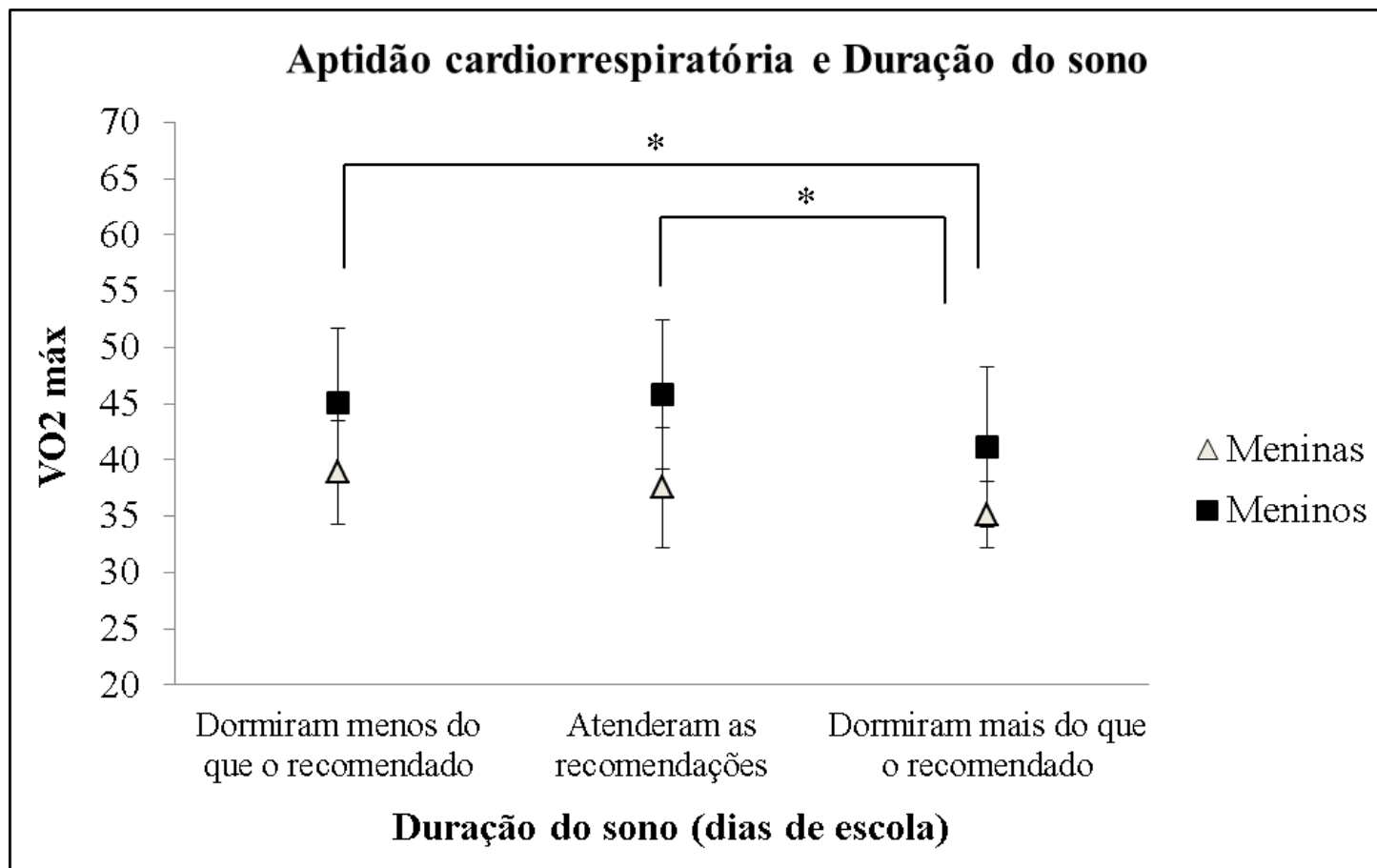


Gráfico 2. Duração do sono e $VO_{2máx}$ (média) dos adolescentes.



Discussão

Este estudo objetivou verificar a associação da duração do sono com a aptidão cardiorrespiratória, em adolescentes Portugueses. As médias da duração do sono entre meninos e meninas diferiram entre dias de escola e fim de semana, sendo maiores nos fins de semana. Foi observado pelo Modelo Linear Generalizado, uma associação entre a duração do sono e a aptidão cardiorrespiratória (nº de percursos no teste de vai-e-vem), no sentido de que nos meninos, o cumprimento das recomendações do sono nos dias de escola, previu uma melhor aptidão cardiorrespiratória em relação aos adolescentes que dormiam em excesso; ou seja, dormir o recomendado estava relacionado com ser mais apto fisicamente. Na avaliação do $VO_{2máx}$, os adolescentes que atendiam as recomendações do sono apresentaram maior $VO_{2máx}$ em relação aos que dormiam acima das recomendações. Entretanto, não diferem em relação aos que dormiam menos que o recomendado. Ainda, os que dormiam acima das recomendações apresentaram menor $VO_{2máx}$ em relação aos que dormiam menos que estas, confirmando os prejuízos para a saúde de se dormir em excesso (Léger et al., 2014).

Os nossos resultados indicam que 75,9% da amostra atendeu as recomendações do sono da *National Sleep Foundation* (Hirshkowitz et al., 2015) na semana inteira, 63,1% nos dias de escola (33,8% dormiam menos que o recomendado) e 53,6% nos fins de semana (28,6% dormiam mais que o recomendado). Desta forma, nossos achados mostram um percentual elevado de cumprimento das recomendações de sono nesta faixa etária diferente do observado na maioria dos estudos realizados em adolescentes que não cumprem as recomendações do sono (Crowley et al., 2018; Owens, 2014; Short et al., 2018; Short & Weber, 2018). Isto pode estar relacionado com a boa condição socioeconómica desta amostra, corroborado na revisão sistemática de Felden et al. (2015), que observou a relação da maior duração do sono com o nível socioeconómico.

Ainda neste contexto, observamos nos nossos resultados que a duração do sono diferiu entre dias de escola e fins de semana, no sentido de que os adolescentes passaram a ter uma maior duração de sono noturno, e, apesar de terem dormido menos do que o recomendado nos fins de semana, passaram a dormir mais que o recomendado em comparação aos dias de semana. Estes resultados vão de encontro aos encontrados no artigo de revisão de Crowley et al., 2018, onde a pressão dos horários escolares matinais associado às pressões sociais à noite, faz com que os adolescentes durmam mais tarde, levando à privação do sono nos dias de escola e a compensação desta nos finais de semana (Andrade et al., 1993; Crowley et al., 2018).

Entretanto, no contexto da aptidão cardiorrespiratória, os nossos dados mostram que 60,5% dos adolescentes atingiram os níveis saudáveis de aptidão cardiorrespiratória (ALPHA, 2009). No entanto, sabemos que de acordo com o descrito no artigo de revisão de Tomkinson et al. (2017), a evidência aponta para um declínio internacional substancial na aptidão cardiorrespiratória em crianças e adolescentes nos últimos anos em diversos países. Esse declínio poderá estar relacionado com o aumento da inatividade física em adolescentes, mostrando a necessidade de avaliar e encontrar estratégias eficazes para aumentar a prática de atividade física nesta faixa etária (Borde et al., 2017; Howie & Straker, 2016; Kriemler et al., 2011), visto que há evidências que sugerem que os níveis de atividade e aptidão física durante a adolescência podem fazer “tracking” à idade adulta (Hayes et al., 2019).

Uma possibilidade para o contexto atual de redução da prática de atividade física, e consequentemente na aptidão física (Gerber et al., 2010), poderá relacionar-se com o desenvolvimento de novas tecnologias, permitindo aos adolescentes reduzirem a quantidade de atividade necessária para realizar muitas tarefas em seu dia a dia (Hallal et al., 2012). De modo semelhante, o aumento no uso de mídia eletrônicas (Mireku et al., 2019), assim como a interação por redes sociais (Lemola et al., 2014) contribuem para a redução na duração do sono em adolescentes.

Observamos uma associação entre a aptidão cardiorrespiratória (nº de percursos no teste de vai-e-vem de 20m) e a duração do sono nos dias de escola, em meninos, no sentido de que o cumprimento das recomendações do sono previu maior aptidão cardiorrespiratória, apenas em relação a quem dormia em excesso. Assim, dormir mais que o recomendado associou-se com uma menor aptidão cardiorrespiratória e, evidências anteriores mostram que, dormir menos traz riscos cardiovasculares à saúde (Owens, 2014), mas também dormir em excesso, além do recomendado, está associado com doenças psiquiátricas, maiores índices de massa corporal em adolescentes e adultos (Barker et al., 2018; Chaput et al., 2020; Chaput et al., 2016; Léger et al., 2014), além de fadiga, apneia e má qualidade do sono (Stamatakis & Punjabi, 2007). Ainda, em um estudo com 552 adolescentes, em que o teste de vai-e-vem de 20m também foi usado para estimar a aptidão física, verificou que as meninas que foram classificadas como aptas eram mais propensas a relatar um sono melhor em relação às menos aptas (Mota e Vale, 2010).

Dentro das limitações do nosso estudo, observamos que as variáveis coletadas dos parâmetros de sono foram reduzidas, não foram coletados, por exemplo, informações sobre

sestas, qualidade e distúrbios do sono. Além de que, a duração do sono, foi autorreferida, o que pode levar a subestimadas ou superestimadas proposições, levando a um falso negativo.

Assim, para pesquisas futuras, há a necessidade de avaliar de forma objetiva um maior número de variáveis relacionadas ao sono, bem como trabalhar com uma população mais equilibrada no quesito aptidão física, a fim de averiguar, de fato, a associação do sono com a aptidão cardiorrespiratória em adolescentes.

Portanto, concluímos que houve associação significativa, em meninos, entre a duração do sono com a aptidão cardiorrespiratória nos dias de escola, avaliada por medida objetiva, ou seja, adolescentes que cumpriram as recomendações do sono, nos dias de semana, apresentaram melhor aptidão cardiorrespiratória. Além de que, adolescentes que dormiam em excesso apresentaram menor aptidão cardiorrespiratória que os que cumpriam e dormiam menos que as recomendações do sono. Não foram observadas associações significativas dentro do modelo, para as meninas. Com relação à duração do sono nos fins de semana e levando-se em consideração a semana completa, não foram observados modelos estatisticamente significativos nem para o número de percursos realizados no teste de vai-e-vem e nem para o $VO_{2máx}$ em relação ao gênero.

Referências

- ACSM. (2018). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. (M. et al. . . Riebe, D., Ehrman., J. K., Liguori, G., Magal, Ed.), *Choice Reviews Online* (10Th Ed). Wolters Kluwer. <https://doi.org/10.5860/choice.35-6295>
- Agostinis-Sobrinho, C., Santos, R., Moreira, C., Abreu, S., Lopes, L., Oliveira-Santos, J., ... Mota, J. (2016). Association between serum adiponectin levels and muscular fitness in Portuguese adolescents: LabMed Physical Activity Study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 26(6), 517–524. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2016.02.011>
- ALPHA. (2009). The ALPHA Health-Related Fitness Test Battery for Children and Adolescents Test Manual. *Assesing Levels of Physical Activity*, 1–34.
- Andrade, M., Benedito-Silva, A.A., Domenice, S., Arnhold, I. J., Menna-Barreto, L. . (1993). Sleep Characteristics of A Longitudinal Study Adolescents. *Journal of Adolescent Health*, 14, 401–406. Retrieved from <https://teensneedsleep.files.wordpress.com/2011/04/andrade-et-al-sleep-characteristics-of-adolescents-a-longitudinal-study.pdf>
- Andrade, M. M. M. (1997). Padrões temporais das expressões da sonolência em adolescentes. Retrieved from http://download.springer.com/static/pdf/875/art%3A10.1023%2FA%3A1004249629643.pdf?auth66=1386967415_1b3aa8506e5849567a964c404329aafc&ext=.pdf%5Cnpapers2://publication/uuid/EBF607C7-76DF-487D-B598-9884F41398EC
- Artero, E. G., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., España-Romero, V., Vicente-Rodríguez, G., Molnar, D., ... Gutiérrez, A. (2011). Muscular and cardiorespiratory fitness are independently associated with metabolic risk in adolescents: The HELENA study. *Pediatric Diabetes*, 12(8), 704–712. <https://doi.org/10.1111/j.1399-5448.2011.00769.x>
- AUGov. (2019). Australian 24-Hour Movement Guidelines for Children and Young People (5–17 years): An Integration of Physical Activity, Sedentary Behaviour, and Sleep.
- Barker, A. R., Gracia-Marco, L., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., Aparicio-Ugarriza, R., González-Gross, M., ... Moreno, L. A. (2018). Physical activity, sedentary time, TV viewing, physical fitness and cardiovascular disease risk in adolescents: The HELENA study. *International Journal of Cardiology*, 254, 303–309. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.11.080>
- Bartel, K. A., Gradisar, M., & Williamson, P. (2015). Protective and risk factors for adolescent sleep: A meta-analytic review. *Sleep Medicine Reviews*, 21, 72–85. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2014.08.002>
- Bauducco, S. V., Flink, I. K., Jansson-Fröjmark, M., & Linton, S. J. (2016). Sleep duration and patterns in adolescents: correlates and the role of daily stressors. *Sleep Health*, 2(3), 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2016.05.006>
- Bjorvatn, B., & Pallesen, S. (2009). A practical approach to circadian rhythm sleep disorders. *Sleep Medicine Reviews*, 13(1), 47–60. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2008.04.009>
- Boergers, J., Gable, C. J., & Owens, J. A. (2014). Later school start time is associated with improved sleep and daytime functioning in adolescents. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, 35(1), 11–17. <https://doi.org/10.1097/DBP.0000000000000018>
- Borde, R., Smith, J. J., Sutherland, R., Nathan, N., & Lubans, D. R. (2017). Methodological considerations and impact of school-based interventions on objectively measured physical activity in adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 18(4), 476–490. <https://doi.org/10.1111/obr.12517>
- Brand, S., Beck, J., Gerber M., Hatzinger, M., Holsboer-Trachsler, E. (2010). Evidence of favorable sleep-EEG patterns in adolescent male vigorous football players compared to controls. *World J Biol Psychiatry*, 11, 465–475. <https://doi.org/10.1080/15622970903079820>
- Brand, S., Beck, J., Gerber, M., Hatzinger, M., & Holsboer-Trachsler, E. (2009). Football is good for your sleep: Favorable sleep patterns and psychological functioning of adolescent male intense

- football players compared to controls. *Journal of Health Psychology*, 14(8), 1144–1155. <https://doi.org/10.1177/1359105309342602>
- Brand, S., Gerber, M., Beck, J., Hatzinger, M., Phse, U., & Holsboer-Trachsler, E. (2010). Exercising, sleep-EEG patterns, and psychological functioning are related among adolescents. *World Journal of Biological Psychiatry*, 11(2), 129–140. <https://doi.org/10.3109/15622970903522501>
- Brand, S., & Kirov, R. (2011). Sleep and its importance in adolescence and in common adolescent somatic and psychiatric conditions. *International Journal of General Medicine*, 425. <https://doi.org/10.2147/ijgm.s11557>
- Calamaro, C. J., Mason, T. B. A., & Ratcliffe, S. J. (2009). Adolescents living the 24/7 lifestyle: Effects of caffeine and technology on sleep duration and daytime functioning. *Pediatrics*, 123(6). <https://doi.org/10.1542/peds.2008-3641>
- Carskadon, M. A., Acebo, C., & Jenni, O. G. (2004). Regulation of adolescent sleep: implications for behavior. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1021(1), 276–291. <https://doi.org/doi:10.1196/annals.1308.032>
- Carskadon, M. A., Vieira, C., & Acebo, C. (1993). Association between puberty and delayed phase preference. *Sleep*, 16(3), 258–262. <https://doi.org/10.1093/sleep/16.3.258>
- Carskadon, M. A. (2011). Sleep in Adolescents: The Perfect Storm. *Pediatric Clinics of North America*, 58(3), 637–647. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2011.03.003>
- Carson, V., Hunter, S., Kuzik, N., Gray, C. E., Poitras, V. J., Chaput, J. P., ... Tremblay, M. S. (2016). Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth: An update. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 41(6), S240–S265. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0630>
- Chang & Chen, 2015. (n.d.). Relationships between sleep quality, physical fitness and body mass index in college freshmen. *J Sports Med Phys Fitness*, Oct;55(10).
- Chaput, J., Carson, V., Hunter, S., Kuzik, N., Gray, C. E., Poitras, V. J., ... Tremblay, M. S. (2016). Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth: An update. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 41(6), S240–S265. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0630>
- Chaput, J., Gray, C. E., Poitras, V. J., Carson, V., Gruber, R., Olds, T., ... Tremblay, M. S. (2016a). Sleep and Health Indicators in School-Aged Children and Youth. *Appl. Physiol. Nutr. Metab*, 41(June), S266–S282. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0627>
- Chaput, J., Gray, C. E., Poitras, V. J., Carson, V., Gruber, R., Olds, T., ... Tremblay, M. S. (2016b). Systematic review of the relationships between sleep duration and health indicators in school-aged children and youth. *Appl. Physiol. Nutr. Metab*, 41(June), S266–S282.
- Chaput, J. P., Dutil, C., Featherstone, R., Ross, R., Giangregorio, L., Saunders, T. J., ... Carrier, J. (2020). Sleep duration and health in adults: an overview of systematic reviews. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition et Metabolisme*. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0034>
- Chaput, J., Saunders, T. J., & Carson, V. (2017a). Interactions between sleep , movement and other non- movement behaviours in the pathogenesis of childhood obesity. *American Academy of Pediatrics*, 18(February), 7–14. <https://doi.org/10.1111/obr.12508>
- Chaput, J., Saunders, T. J., & Carson, V. (2017b). Interactions between sleep , movement and other non- movement behaviours in the pathogenesis of childhood obesity, 18(February), 7–14. <https://doi.org/10.1111/obr.12508>
- Countryman, A. J., Saab, P. G., Llabre, M. M., Penedo, F. J., McCalla, J. R., & Schneiderman, N. (2013). Cardiometabolic risk in adolescents: Associations with physical activity, fitness, and sleep. *Annals of Behavioral Medicine*, 45(1), 121–131. <https://doi.org/10.1007/s12160-012-9428-8>
- Crowley, S. J., Acebo, C., & Carskadon, M. A. (2007). Sleep, circadian rhythms, and delayed phase in adolescence. *Sleep Medicine*, 8(6), 602–612. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2006.12.002>
- Crowley, S. J., Wolfson, A. R., Tarokh, L., & Carskadon, M. A. (2018). An update on adolescent sleep: New evidence informing the perfect storm model. *Journal of Adolescence*, 67(April), 55–65.

<https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2018.06.001>

- Currie, C., Molcho, M., Boyce, W., Holstein, B., Torsheim, T., & Richter, M. (2008). Researching health inequalities in adolescents: The development of the Health Behaviour in School-Aged Children (HBSC) Family Affluence Scale. *Social Science and Medicine*, 66(6), 1429–1436. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2007.11.024>
- Dahl, R.E., Lewin, D. S. (2002). Pathways to adolescent health: sleep regulation and behavior. *Journal of Adolescent Health*, 31(6), 175–184 10p. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=rzh&AN=106708169&site=ehost-live>
- Delisle, T. T., Werch, C. E., Wong, A. H., Bian, H., & Weiler, R. (2010). Relationship between frequency and intensity of physical activity and health behaviors of adolescents. *Journal of School Health*, 80(3), 134–140. <https://doi.org/10.1111/j.1746-1561.2009.00477.x>
- Dolezal, B. A., Neufeld, E. V., Boland, D. M., Martin, J. L., & Cooper, C. B. (2017). Corrigendum to “Interrelationship between Sleep and Exercise: A Systematic Review.” *Advances in Preventive Medicine*, 2017, 1–1. <https://doi.org/10.1155/2017/5979510>
- Evaristo, S., Moreira, C., Lopes, L., Oliveira, A., Abreu, S., Agostinis-Sobrinho, C., ... Mota, J. (2019). Muscular fitness and cardiorespiratory fitness are associated with health-related quality of life: Results from labmed physical activity study. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 17(2), 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2019.01.002>
- Felden, É. P. G., Filipin, D., Barbosa, D. G., Andrade, R. D., Meyer, C., & Louzada, F. M. (2016). Factors associated with short sleep duration in adolescents. *Revista Paulista de Pediatria*, 34(1), 64–70. <https://doi.org/10.1016/j.rppede.2015.10.007>
- Felden Gomes, É. P., Leite, C. R., Rebelatto, C. F., Andrade, R. D., & Beltrame, T. S. (2015). Sleep in adolescents of different socioeconomic status : a systematic review. *Revista Paulista de Pediatria (English Edition)*, 33(4), 467–473. <https://doi.org/10.1016/j.rppede.2015.08.009>
- Ferrari Junior, G., Pinto, A., Barbosa, R., Nahas, M., Pelegri, A., & Felden, É. (2017). A baixa duração do sono está associada com a inatividade física em adolescentes amazonenses? *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, 22(4), 373–381. <https://doi.org/10.12820/rbafs.v.22n4p373-381>
- Fonseca, H. (2010). Helping adolescents develop resilience: steps the pediatrician can take in the office. *Adolescent Medicine: State of the Art Reviews*, 21(1), 152–160.
- Fuligni, A. J., Bai, S., Krull, J. L., & Gonzales, N. A. (2019). Individual Differences in Optimum Sleep for Daily Mood During Adolescence. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology*, 48(3), 469–479. <https://doi.org/10.1080/15374416.2017.1357126>
- García-Hermoso, A., Aguilar, M. M., Vergara, F. A., Velásquez, E. J. A., & Marina, R. (2015). Obesity, Cardiorespiratory Fitness, and Self-Reported Sleep Patterns in Chilean School-Aged Children. *Behavioral Sleep Medicine*. <https://doi.org/10.1080/15402002.2015.1083023>
- García-Hermoso, A., Ramírez-Vélez, R., García-Alonso, Y., Alonso-Martínez, A. M., & Izquierdo, M. (2020). Association of Cardiorespiratory Fitness Levels during Youth with Health Risk Later in Life: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Pediatrics*, 174(10), 952–960. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2020.2400>
- Gariépy, G., Danna, S., Gobiņa, I., Rasmussen, M., Gaspar de Matos, M., Tynjälä, J., ... Schnohr, C. (2020). How Are Adolescents Sleeping? Adolescent Sleep Patterns and Sociodemographic Differences in 24 European and North American Countries. *Journal of Adolescent Health*, 66(6), S81–S88. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2020.03.013>
- Ge, Y., Xin, S., Luan, D., Zou, Z., Liu, M., Bai, X., & Gao, Q. (2019). Association of physical activity, sedentary time, and sleep duration on the health-related quality of life of college students in Northeast China. *Health and Quality of Life Outcomes*, 17(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12955-019-1194-x>
- Gellis, L. A., & Lichstein, K. L. (2009). Sleep Hygiene Practices of Good and Poor Sleepers in the United States: An Internet-Based Study. *Behavior Therapy*, 40(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.beth.2008.02.001>

- Gerber, M., Brand, S., Herrmann, C., Colledge, F., Holsboer-Trachsler, E., & Pühse, U. (2014). Increased objectively assessed vigorous-intensity exercise is associated with reduced stress, increased mental health and good objective and subjective sleep in young adults. *Physiology and Behavior*, *135*, 17–24. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.05.047>
- Gerber, M., Brand, S., Holsboer-Trachsler, E., & Pühse, U. (2010). Fitness and exercise as correlates of sleep complaints: Is it all in our minds? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *42*(5), 893–901. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181c0ea8c>
- Gillis, B. T., & El-Sheikh, M. (2019). Sleep and adjustment in adolescence: physical activity as a moderator of risk. *Sleep Health*, *5*(3), 266–272. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2019.02.001>
- Hagenauer, M. H., Perryman, J. I., Lee, T. M., & Carskadon, M. A. (2009). Adolescent changes in the homeostatic and circadian regulation of sleep. *Developmental Neuroscience*, *31*(4), 276–284. <https://doi.org/10.1159/000216538>
- Hallal, P. C., Andersen, L. B., Bull, F. C., Guthold, R., Haskell, W., Ekelund, U., ... Group, W. (2012). Physical Activity 1 Global physical activity levels : surveillance progress , pitfalls ,. *The Lancet*, *380*(9838), 247–257. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60646-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60646-1)
- Hayes, G., Dowd, K. P., MacDonncha, C., & Donnelly, A. E. (2019). Tracking of Physical Activity and Sedentary Behavior From Adolescence to Young Adulthood: A Systematic Literature Review. *Journal of Adolescent Health*, *65*(4), 446–454. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2019.03.013>
- Hillreiner, A., Baumeister, S. E., Sedlmeier, A. M., Finger, J. D., Schlitt, H. J., & Leitzmann, M. F. (2020). Association between cardiorespiratory fitness and colorectal cancer in the UK Biobank. *European Journal of Epidemiology*, *35*(10), 961–973. <https://doi.org/10.1007/s10654-019-00575-6>
- Hirshkowitz M, Whiton K, Albert S.M, et al. (2015). National Sleep Foundation ’ s sleep time duration recommendations : methodology and results summary. *Sleep Health*, *1*(1), 40–43. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2014.12.010>
- Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S. M., Alessi, C., Bruni, O., DonCarlos, L., ... Hillard, P. J. A. (2015). National Sleep Foundation ’ s sleep time duration recommendations : methodology and results summary. *Sleep Health*, *1*, 40–43. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2014.12.010>
- Högström, G., Nordström, A., & Nordström, P. (2015). Aerobic fitness in late adolescence and the risk of early death: A prospective cohort study of 1.3 million Swedish men. *International Journal of Epidemiology*, *45*(4), 1159–1168. <https://doi.org/10.1093/ije/dyv321>
- Howie, E. K., & Straker, L. M. (2016). Rates of attrition, non-compliance and missingness in randomized controlled trials of child physical activity interventions using accelerometers: A brief methodological review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *19*(10), 830–836. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.12.520>
- Itani, O., Jike, M., Watanabe, N., & Kaneita, Y. (2017). Short sleep duration and health outcomes: a systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Sleep Medicine*, *32*, 246–256. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2016.08.006>
- Javaheri S, Storfer-Isser A, Rosen C.L, R. S. (2008). Sleep Quality and Elevated Blood Pressure in Adolescents. *Circulation*, *118*(10), 1034–1040. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.766410>
- Katzmarzyk P.T, Church T.S, Janssen I, et al. (2005). Metabolic Syndrome, Obesity, and Mortality Impact of cardiorespiratory fitness. *Diabetes Care*, *28*(2), 391–7.
- Keyes, K. M., Maslowsky, J., Hamilton, A., & Schulenberg, J. (2015). The great sleep recession: Changes in sleep duration among US adolescents, 1991-2012. *Pediatrics*, *135*(3), 460–468. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-2707>
- Kredlow, M. A., Capozzoli, M. C., Hearon, B. A., Calkins, A. W., & Otto, M. W. (2015). The effects of physical activity on sleep: a meta-analytic review. *Journal of Behavioral Medicine*, *38*(3), 427–449. <https://doi.org/10.1007/s10865-015-9617-6>
- Kriemler, S., Meyer, U., Martin, E., Van Sluijs, E. M. F., Andersen, L. B., & Martin, B. W. (2011). Effect of school-based interventions on physical activity and fitness in children and adolescents: A

- review of reviews and systematic update. *British Journal of Sports Medicine*, 45(11), 923–930. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090186>
- Lang, C., Brand, S., Feldmeth, A. K., Holsboer-Trachsler, E., Pühse, U., & Gerber, M. (2013). Increased self-reported and objectively assessed physical activity predict sleep quality among adolescents. *Physiology and Behavior*, 120, 46–53. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2013.07.001>
- Lang, C., Kalak, N., Brand, S., Holsboer-Trachsler, E., Pühse, U., & Gerber, M. (2016). The relationship between physical activity and sleep from mid adolescence to early adulthood. A systematic review of methodological approaches and meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, 28, 32–45. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2015.07.004>
- Lang, J. J., Tremblay, M. S., Ortega, F. B., Ruiz, J. R., & Tomkinson, G. R. (2019). Review of criterion-referenced standards for cardiorespiratory fitness: what percentage of 1 142 026 international children and youth are apparently healthy? *British Journal of Sports Medicine*, 53(15), 953–958. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096955>
- Lee, A. J. Y., & Lin, W. H. (2007). Association between sleep quality and physical fitness in female young adults. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(4), 462–467.
- Lee, D. C., Sui, X., Ortega, F. B., Kim, Y. S., Church, T. S., Winett, R. A., ... Blair, S. N. (2011). Comparisons of leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness as predictors of all-cause mortality in men and women. *British Journal of Sports Medicine*, 45(6), 504–510. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.066209>
- Léger, D., Beck, F., Richard, J. B., Sauvet, F., & Faraut, B. (2014). The risks of sleeping “too much”. Survey of a national representative sample of 24671 adults (INPES health barometer). *PLoS ONE*, 9(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106950>
- Lemola, S., Perkinson-Gloor, N., Brand, S., Dewald-Kaufmann, J. F., Grob, A. (2014). Adolescents’ Electronic Media Use at Night, Sleep Disturbance, and Depressive Symptoms in the Smartphone Age. *Journal of Youth and Adolescence*, 44(2), 405–418. <https://doi.org/10.1007/s10964-014-0176-x>
- Loessl, B., Valerius, G., Kopasz, M., Hornyak, M., Riemann, D., & Voderholzer, U. (2008). Are adolescents chronically sleep-deprived? An investigation of sleep habits of adolescents in the Southwest of Germany. *Child: Care, Health and Development*, 34(5), 549–556. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2214.2008.00845.x>
- Louzada, F. M. (2000). *Um estudo sobre a expressão da ritmicidade biológica em diferentes contextos sócio-culturais: o ciclo vigília/sono de adolescentes.*
- Lowry, R., Eaton, D. K., Foti, K., Mcknight-eily, L., Perry, G., & Galuska, D. A. (2012). Association of Sleep Duration with Obesity among US High School Students, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/476914>
- Maia, A. P. L., de Sousa, I. C., & de Azevedo, C. V. M. (2011). Effect of morning exercise in sunlight on the sleep-wake cycle in adolescents. *Psychology and Neuroscience*, 4(3), 323–331. <https://doi.org/10.3922/j.psns.2011.3.005>
- Marshall, N. S., Glozier, N., & Grunstein, R. R. (2008). Is sleep duration related to obesity? A critical review of the epidemiological evidence. *Sleep Medicine Reviews*, 12(4), 289–298. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2008.03.001>
- Master, L., Nye, R. T., Lee, S., Nahmod, N. G., Mariani, S., Hale, L., & Buxton, O. M. (2019). Bidirectional, Daily Temporal Associations between Sleep and Physical Activity in Adolescents. *Scientific Reports*, 9(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44059-9>
- Mathias, A., Sanchez, R. P., & Andrade, M. M. M. (2006). Incentivar Hábitos De Sono Adequados: Um Desafio Para Os Educadores, 718–731.
- Matricciani L, Olds T, P. J. (2012). In search of lost sleep: Secular trends in the sleep time of school-aged children and adolescents. *Sleep Medicine Reviews*, 16(3), 203–211. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2011.03.005>
- Mendelson, M., Borowik, A., Michallet, A. S., Perrin, C., Monneret, D., Faure, P., ... Flore, P. (2016). Sleep quality, sleep duration and physical activity in obese adolescents: Effects of exercise

- training. *Pediatric Obesity*, 11(1), 26–32. <https://doi.org/10.1111/ijpo.12015>
- Miller, M. A., Kruisbrink, M., Wallace, J., Chen, J., Cappuccio, F. P. (2018). Sleep duration and incidence of obesity in infants, children and adolescents: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Sleep Research Society*. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsy018/4833233>
- Mireku, M. O., Barker, M. M., Mutz, J., Dumontheil, I., Thomas, M. S. C., Rössli, M., ... Toledano, M. B. (2019). Night-time screen-based media device use and adolescents' sleep and health-related quality of life. *Environment International*, 124, 66–78. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.11.069>
- Ohayon, M., Wickwire, E. M., Hirshkowitz, M., Albert, S. M., Avidan, A., Daly, F. J., ... Vitiello, M. V. (2017). National Sleep Foundation's sleep quality recommendations: first report. *Sleep Health*, 3(1), 6–19. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2016.11.006>
- Oliveira-Santos, J., Santos, R., Moreira, C., Abreu, S., Lopes, L., Agostinis, C., & Mota, J. (2016). Ability of Measures of Adiposity in Identifying Adverse Levels of Inflammatory and Metabolic Markers in Adolescents. *Childhood Obesity*, 12(2), 135–143. <https://doi.org/10.1089/chi.2015.0124>
- Oliveira, M. L. C. (2016). *Relação entre o uso de “mídias eletrônicas” e os hábitos de sono, sonolência diurna e processos cognitivos em adolescentes de escolas privadas de Natal/RN*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ortega, F.B., Ruiz, J.R., Castillo, M.J., Sjöström, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Journal of Obesity. Pediatric Review.*, (December 2007), 1–11. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>
- Ortega, F. B., Chillón, P., Ruiz, J. R., Delgado, M., Albers, U., Álvarez-Granda, J. L., ... Castillo, M. J. (2010). Sleep patterns in Spanish adolescents: Associations with TV watching and leisure-time physical activity. *European Journal of Applied Physiology*, 110(3), 563–573. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1536-1>
- Ottevaere, C., Huybrechts, I., De Bourdeaudhuij, I., Sjöström, M., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., ... De Henauw, S. (2011). Comparison of the IPAQ-A and Actigraph in relation to VO₂max among European adolescents: The HELENA study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(4), 317–324. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.02.008>
- Owens, J. (2014a). Insufficient Sleep in Adolescents and Young Adults: An Update on Causes and Consequences. *Pediatrics*, 134:e921–e.
- Owens, J. (2014b). Insufficient sleep in adolescents and young adults: An update on causes and consequences. *Pediatrics*, 134(3), e921–e932. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-1696>
- Poitras, V. J., Gray, C. E., Borghese, M. M., Carson, V., Chaput, J., Janssen, I., ... Tremblay, M. S. (2016). Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth 1, 239(June).
- Pulido-Arjona, L., Correa-Bautista, J. E., Agostinis-Sobrinho, C., Mota, J., Santos, R., Correa-Rodríguez, M., ... Ramírez-Vélez, R. (2018). Role of sleep duration and sleep-related problems in the metabolic syndrome among children and adolescents. *Italian Journal of Pediatrics*, 44(1). <https://doi.org/10.1186/s13052-018-0451-7>
- Pyper, E., Harrington, D., & Manson, H. (2017). Do parents' support behaviours predict whether or not their children get sufficient sleep? A cross-sectional study. *BMC Public Health*, 17(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4334-4>
- Rögnvaldsdóttir, V; Berglind M.; Valdimarsdóttir, Robert J. Brychta; Soffía M. Hrafnkelsdóttir, Sigurbjörn Á. Arngrímsson, Erlingur Jóhannsson, Kong Y. Chen, and S. L. G. (2018). Physical activity and sleep in Icelandic adolescents. *Physiology & Behavior*, 104(2), 79–85. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.03.040>
- Rombaldi, A. J., & Soares, D. G. (2016). Indicadores da prática de atividade física e da qualidade do sono em escolares adolescentes. *Revista Brasileira de Ciências Do Esporte*, 38(3), 290–296. <https://doi.org/10.1016/j.rbce.2015.10.010>
- Ruiz, J. R., Castro-Piñero, J., Artero, E. G., Ortega, F. B., Sjöström, M., Suni, J., & Castillo, M. J.

- (2009, November). Predictive validity of health-related fitness in youth: A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1136/bjism.2008.056499>
- Santiago, L.C.S., Lyra, M.J., Cunha Filho, M., Cruz, P.W.S, Santos, Marcos A.M., & Falcão, A. P. S. T. (2015). Efeito de uma sessão de treinamento de força sobre a qualidade do sono de adolescentes. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 21(2), 148–152. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/1517-869220152101144430>
- Short, M. A., Weber, N., Reynolds, C., Coussens, S., and Carskadon, M. A. (2018). Estimating Adolescent Sleep Need Using Dose-Response Modelling. *Sleep*, 41(4), 405–411. <https://doi.org/doi:10.1093/sleep/zsy011>
- Short, Michelle & Weber, N. (2018). *Sleep Duration and Risk-Taking in Adolescents: A systematic review and meta-analysis*. *Sleep Medicine Reviews*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2018.03.006>
- Sjo, M. (2008). PEDIATRIC REVIEW Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health, (December 2007), 1–11. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>
- Smith, J. J., Eather, N., Morgan, P. J., Plotnikoff, R. C., Faigenbaum, A. D., & Lubans, D. R. (2014). The health benefits of muscular fitness for children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 44(9), 1209–1223. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0196-4>
- Smith, J. J., Eather, N., Weaver, R. G., Riley, N., Beets, M. W., & Lubans, D. R. (2019). Behavioral Correlates of Muscular Fitness in Children and Adolescents: A Systematic Review. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01089-7>
- Soares, C., & Almondes, K. de. (2012). Sono e cognição: implicações da privação do sono para a percepção visual e visuoespacial. *Psico*, 43(1), 85–92. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5163213%0Ahttp://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/revistapsico/article/view/11102>
- Stamatakis, K. A., & Punjabi, N. M. (2007). Long sleep duration: A risk to health or a marker of risk? *Sleep Medicine Reviews*, 11(5), 337–339. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2007.07.006>
- Štefan, L., Krističević, T., & Sporiš, G. (2018). The associations of self-reported physical fitness and physical activity with sleep quality in young adults: A population-based study. *Mental Health and Physical Activity*, 14, 131–135. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2018.04.002>
- Strand, L. B., Laugsand, L. E., Wisløff, U., Nes, B. M., Vatten, L., & Janszky, I. (2013). Insomnia symptoms and cardiorespiratory fitness in healthy individuals: The Nord-Trøndelag health study (HUNT). *Sleep*, 36(1), 99–108. <https://doi.org/10.5665/sleep.2310>
- Tarp, J., Støle, A. P., Blond, K., & Grøntved, A. (2019). Cardiorespiratory fitness, muscular strength and risk of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Diabetologia*, 62(7), 1129–1142. <https://doi.org/10.1007/s00125-019-4867-4>
- Thivel D, Isacco L, Aucouturier J, et al. (2015). Bedtime and Sleep Timing but not Sleep Duration Are Associated With Eating Habits in Primary School Children, 36(3), 158–65.
- Tomkinson, G. ., Léger, L., Olds, T., & Cazorla, G. (2003). Worldwide variation in the performance of children and adolescents: An analysis of 109 studies of the 20-m shuttle run test in 37 countries. *Journal of Sports Sciences*, 33(4), 285–300. <https://doi.org/10.1080/02640410500432193>
- Tomkinson, G. R., Lang, J. J., & Tremblay, M. S. (2017). Temporal trends in the cardiorespiratory fitness of children and adolescents representing 19 high-income and upper middle-income countries between 1981 and 2014. *British Journal of Sports Medicine*, 53(8), 478–486. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097982>
- Tremblay, M. S., Chaput, J. P., Adamo, K. B., Aubert, S., Barnes, J. D., Choquette, L., ... Carson, V. (2016). Canadian 24-Hour Movement Guidelines for the Early Years (0-4 years): An Integration of Physical Activity, Sedentary Behaviour, and Sleep. *BMC Public Health*, 17(41), 311–327. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4859-6>
- Van der Lely, S., Frey, S., Garbazza, C., Wirz-Justice, A., Jenni, O. G., Steiner, R., Schmidt, C. (2015). Blue blocker glasses as a countermeasure for alerting effects of evening light-emitting diode screen exposure in male teenagers. *Journal of Adolescent Health*, 56(1), 113–119.

<https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2014.08.002>

- Wang, Y., & Yip, T. (2020). Sleep Facilitates Coping: Moderated Mediation of Daily Sleep, Ethnic/Racial Discrimination, Stress Responses, and Adolescent Well-Being. *Child Development, 91*(4), e833–e852. <https://doi.org/10.1111/cdev.13324>
- WHO. World Health Organization. (2006). Orientation Programme on Adolescents Health for Health-care Providers. In *ISBN: 4567890123456* (pp. 1–531).
- WHO. World Health Organization. (2010). Global Recommendations on Physical Activity for Health. WHO Press: Geneva, Switzerland. In *ISBN: 9241591269 (English)* (pp. 1–403).
- WHO. World Health Organization. (2020). *WHO Guidelines on physical activity and sedentary behaviour*. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/325147/WHO-NMH-PND-2019.4-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://www.who.int/iris/handle/10665/311664%0Ahttps://apps.who.int/iris/handle/10665/325147>
- Willingham, B. D. T. (2013). Are Sleepy Students Learning? (pp. 35–39). *American Educator*.
- Youngstedt, S. D., Elliott, J. A., & Kripke, D. F. (2019). Human circadian phase–response curves for exercise. *Journal of Physiology, 597*(8), 2253–2268. <https://doi.org/10.1113/JP276943>
- Youngstedt, S. D., Perlis, M. L., O'Brien, P. M., Palmer, C. R., Smith, M. T., Orff, H. J., & Kripke, D. F. (2003). No association of sleep with total daily physical activity in normal sleepers. *Physiology and Behavior, 78*(3), 395–401. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(03\)00004-0](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(03)00004-0)
- Zaqout, M., Vyncke, K., Moreno, L. A., De Miguel-Etayo, P., Lauria, F., Molnar, D., ... Michels, N. (2016). Determinant factors of physical fitness in European children. *International Journal of Public Health, 61*(5), 573–582. <https://doi.org/10.1007/s00038-016-0811-2>
- Zhang, J., Xu, Z., Zhao, K., Chen, T., Ye, X., Shen, Z., ... Li, S. (2017). Sleep Habits, Sleep Problems, Sleep Hygiene, and Their Associations With Mental Health Problems Among Adolescents. *Journal of the American Psychiatric Nurses Association, 24*(3), 223–234. <https://doi.org/10.1177/1078390317715315>

CAPÍTULO VI

ESTUDO IV

Estudo IV

Associação da aptidão cardiorrespiratória com a duração do sono em adolescentes: um estudo longitudinal do LabMed Physical Activity Study.

Fonseca, A.P¹; Azevedo, C²; Lopes, L³; Moreira, C³; Oliveira, A³; Sousa-Sá, E^{3,4}; Abreu, S³; Agostinis-Sobrinho, C^{3,5}. & Santos, R^{3,6}.

¹ Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia, Campo Grande 376, 1749-024, Lisboa, Portugal. Phone: +351 963 640 100. Email: aplmf82@gmail.com (**Corresponding author**).

²Laboratório de Cronobiologia e Comportamento. Departamento de Fisiologia e Comportamento. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 1511, 59078-970 Natal, Brasil. Phone: +55 84 3342-2281 (ramal 551)

³ Research Centre in Physical Activity, Health and Leisure, Faculty of Sport, University of Porto, Portugal R. Dr Plácido da Costa 91, 4200-450, Porto, Portugal. Phone: +351 22 042 5200

⁴ Universidade Lusófona, CIDEFES (Centro de Investigação em Desporto, Educação Física e Exercício e Saúde), Lisboa, Portugal

⁵ Faculty of Health Sciences, Klaipeda University, LT-91274 Klaipeda, Lithuania

⁶ National Program for Physical Activity Promotion—Portuguese Directorate-General of Health, Portuguese Ministry of Health, 1049-005 Lisbon, Portugal

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer aos estudantes, professores e funcionários das escolas participantes dos estudos. À Universidade Lusófona de Lisboa, pelo suporte financeiro, na pessoa do diretor do Doutoramento em Educação Física e Desporto, Professor Doutor Francisco Carreiro da Costa. Rute Santos é apoiada pela Fundação Portuguesa de Ciência e Tecnologia (CEECIND/01069/2017 e FCT/UIDB/00617/2020), assim como Luís Lopes (CEECIND/01089/2017 e FCT/UIDB/00617/202).

Resumo

Objetivo: Este estudo teve como objetivo investigar longitudinalmente, a associação entre a aptidão cardiorrespiratória e a duração do sono, em adolescentes Portugueses.

Métodos: O estudo foi de caráter longitudinal, com amostra inicial de 1017 adolescentes (471 meninas) e 734 adolescentes (349 meninas) no final do estudo, com idade média de $14,6 \pm 1,8$ anos. A duração do sono foi auto reportada e a aptidão cardiorrespiratória foi avaliada pelo teste de vai-e-vem 20m da bateria de testes ALPHA.

Resultados: No início do estudo, 75,9% da amostra cumpriu com as recomendações de sono, e a duração do sono diferiu entre semana e fim de semana, com diferenças entre gêneros, i.e., meninos dormem mais nos dias da semana e meninas nos fins de semana. No final do estudo, 61% dos adolescentes atingiram os níveis saudáveis de aptidão cardiorrespiratória. Os meninos mostraram maior aptidão cardiorrespiratória no último ano em relação ao primeiro ano de coleta de dados. Na semana completa, os modelos foram estatisticamente significativos para os meninos, no sentido de que quem dormia menos que o recomendado, teve 86% menos de chances de ter boa aptidão cardiorrespiratória, quando comparados com os que dormiam acima do recomendado. Para as meninas, tanto na semana completa como nos fins de semana, o modelo previu que quem atendia as recomendações de sono tinha maior probabilidade de ter melhor aptidão cardiorrespiratória em comparação com quem dormia acima do recomendado de sono. Não foi observada diferença significativa na aptidão cardiorrespiratória com a duração do sono, nos dias de escola, nem para meninos e nem para meninas.

Conclusão: Houve associação significativa, em meninos e meninas, entre a duração do sono e a aptidão cardiorrespiratória na semana inteira, e, apenas para as meninas, nos finais de semana. Assim, meninas que atenderam as recomendações do sono, na semana inteira e nos finais de semana, apresentaram melhor aptidão cardiorrespiratória e, meninos que dormiram abaixo das recomendações do sono tiveram grande probabilidade de terem pior aptidão cardiorrespiratória. Não foram observadas associações significativas nos dias de escola, entre gênero.

Introdução

A adolescência é um período da vida caracterizado por muitas alterações comportamentais, socioculturais e fisiológicas (Brand & Kirov, 2011; Möttus, Soto, & Slobodskaya, 2017; WHO, 2020) e durante esta fase da vida há uma maior necessidade de sono em comparação com a idade adulta (Andrade et al., 1993; Carskadon, et al., 1993; National Sleep Foundation, 2006; Hagenauer et al., 2009). As recomendações propostas pela *National Sleep Foundation*, nos EUA, recomendam que os adolescentes com menos de 14 anos durmam entre 9-11h por dia e adolescentes com mais de 14 anos durmam, em média, 8-10h por dia, para um desenvolvimento saudável, regulação de funções diárias essenciais, como as emoções, o comportamento e a atenção.

Estudos recentes indicam que adolescentes não cumprem as recomendações de sono no mundo todo (Garipey et al., 2020; Bel et al., 2013; Nahmod, et al., 2017). Em estudo que analisou os diferentes padrões de sono em 24 países europeus e norte americanos, foi observado que em dias de escola, as meninas acordavam mais cedo do que os meninos em todos os países, mas em dias não escolares, os meninos acordavam mais cedo do que as meninas em cerca de dois terços dos países. Apesar dos meninos terem sido mais propensos a atender às recomendações de sono nos dias de escola na maioria dos países (17/24 países), as meninas foram mais propensas para atender às recomendações de sono em dias não escolares em todos os países. A duração do sono variou de 7:47h a 9:07h nos dias de escola e de 9:31h a 10:22h nos dias não escolares (Garipey et al., 2020).

Em conformidade com estudos anteriores, adolescentes retratam uma diminuição da duração total do sono noturno com o aumento da idade, ou seja, adolescentes mais velhos, de acordo com os estágios de maturação, tendem a ter um maior atraso nos horários de sono, passando a dormir menos, além da tendência biológica de dormirem mais tarde (Carskadon, 2011; Crowley, Acebo, & Carskadon, 2007; Crowley et al., 2018; Olds et al., 2010). Esse comportamento se dá devido a um conflito entre o atraso biológico nos horários de sono (Andrade et al., 1993; Carskadon, et al., 1993; Carskadon, 2011) e alguns fatores extrínsecos (Bjorvatn & Pallesen, 2009), como os horários escolares matinais, que atuam como um forte sincronizador do horário de despertar ao longo da semana (Andrade et al., 1993; Nahmod et al., 2017) e outros fatores como interação por mídias sociais e aumento do uso de dispositivos eletrônicos (Calamaro et al., 2009; Lemola et al., 2014; Oliveira, 2016; Bartel, Gradisar, &

Williamson, 2015), ou mesmo a diminuição do controle dos pais sobre o horário de dormir dos filhos (Pyper et al., 2017), impactando negativamente o sono do adolescente.

Os benefícios de uma duração de sono adequada ao longo da adolescência incluem melhor atenção sustentada e memória, com efeitos positivos no desempenho cognitivo e acadêmico (Dewald et al., 2010; Short, Michelle & Weber, 2018); aumento da disposição para a prática de atividade física, além de contribuir para o bem-estar geral (Chaput, Saunders, & Carson, 2017; Crowley et al., 2018; Ohayon et al., 2017), daí a importância de se ter um sono adequado na adolescência, evitando prejuízos na saúde deste grupo etário.

A aptidão física, por sua vez, é um importante marcador de saúde (ACSM, 2018) e altos níveis de aptidão cardiorrespiratória e muscular têm sido associados a um menor risco de doenças cardiovasculares (García-Hermoso et al., 2020), melhor qualidade de vida (Evaristo et al., 2019) e melhor estado de saúde e bem-estar juventude (Artero et al., 2011; Ortega et al., 2008). No sentido inverso, a redução da duração do sono, em adolescentes, foi associada à diminuição da aptidão cardiorrespiratória quando comparada com adolescentes com duração de sono adequada (Countryman et al., 2013).

Um estudo recente mostrou que níveis mais baixos de aptidão física e atividade física abaixo das recomendações estão associados à pior qualidade do sono numa amostra de 2.100 jovens (Štefan, Krističević, & Sporiš, 2018). Da mesma forma, a má qualidade do sono tem sido associada a níveis mais baixos de resistência muscular, flexibilidade e aptidão cardiorrespiratória em jovens (Chang & Chen, 2015).

No entanto, nas últimas décadas, os níveis de aptidão física dos adolescentes têm vindo a diminuir, à medida que a idade aumenta (Lang et al., 2019), com um declínio global de 0,36% ao ano (Tomkinson & Olds, 2007; Tomkinson, Lang, & Tremblay, 2017), devido, por exemplo, do aumento de tecnologias sedentárias, que tem permitido aos adolescentes reduzirem a quantidade de atividade física diária necessária (Carson et al., 2016; Hallal et al., 2012). Embora a maioria dos estudos se tenham focado na relação entre a aptidão cardiorrespiratória e os resultados na saúde (García-Hermoso et al., 2020; Marques et al., 2017; Mintjens et al., 2018), há um interesse crescente na relação entre as aptidão e atividade física e sono e seus benefícios para a saúde dos adolescentes (Ge et al., 2019; Gillis & El-Sheikh, 2019).

A redução da duração do sono tem sido associada à diminuição da aptidão cardiorrespiratória, menores níveis de resistência muscular e flexibilidade quando comparada

com adolescentes com duração de sono adequada (Countryman et al., 2013; Lee & Lin, 2007); por outro lado, elevados níveis de aptidão cardiorrespiratória têm sido associados a uma menor probabilidade de ter problemas de ansiedade relacionados ao sono, em adolescentes (García-Hermoso et al., 2015). Porém, existe na literatura estudos em que não foi observada associação da aptidão física com a duração do sono em crianças (Thivel et al., 2015; Zaqout et al., 2016).

Encontra-se descrito que tanto o estilo de vida como o sono são comportamentos altamente modificáveis, e adolescentes que dormem o recomendado tendem a ser mais ativos fisicamente (Kim et al., 2016), têm menor prevalência de obesidade (Miller et al., 2018) e, se adquiridos bons hábitos de saúde e um estilo de vida ativo ao longo do tempo, podem acompanhar a idade adulta (Carson et al., 2016; Crowley et al., 2018; Dishman et al., 2015; Hallal et al., 2012; Hayes et al., 2019)(Carson et al., 2016; Crowley et al., 2018; Hallal et al., 2012; Dishman et al., 2015; Hayes et al., 2019). No entanto, verifica-se uma escassez de estudos longitudinais durante a adolescência. Portanto, o objetivo do nosso estudo foi analisar a associação longitudinal entre a duração do sono e a aptidão cardiorrespiratória em adolescentes Portugueses.

Métodos

2.1 Desenho do estudo e Amostra

O presente estudo longitudinal é parte da Análise Longitudinal de Biomarcadores e Determinantes Ambientais da Atividade Física (“LabMed Physical Activity Study”), um estudo de coorte prospetivo, realizado em escolas do Norte de Portugal. Mais detalhes sobre esta metodologia foi descrita noutros estudos disponíveis em Agostinis-Sobrinho et al., 2016; Oliveira-Santos et al., 2016. Resumidamente, os dados foram inicialmente recolhidos em 2011, resultando em 1229 adolescentes, com idades compreendidas entre os 12 e os 18 anos. Para o presente estudo, foi utilizada a amostra referente ao último ano de recolha dos dados (2013), composta por 734 adolescentes (349 meninas), com idade média de $16,6 \pm 1,8$ anos, para os quais estavam disponíveis as variáveis de interesse.

O protocolo deste estudo foi informado a todos os participantes envolvidos e o consentimento, por escrito, foi obtido dos adolescentes bem como dos pais ou responsáveis legais. Este estudo foi realizado de acordo com a Declaração de Helsínquia para Estudos Humanos e aprovado pelo Ministério da Ciência e Educação Português (0246200001/2011) e pela Autoridade Portuguesa para a Proteção de Dados (# 1112434/2011).

2.2. Antropometria

A altura e o peso foram avaliados segundo procedimentos padrão (Lohman et al., 1998). O índice de massa corporal (IMC) foi calculado pelo peso (kg) / altura (m²).

2.3 Aptidão Cardiorrespiratória

A aptidão cardiorrespiratória foi avaliada com o teste de vai-e-vem de 20m seguindo o protocolo da Bateria de Testes de Aptidão Física relacionada à saúde (ALPHA, 2009; Ruiz et al., 2011).

Este teste requer que os participantes corram durante o maior tempo possível entre duas linhas separadas uma da outra à uma distância de 20 metros. A velocidade de corrida começa em 8,5 km/h e aumenta 0,5 km/h a cada minuto, chegando a 18,0 km/h no último minuto. Cada

nível é anunciado em um sinal sonoro. Os participantes foram instruídos a acompanhar o ritmo até a exaustão. O teste foi finalizado quando o participante não conseguia alcançar as linhas finais simultaneamente com os sinais sonoros em duas ocasiões consecutivas. Caso contrário, o teste terminava quando o sujeito parava por causa de fadiga. Os participantes receberam incentivos verbais dos pesquisadores para atingir o desempenho máximo, para continuar correndo o maior tempo possível. O número de percursos realizadas por cada participante foi registrado.

2.4 Duração do Sono

Os adolescentes reportaram a duração total do sono quer durante a semana quer durante o fim-de-semana. Os adolescentes foram questionados a que horas acordavam e a que horas se deitavam, num dia de escola e ao fim de semana. A duração do sono total durante uma semana completa foi calculada através da média dos horários de sono durante a semana e nos fins de semana (duração média do sono por dia = $(5 * \text{duração do sono nos dias da semana} + 2 * \text{duração do sono nos fins de semana}) / 7$).

A duração total do sono dos participantes, foi categorizada de acordo com as recomendações de idade das diretrizes da National Sleep Foundation (Hirshkowitz et al., 2015) para adolescentes. Os participantes foram categorizados em 3 grupos: i) dormiram menos do que o recomendado (<9h/noite abaixo de 14 anos e <8h/noite acima de 14 anos); ii) adolescentes que atenderam às recomendações (9h-11h/noite abaixo de 14 anos e 8h-10h/noite acima de 14 anos); iii) e os que dormiram mais do que o recomendado (>11h/noite abaixo de 14 anos e >10h/noite acima de 14 anos).

2.5. Maturação sexual – Estágio de Tanner

Os participantes reportaram o estágio puberal das características sexuais secundárias (variando do estágio 1 a 5), de acordo com critérios previamente estabelecidos (Tanner & Whitehouse, 1976).

Na avaliação da maturação sexual, os aspetos éticos foram considerados. Durante o exame, a privacidade e a confidencialidade do adolescente foram respeitadas. Os adolescentes

foram informados sobre como se realizaria o exame, e que instrumentos seriam utilizados. Em suma, cada adolescente entrou sozinho numa sala na qual foram fornecidas representações da escala das fases de desenvolvimento puberal de Tanner. A cada foto de cada etapa era anexada uma explicação do que a etapa representava. O participante marcou numa folha separada a sua fase de desenvolvimento e selou essa folha dentro de um envelope, no qual foi marcado o número de identificação do participante no estudo. As meninas foram avaliadas pelo estágio de desenvolvimento dos seios (estágio puberal A) e distribuição do pêlo púbico (estágio puberalo B); os meninos foram avaliados pelo estágio de desenvolvimento genital (tamanho do pênis e volume testicular - Tanner A) e distribuição do pêlo púbico (Tanner B).

2.6. Dieta Mediterrânica

O índice KIDMED (Índice de Qualidade da Dieta Mediterrânica para crianças e adolescentes) (Serra-Majem et al., 2004) foi utilizado para avaliar o grau de adesão à dieta mediterrânea. Este índice baseou-se num questionário autoaplicável de 16 perguntas, que sustentam os princípios dos padrões alimentares mediterrânicos, bem como aqueles que os prejudicam. As perguntas que indicam uma conotação negativa com relação à dieta mediterrânica receberam um valor de -1 (ou seja, fazer refeições em lanchonetes mais de uma vez por semana; não tomar o pequeno almoço; consumir produtos de padaria ou doces no café da manhã; comer doces várias vezes ao dia) e aqueles com aspecto positivo +1 (ou seja, comer uma fruta ou beber sumo de fruta todos os dias; comendo uma segunda peça de fruta todos os dias; comer vegetais frescos ou cozidos regularmente uma vez por dia; comer vegetais frescos ou cozidos mais de uma vez por dia; consumir peixes regularmente - pelo menos 2–3 vezes por semana; comer leguminosas mais de uma vez por semana; consumir massa ou arroz quase todos os dias - 5 ou mais vezes por semana; tendo cereais ou grãos (pão, etc.) para pequeno almoço; consumir nozes regularmente - pelo menos 2–3 vezes por semana; usar azeite em casa; ter um laticínio no pequeno almoço (iogurte, leite, etc.); comer dois iogurtes e / ou queijo (40 g) diariamente. As somas dos valores variaram de 0 a 12 e os participantes foram classificados em três níveis: (1) ≥ 8 , dieta mediterrânica ideal; (2) 4–7, melhoria necessária para ajustar a ingestão aos padrões mediterrânicos; (3) ≤ 3 , qualidade da dieta muito baixa.

2.7. Nível Socioeconômico

O nível socioeconômico foi avaliado pela Escala de Afluência Familiar (Currie et al., 2008), uma escala desenvolvida especificamente para avaliar o Nível Sócio Econômico (NSE) de crianças e adolescentes no contexto do estudo “Health Behavior in School-Aged Children Study” da organização mundial de saúde.

2.8. Análise dos dados

A informação descritiva é apresentada na forma de médias e desvios padrão. O teste *t*-pareado foi usado para comparar as diferenças nas médias entre meninos e meninas para variáveis contínuas de forma longitudinal (no início de recolha dos dados, referido como T1, e no fim do estudo, follow-up, referido como T3). Testes de Qui-quadrado foram usados para comparar a proporção de participantes que cumpriu com as diretrizes de sono entre meninos e meninas e entre as categorias da semana (semana inteira, dias de escola e fins de semana). Foram realizadas análises de regressão logística para cada um dos gêneros, para predizer a aptidão cardiorrespiratória (boa aptidão física) no T3, a partir da duração do sono no início da recolha dos dados em 3 categorias (duração total do sono abaixo do recomendado; duração total do sono recomendado e duração total do sono acima do recomendado), nos dias de escola, fins de semana e semana inteira. As covariantes do modelo incluíram índice de massa corporal (IMC), adesão à dieta mediterrânica, maturação sexual e idade. A colinearidade entre as variáveis foi testada utilizando os coeficientes de *Pearson* e *Spearman*. O nível de significância estatística foi estabelecido em 0.05 para todas as análises. Foi utilizado para a análise dos dados o IBM SPSS®, v 25.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA).

Resultados

Dentre os estudantes, 53,7% dos adolescentes eram do sexo masculino, com idade de $16,6 \pm 1,8$ anos no último ano de coleta ($X^2=238,767$; $p<0,0001$). Com relação às condições socioeconômicas, 55,5% dos participantes pertencem ao NSE médio e 40,4% ao NSE alto ($X^2=1005,78$; $p<0,0001$). Em relação ao estágio puberal A, 7,2% estavam no estágio 3; 54% no estágio 4; e 38,7% no estágio 5 ($X^2=577,967$; $p<0,0001$). Em relação ao estágio puberal B, 3,1% se encontravam no estágio 3; 38% no estágio 4; e 58,9% no estágio 5 ($X^2=695,003$; $p<0,0001$), ambos no ano final de coleta de dados.

Com relação aos padrões de sono, 75,9% dos participantes cumpriram as recomendações do sono levando-se em consideração todos os dias da semana ($X^2=851,192$; $p<0,0001$), com uma média de 8.93 ± 0.8 h/noite, sendo 8.56 ± 1.0 h/noite nos dias de escola e 9.85 ± 1.5 h /noite no fim de semana, no último ano da coleta de dados (Tabela 1). A duração do sono entre os dias de escola e fim de semana foi significativamente diferente entre meninos e meninas ($p<0.0001$).

Nos fins de semana os adolescentes dormiam mais em relação aos dias de escola, assim como observamos que os meninos dormiam mais do que as meninas nos dias de escola e as meninas dormiam mais que os meninos nos fins de semana (Tabela 1).

Em relação à caracterização da aptidão física, 61% dos adolescentes atingiram os níveis saudáveis de aptidão cardiorrespiratória em T3 ($X^2=155.071$; $p<0.0001$) em comparação a 60,5% que tinham atingido em T1 ($X^2=44.611$; $p<0.0001$), ou seja, houve um aumento da aptidão cardiorrespiratória ao longo do estudo, em ambos os gêneros. Houve diferença estatisticamente significativa entre meninos e meninas, comparado entre T1 e T3, contudo, os meninos evidenciaram valores superiores de aptidão cardiorrespiratória (maior número de percursos no teste de vai-e-vem) ($t=-13.191$; $p<0.0001$) comparativamente às meninas, no último ano (T3) em relação ao primeiro ano (T1) de coleta (Tabela 1).

Considerando os modelos de regressão, levando em consideração todos os dias da semana, os dias de escola e os dias de fim de semana, foram encontrados resultados estatisticamente significativos para os meninos, na semana completa, no sentido de que quem dormia menos que as recomendações teve 86% menos de chances de ter boa aptidão cardiorrespiratória (OR=0.141; $p=0.027$), quando comparados com os que dormiam acima do recomendado. Para as meninas, também na semana completa, o modelo previu que quem

atendia as recomendações de sono tinha mais probabilidade de ter maior aptidão cardiorrespiratória (OR=3.537; p=0.045) em comparação com quem dormia mais do que o recomendado (Tabela 2).

Dentro do modelo, não foi observado diferença significativa na aptidão cardiorrespiratória com a duração do sono, nos dias de escola, nem para meninos (OR =1.333;p=0.752) e nem para meninas (OR =2.168; p=0.526). Nos fins de semana, observamos resultados significativos apenas para as meninas, no sentido de que quem atendia as recomendações de sono tinha maior probabilidade de ter melhor aptidão cardiorrespiratória (OR =2.063;p=0.033) (Tabela 2).

Tabela 1 – Caracterização geral dos adolescentes no início e no final do estudo.

| | Total (n=734) | | | Meninas (n=349) | | | Meninos (n=385) | | |
|---|-----------------------|--------------------|----------|-----------------------|--------------------|---------------|-----------------------|--------------------|---------------|
| | Início do estudo (T1) | Fim do estudo (T3) | p | Início do estudo (T1) | Fim do estudo (T3) | p | Início do estudo (T1) | Fim do estudo (T3) | p |
| Idade (anos) | 14.6±1.8 | 16.6±1.8 | 0.058 | 14.4±1.8 | 16.4±1.8 | 0.082 | 14.7±1.9 | 16.7±1.9 | 0.081 |
| Nível Socioeconômico (FAS) | 6.3±1.6 | | | 6.3±1.6 | | | 6.4±1.6 | | <0.0001* |
| IMC | 21.17±3.6 | 22.12±3.5 | <0.0001* | 21.28±3.7 | 22.36±3.6 | <0.0001* | 21.1±3.5 | 21.9±3.5 | <0.0001* |
| Duração do sono (horas/dia) | | | | | | | | | |
| Semana completa | 9.15±0.8 | 8.93±0.8 | <0.0001* | 9.15±0.8 | 8.96±0.8 | 0.004* | 9.14±0.8 | 8.89±0.8 | <0.0001* |
| Dias de escola | 8.83±0.9 | 8.56±1.0 | <0.0001* | 8.73±0.9 | 8.57±1.0 | 0.05* | 8.93±0.9 | 8.54±1.0 | <0.0001* |
| Fim de semana | 9.96±1.4 | 9.85±1.5 | 0.215 | 10.22±1.4 | 9.92±1.5 | 0.014* | 9.68±1.4 | 9.77±1.5 | 0.046* |
| Aptidão Física | | | | | | | | | |
| Teste de vai-e-vem de 20m (nº percursos) | 45.45±24.8 | 55.46±28.1 | <0.0001* | 31.5±15.1 | 38.03±16.9 | <0.0001* | 58.09±25.2 | 71.25±26.9 | <0.0001* |

* Test t, p≤0,05. Os dados são apresentados média±Desvio Padrão.

Tabela 2. Associação entre a duração do sono e a aptidão cardiorrespiratória dos adolescentes, por sexo.

| Aptidão Cardiorrespiratória | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------|---------|--------|---------------|---------|--------|-------|---------------|
| Duração total do Sono | OR | Meninas | | | Meninos | | | p |
| | | 95% IC | | p | OR | 95% IC | | |
| Semana inteira | | Baixo | Alto | | | Baixo | Alto | |
| Dormiram menos do que o recomendado | 1.125 | 0.277 | 4.577 | 0.869 | 0.141 | 0.025 | 0.804 | 0.027* |
| Atenderam as recomendações | 3.537 | 1.029 | 12.161 | 0.045* | 0.277 | 0.057 | 1.339 | 0.110 |
| Dormiram mais do que o recomendado | 1 | | | | 1 | | | |
| Dias de escola | | | | | | | | |
| Dormiram menos do que o recomendado | 1.122 | 0.099 | 12.690 | 0.926 | 0.898 | 0.142 | 5.657 | 0.909 |
| Atenderam as recomendações | 2.168 | 0.198 | 23.686 | 0.526 | 1.333 | 0.225 | 7.910 | 0.752 |
| Dormiram mais do que o recomendado | 1 | | | | 1 | | | |
| Fins de semana | | | | | | | | |
| Dormiram menos do que o recomendado | 1.628 | 0.569 | 4.653 | 0.363 | 0.713 | 0.276 | 1.839 | 0.484 |
| Atenderam as recomendações | 2.063 | 1.059 | 4.016 | 0.033* | 0.675 | 0.318 | 1.429 | 0.304 |
| Dormiram mais do que o recomendado | 1 | | | | 1 | | | |

OR= odds ratio; IC= Intervalo de Confiança; p= nível de significância

Discussão

Este estudo teve como objetivo verificar a associação longitudinal entre a duração do sono e a aptidão cardiorrespiratória, após dois anos, em adolescentes Portugueses. As médias da duração do sono entre meninos e meninas diferiram entre dias de escola e fim de semana, sendo maiores nos fins de semana. Como esperado, foi observado que com o passar dos anos, os adolescentes passaram a dormir menos em relação ao primeiro ano de estudo. Os modelos de regressão evidenciaram uma associação entre a duração do sono e a aptidão cardiorrespiratória, no sentido de que, na semana completa, os meninos que dormiam menos que o recomendado, tiveram 86% menos chances de ter melhor aptidão cardiorrespiratória quando comparados com os que dormiam acima do recomendado. Para as meninas, o modelo previu que quem atendia as recomendações de sono tinha mais probabilidade de ter melhor aptidão cardiorrespiratória, tanto na semana completa como nos finais de semana.

Nossos resultados indicam que 75,9% dos adolescentes atenderam as recomendações do sono no início do estudo e que, como esperado, com o passar dos anos do estudo passaram a dormir menos, reforçando as evidências que adolescentes mais velhos (pós-púbere) tendem a dormir menos que adolescentes mais novos (pré-púberes) (Carskadon, 2011; Crowley et al., 2018; Nahmod et al., 2017; Wheaton, et al., 2018).

Entretanto, enfatizamos a importância observada em diversos estudos (Chaput et al., 2017; Crowley et al., 2018; Ohayon et al., 2017), do cumprimento das recomendações do sono, a fim de ter melhores respostas e resultados na saúde do adolescente, especificamente, na aptidão cardiorrespiratória, uma vez que, observamos no nosso estudo, que as meninas que atendiam as recomendações do sono tiveram maior probabilidade de ter melhor aptidão em comparação com quem dormia abaixo ou acima do recomendado e, meninos que dormiram abaixo das recomendações do sono tiveram grande probabilidade de terem pior aptidão cardiorrespiratória.

Estudos nos mostram que dormir menos traz riscos cardiovasculares à saúde (Owens, 2014), mas dormir em excesso, também aporta riscos à saúde, nomeadamente está associado com doenças psiquiátricas, maiores índices de massa corporal em adolescentes e adultos (Léger et al., 2014), além de níveis mais elevados de fadiga, apneia do sono e má qualidade do sono (Jike et al., 2018; Stamatakis & Punjabi, 2007). Ainda, meninas que foram classificadas como

mais aptas eram mais propensas a relatar um sono melhor em relação às que não atingiam os níveis saudáveis de aptidão cardiorrespiratória (Mota & Vale, 2010).

O nosso estudo apresenta algumas limitações: não foram coletadas informações sobre cochilos diurnos ou sesta. Além de que, a duração do sono foi auto reportada, o que pode levar a valores sub ou sobrestimados.

Concluimos que houve uma associação longitudinal significativa, em meninos e meninas, entre a duração do sono e a aptidão cardiorrespiratória na semana inteira, e, apenas para as meninas, nos finais de semana. Assim, meninas que atendiam as recomendações do sono, na semana inteira e nos finais de semana, apresentaram melhor aptidão cardiorrespiratória e, meninos que dormiam abaixo das recomendações do sono tiveram grande probabilidade de terem pior aptidão cardiorrespiratória. Por fim, não foram observadas associações significativas nos dias de escola, entre gênero.

Referências

- ACSM. (2018). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. (M. et al. . . Riebe, D., Ehrman., J. K., Liguori, G., Magal, Ed.), *Choice Reviews Online* (10Th Ed). Wolters Kluwer. <https://doi.org/10.5860/choice.35-6295>
- Agostinis-Sobrinho, C., Santos, R., Moreira, C., Abreu, S., Lopes, L., Oliveira-Santos, J., ... Mota, J. (2016). Association between serum adiponectin levels and muscular fitness in Portuguese adolescents: LabMed Physical Activity Study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 26(6), 517–524. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2016.02.011>
- ALPHA. (2009). The ALPHA Health-Related Fitness Test Battery for Children and Adolescents Test Manual. *Assesing Levels of Physical Activity*, 1–34.
- Andrade, M., Benedito-Silva, A.A., Domenice, S., Arnhold, I. J., Menna-Barreto, L. . (1993). Sleep Characteristics of A Longitudinal Study Adolescents. *Journal of Adolescent Health*, 14, 401–406. Retrieved from <https://teensneedsleep.files.wordpress.com/2011/04/andrade-et-al-sleep-characteristics-of-adolescents-a-longitudinal-study.pdf>
- Artero, E. G., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., España-Romero, V., Vicente-Rodríguez, G., Molnar, D., ... Gutiérrez, A. (2011). Muscular and cardiorespiratory fitness are independently associated with metabolic risk in adolescents: The HELENA study. *Pediatric Diabetes*, 12(8), 704–712. <https://doi.org/10.1111/j.1399-5448.2011.00769.x>
- AUGov. (2019). Australian 24-Hour Movement Guidelines for Children and Young People (5–17 years): An Integration of Physical Activity, Sedentary Behaviour, and Sleep.
- Bartel, K. A., Gradisar, M., & Williamson, P. (2015). Protective and risk factors for adolescent sleep: A meta-analytic review. *Sleep Medicine Reviews*, 21, 72–85. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2014.08.002>
- Bauducco, S. V., Flink, I. K., Jansson-Fröjmark, M., & Linton, S. J. (2016). Sleep duration and patterns in adolescents: correlates and the role of daily stressors. *Sleep Health*, 2(3), 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2016.05.006>
- Bel, S., Michels, N., De Vriendt, T., Patterson, E., Cuenca-García, M., Diethelm, K., ... Huybrechts, I. (2013). Association between self-reported sleep duration and dietary quality in European adolescents. *British Journal of Nutrition*, 110(5), 949–959. <https://doi.org/10.1017/S0007114512006046>
- Bjorvatn, B., & Pallesen, S. (2009). A practical approach to circadian rhythm sleep disorders. *Sleep Medicine Reviews*, 13(1), 47–60. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2008.04.009>
- Brand, S., & Kirov, R. (2011). Sleep and its importance in adolescence and in common adolescent somatic and psychiatric conditions. *International Journal of General Medicine*, 425. <https://doi.org/10.2147/ijgm.s11557>
- Calamaro, C. J., Mason, T. B. A., & Ratcliffe, S. J. (2009). Adolescents living the 24/7 lifestyle: Effects of caffeine and technology on sleep duration and daytime functioning. *Pediatrics*, 123(6). <https://doi.org/10.1542/peds.2008-3641>
- Carskadon, M. A., Vieira, C., & Acebo, C. (1993). Association between puberty and delayed phase preference. *Sleep*, 16(3), 258–262. <https://doi.org/10.1093/sleep/16.3.258>
- Carskadon, M. A. (2011). Sleep in Adolescents: The Perfect Storm. *Pediatric Clinics of North America*, 58(3), 637–647. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2011.03.003>
- Carson, V., Hunter, S., Kuzik, N., Gray, C. E., Poitras, V. J., Chaput, J. P., ... Tremblay, M. S. (2016). Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth: An update. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 41(6), S240–S265. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0630>
- Chang & Chen, 2015. (n.d.). Relationships between sleep quality, physical fitness and body mass index in college freshmen. *J Sports Med Phys Fitness*, Oct;55(10).

- Chaput, J., Saunders, T. J., & Carson, V. (2017). Interactions between sleep, movement and other non-movement behaviours in the pathogenesis of childhood obesity. *American Academy of Pediatrics*, 118(February), 7–14. <https://doi.org/10.1111/obr.12508>
- Countryman, A. J., Saab, P. G., Llabre, M. M., Penedo, F. J., McCalla, J. R., & Schneiderman, N. (2013). Cardiometabolic risk in adolescents: Associations with physical activity, fitness, and sleep. *Annals of Behavioral Medicine*, 45(1), 121–131. <https://doi.org/10.1007/s12160-012-9428-8>
- Crowley, S. J., Acebo, C., & Carskadon, M. A. (2007). Sleep, circadian rhythms, and delayed phase in adolescence. *Sleep Medicine*, 8(6), 602–612. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2006.12.002>
- Crowley, S. J., Wolfson, A. R., Tarokh, L., & Carskadon, M. A. (2018). An update on adolescent sleep: New evidence informing the perfect storm model. *Journal of Adolescence*, 67(April), 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2018.06.001>
- Dewald, J. F., Meijer, A. M., Oort, F. J., Kerkhof, G. A., & Bögels, S. M. (2010). The influence of sleep quality, sleep duration and sleepiness on school performance in children and adolescents: A meta-analytic review. *Sleep Medicine Reviews*, 14(3), 179–189. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2009.10.004>
- Dishman, R. K., Sui, X., Church, T. S., Kline, C. E., Youngstedt, S. D., & Blair, S. N. (2015). Decline in cardiorespiratory fitness and odds of incident sleep complaints. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(5), 960–966. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000506>
- Evaristo, S., Moreira, C., Lopes, L., Oliveira, A., Abreu, S., Agostinis-Sobrinho, C., ... Mota, J. (2019). Muscular fitness and cardiorespiratory fitness are associated with health-related quality of life: Results from labmed physical activity study. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 17(2), 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2019.01.002>
- Fuligni, A. J., Bai, S., Krull, J. L., & Gonzales, N. A. (2019). Individual Differences in Optimum Sleep for Daily Mood During Adolescence. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology*, 48(3), 469–479. <https://doi.org/10.1080/15374416.2017.1357126>
- García-Hermoso, A., Aguilar, M. M., Vergara, F. A., Velásquez, E. J. A., & Marina, R. (2015). Obesity, Cardiorespiratory Fitness, and Self-Reported Sleep Patterns in Chilean School-Aged Children. *Behavioral Sleep Medicine*. <https://doi.org/10.1080/15402002.2015.1083023>
- García-Hermoso, A., Ramírez-Vélez, R., García-Alonso, Y., Alonso-Martínez, A. M., & Izquierdo, M. (2020). Association of Cardiorespiratory Fitness Levels during Youth with Health Risk Later in Life: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Pediatrics*, 174(10), 952–960. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2020.2400>
- Gariépy, G., Danna, S., Gobiņa, I., Rasmussen, M., Gaspar de Matos, M., Tynjälä, J., ... Schnohr, C. (2020). How Are Adolescents Sleeping? Adolescent Sleep Patterns and Sociodemographic Differences in 24 European and North American Countries. *Journal of Adolescent Health*, 66(6), S81–S88. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2020.03.013>
- Ge, Y., Xin, S., Luan, D., Zou, Z., Liu, M., Bai, X., & Gao, Q. (2019). Association of physical activity, sedentary time, and sleep duration on the health-related quality of life of college students in Northeast China. *Health and Quality of Life Outcomes*, 17(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12955-019-1194-x>
- Gillis, B. T., & El-Sheikh, M. (2019). Sleep and adjustment in adolescence: physical activity as a moderator of risk. *Sleep Health*, 5(3), 266–272. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2019.02.001>
- Hagenauer, M. H., Perryman, J. I., Lee, T. M., & Carskadon, M. A. (2009). Adolescent changes in the homeostatic and circadian regulation of sleep. *Developmental Neuroscience*, 31(4), 276–284. <https://doi.org/10.1159/000216538>
- Hallal, P. C., Andersen, L. B., Bull, F. C., Guthold, R., Haskell, W., Ekelund, U., ... Group, W. (2012). Physical Activity 1 Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls. *The Lancet*, 380(9838), 247–257. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60646-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60646-1)
- Hayes, G., Dowd, K. P., MacDonncha, C., & Donnelly, A. E. (2019). Tracking of Physical Activity and Sedentary Behavior From Adolescence to Young Adulthood: A Systematic Literature Review.

- Journal of Adolescent Health*, 65(4), 446–454. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2019.03.013>
- Hirshkowitz M, Whiton K, Albert S.M, et al. (2015). National Sleep Foundation ’ s sleep time duration recommendations : methodology and results summary. *Sleep Health*, 1(1), 40–43. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2014.12.010>
- Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S. M., Alessi, C., Bruni, O., DonCarlos, L., ... Hillard, P. J. A. (2015). National Sleep Foundation ’ s sleep time duration recommendations : methodology and results summary. *Sleep Health*, 1, 40–43. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2014.12.010>
- Jike, M., Itani, O., Watanabe, N., Buysse, D. J., & Kaneita, Y. (2018). Long sleep duration and health outcomes: A systematic review, meta-analysis and meta-regression. *Sleep Medicine Reviews*, 39, 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2017.06.011>
- Kim, Y., Umeda, M., Lochbaum, M., & Stegemeier, S. (2016). Physical activity, screen-based sedentary behavior, and sleep duration in adolescents: Youth risk behavior survey, 2011–2013. *Preventing Chronic Disease*, 13(9), 1–6. <https://doi.org/10.5888/pcd13.160245>
- Lang, J. J., Tremblay, M. S., Ortega, F. B., Ruiz, J. R., & Tomkinson, G. R. (2019). Review of criterion-referenced standards for cardiorespiratory fitness: what percentage of 1 142 026 international children and youth are apparently healthy? *British Journal of Sports Medicine*, 53(15), 953–958. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096955>
- Lee, A. J. Y., & Lin, W. H. (2007). Association between sleep quality and physical fitness in female young adults. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(4), 462–467.
- Léger, D., Beck, F., Richard, J. B., Sauvet, F., & Faraut, B. (2014). The risks of sleeping “too much”. Survey of a national representative sample of 24671 adults (INPES health barometer). *PLoS ONE*, 9(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106950>
- Lemola, S., Perkinson-Gloor, N., Brand, S., Dewald-Kaufmann, J. F., Grob, A. (2014). Adolescents’ Electronic Media Use at Night, Sleep Disturbance, and Depressive Symptoms in the Smartphone Age. *Journal of Youth and Adolescence*, 44(2), 405–418. <https://doi.org/10.1007/s10964-014-0176-x>
- Marques, A., Mota, J., Gaspar, T., Matos, M. G. (2017). Associations between self-reported fitness and self-rated health, life-satisfaction and health-related quality of life among adolescents. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 15, 8–11.
- Mintjens, S., Menting, M. D., Daams, J. G., van Poppel, M. N. M., Roseboom, T. J., & Gemke, R. J. B. J. (2018). Cardiorespiratory Fitness in Childhood and Adolescence Affects Future Cardiovascular Risk Factors: A Systematic Review of Longitudinal Studies. *Sports Medicine*, 48(11), 2577–2605. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0974-5>
- Mota, J., & Vale, S. (2010). Associations between sleep quality with cardiorespiratory fitness and BMI among adolescent girls. *American Journal of Human Biology*, 22(4), 473–475. <https://doi.org/10.1002/ajhb.21019>
- Möttus, R., Soto, C. J., & Slobodskaya, H. R. (2017). Are All Kids Alike? The Magnitude of Individual Differences in Personality Characteristics Tends to Increase from Early Childhood to Early Adolescence. *European Journal of Personality*, 31(4), 313–328. <https://doi.org/10.1002/per.2107>
- Nahmod, N. G., Lee, S., Buxton, O. M., Chang, A. M., & Hale, L. (2017). High school start times after 8:30 AM are associated with later wake times and longer time in bed among teens in a national urban cohort study. *Sleep Health*, 3(6), 444–450. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2017.09.004>
- National Sleep Foundation. (2006). Sleep in America Poll: America’s sleepy teens. Washington, DC: National Sleep Foundation.
- Ohayon, M., Wickwire, E. M., Hirshkowitz, M., Albert, S. M., Avidan, A., Daly, F. J., ... Vitiello, M. V. (2017). National Sleep Foundation’s sleep quality recommendations: first report. *Sleep Health*, 3(1), 6–19. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2016.11.006>
- Olds, T., Maher, C., Blunden, S., & Matricciani, L. (2010). Normative data on the sleep habits of Australian children and adolescents. *Sleep*, 33(10), 1381–1388.

- <https://doi.org/10.1093/sleep/33.10.1381>
- Oliveira-Santos, J., Santos, R., Moreira, C., Abreu, S., Lopes, L., Agostinis, C., & Mota, J. (2016). Ability of Measures of Adiposity in Identifying Adverse Levels of Inflammatory and Metabolic Markers in Adolescents. *Childhood Obesity*, 12(2), 135–143. <https://doi.org/10.1089/chi.2015.0124>
- Oliveira, M. L. C. (2016). *Relação entre o uso de “mídias eletrônicas” e os hábitos de sono, sonolência diurna e processos cognitivos em adolescentes de escolas privadas de Natal/RN. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.* <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ortega, F.B., Ruiz1, J.R., Castillo, M.J., Sjöström, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence : a powerful marker of health. *Journal of Obesity. Pediatric Review.*, (December 2007), 1–11. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>
- Owens, J. (2014). Insufficient Sleep in Adolescents and Young Adults: An Update on Causes and Consequences. *Pediatrics*, 134:e921–e.
- Pyper, E., Harrington, D., & Manson, H. (2017). Do parents’ support behaviours predict whether or not their children get sufficient sleep? A cross-sectional study. *BMC Public Health*, 17(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4334-4>
- Ruiz, J. R., Castro-piñero, J., España-romero, V., Artero, E. G., Ortega, F. B., Cuenca, M. M., ... Castillo, M. J. (2011). Field-based fitness assessment in young people : the ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents, 518–524. <https://doi.org/10.1136/bjism.2010.075341>
- Serra-Majem, L., Ribas, L., Ngo, J., Ortega, R. M., García, A., Pérez-Rodrigo, C., & Aranceta, J. (2004). Food, youth and the Mediterranean diet in Spain. Development of KIDMED, Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents. *Public Health Nutrition*, 7(7), 931–935. <https://doi.org/10.1079/phn2004556>
- Short, Michelle & Weber, N. (2018). *Sleep Duration and Risk-Taking in Adolescents: A systematic review and meta-analysis.* *Sleep Medicine Reviews.* Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2018.03.006>
- Stamatakis, K. A., & Punjabi, N. M. (2007). Long sleep duration: A risk to health or a marker of risk? *Sleep Medicine Reviews*, 11(5), 337–339. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2007.07.006>
- Štefan, L., Krističević, T., & Sporiš, G. (2018). The associations of self-reported physical fitness and physical activity with sleep quality in young adults: A population-based study. *Mental Health and Physical Activity*, 14, 131–135. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2018.04.002>
- Tanner, J. M., & Whitehouse, R. H. (1976). Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity, and stages of puberty. *Archives of Disease in Childhood*, 51(3), 170–179. <https://doi.org/10.1136/adc.51.3.170>
- Thivel D, Isacco L, Aucouturier J, et al. (2015). Bedtime and Sleep Timing but not Sleep Duration Are Associated With Eating Habits in Primary School Children, 36(3), 158–65.
- Tomkinson, G., & Olds, T. (2007). Secular changes in pediatric aerobic fitness test performance: The global picture. *Medicine and Sport Science*, 50, 46–66. <https://doi.org/10.1159/000101075>
- Tomkinson, G. R., Lang, J. J., & Tremblay, M. S. (2017). Temporal trends in the cardiorespiratory fitness of children and adolescents representing 19 high-income and upper middle-income countries between 1981 and 2014. *British Journal of Sports Medicine*, 53(8), 478–486. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097982>
- Tremblay, M. S., Chaput, J. P., Adamo, K. B., Aubert, S., Barnes, J. D., Choquette, L., ... Carson, V. (2016). Canadian 24-Hour Movement Guidelines for the Early Years (0-4 years): An Integration of Physical Activity, Sedentary Behaviour, and Sleep. *BMC Public Health*, 17(41), 311–327. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4859-6>
- Wang, Y., & Yip, T. (2020). Sleep Facilitates Coping: Moderated Mediation of Daily Sleep, Ethnic/Racial Discrimination, Stress Responses, and Adolescent Well-Being. *Child Development*,

91(4), e833–e852. <https://doi.org/10.1111/cdev.13324>

Wheaton, A. G., Sherry, ;, Jones, E., Cooper, A. C., & Croft, J. B. (2018). 103 Recommendations of the Advisory Committee on Immunization Practices for Use of Herpes Zoster Vaccines 109 Notes from the Field: Errors in Administration of an Excess Dosage of Yellow Fever Vaccine-United States, *67*(3), 85–90. Retrieved from https://www.cdc.gov/mmwr/cme/conted_info.html#weekly.

WHO. World Health Organization. (2020). *WHO Guidelines on physical activity and sedentary behaviour*. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/325147/WHO-NMH-PND-2019.4>

[eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://www.who.int/iris/handle/10665/311664%0Ahttps://apps.who.int/iris/handle/10665/325147](https://www.who.int/iris/handle/10665/311664)

Zaqout, M., Vyncke, K., Moreno, L. A., De Miguel-Etayo, P., Lauria, F., Molnar, D., ... Michels, N. (2016). Determinant factors of physical fitness in European children. *International Journal of Public Health*, *61*(5), 573–582. <https://doi.org/10.1007/s00038-016-0811-2>

CAPÍTULO VII

DISCUSSÃO GERAL **E CONCLUSÕES FINAIS**

Este último Capítulo contempla uma síntese geral dos resultados dos quatro estudos apresentados (Capítulos III a VI), suas principais conclusões e limitações, bem como recomendações para pesquisas futuras.

Síntese de Resultados, Discussão Geral e Conclusões Finais

Tendo em consideração o enquadramento teórico anteriormente enunciado na introdução geral, a presente tese procurou contribuir, através dos estudos realizados, para uma melhor compreensão dos aspectos do sono e sua relação com a atividade física e a aptidão física em crianças e adolescentes.

Os estudos realizados mostraram que: (i) períodos mais longos de sono noturno e melhor qualidade do sono foram associados a níveis mais elevados de aptidão física em adolescentes, mas não em crianças (**Estudo I**); (ii) quanto mais cedo se inicia e termina a atividade física e quanto maior a sua duração/semana, menor foi a irregularidade no início do sono de adolescentes brasileiros (**Estudo II**); (iii) meninos que atenderam as recomendações do sono, nos dias de escola, apresentaram maior aptidão cardiorrespiratória (**Estudo III**); (iv) meninas que atenderam as recomendações do sono, na semana inteira e nos finais de semana, apresentaram melhor aptidão cardiorrespiratória e, meninos que dormiram abaixo das recomendações do sono tiveram grande probabilidade de terem pior aptidão cardiorrespiratória, em estudo longitudinal (**Estudo IV**).

O objetivo do **Estudo I**, uma revisão sistemática da literatura, foi resumir o conhecimento sobre a associação entre duração ou qualidade do sono e aptidão física (aptidão cardiorrespiratória e muscular), em crianças e adolescentes. Nossos resultados sugerem que a maior duração do sono foi associada à níveis mais elevados de aptidão cardiorrespiratória, menores níveis de resistência muscular e flexibilidade em adolescentes (Countryman et al., 2013; Lee & Lin, 2007); embora, nenhuma associação foi encontrada entre a duração do sono e a aptidão cardiorrespiratória ou força muscular entre uma grande amostra de crianças europeias de 6 a 9 anos de idade (Thivel et al., 2015; Zaout et al., 2016).

Além disso, é importante notar que o sono ideal envolve não apenas uma quantidade adequada de sono, mas também outras características do sono, como arquitetura do sono (ou seja, estágios do sono), qualidade do sono (ou seja, eficiência para permanecer dormindo), timing (ou seja, hora para dormir / acordar), consistência (ou seja, variabilidade do dia a dia) e

continuidade (ou seja, variabilidade na duração do sono na mesma noite) (Chaput, Saunders, & Carson, 2017).

No **Estudo II**, com desenho transversal, dentro do nosso modelo, observamos uma associação entre a atividade física e o sono, no sentido de que quanto mais cedo, se inicia e termina a atividade física, e quanto maior foi a duração/semana desta, menor foi a irregularidade no horário de dormir dos adolescentes em nosso estudo. Master et al. (2019) avaliaram a associação da atividade física durante o dia com o sono em 417 adolescentes, utilizando medidas objetivas para ambos, e observaram que quem realizou maior duração da atividade física moderada a vigorosa apresentou início do sono mais cedo e maior duração do sono. Tal evidência nos faz pensar a menor irregularidade nos horários de dormir associada a maior duração na atividade física/semana observada em nosso estudo poderia estar relacionada aos adolescentes terem passado a dormir mais cedo nos finais de semana, e, por isso, se tornarem menos irregulares.

Nossos resultados corroboram com Gerber et al. (2010), que encontrou associação da aptidão física com a duração do sono em jovens suíços, assim como na revisão sistemática de Dolezal et al. (2017) foi observado que distúrbios do sono podem estar relacionado a níveis mais baixos de condicionamento físico em adultos noruegueses (Strand et al., 2013).

No que diz respeito ao **Estudo III**, pesquisa de caráter transversal, observamos uma associação entre a aptidão cardiorrespiratória e a duração do sono nos dias de escola, em meninos, no sentido de que o cumprimento das recomendações do sono previu maior aptidão cardiorrespiratória, apenas em relação a quem dorme em excesso. Assim, dormir mais que o recomendado foi associado à menor aptidão cardiorrespiratória e, evidências nos mostram que tanto dormir menos traz riscos cardiovasculares à saúde (Owens, 2014) como dormir em excesso, além do recomendado, está associado com doenças psiquiátricas, maiores índices de massa corporal em adolescentes e adultos (Léger et al., 2014), além de fadiga, apneia e má qualidade do sono (Stamatakis & Punjabi, 2007).

Por fim, no **Estudo IV**, pesquisa de desenho longitudinal, observamos que as meninas que atenderam as recomendações do sono, na semana inteira e nos finais de semana, apresentaram melhor aptidão cardiorrespiratória em comparação com quem dormia abaixo ou acima do recomendado e, meninos que dormiram abaixo das recomendações do sono tiveram grande probabilidade de terem pior aptidão cardiorrespiratória. Entretanto, enfatizamos a importância observada em diversos estudos (Chaput, Saunders, & Carson, 2017; Crowley et al., 2018; Ohayon et al., 2017) do cumprimento das recomendações do sono a fim de ter

melhores respostas e resultados na saúde do adolescente, especificamente, na aptidão cardiorrespiratória dos mesmos.

Ainda, meninas que foram classificadas como aptas eram mais propensas a relatar um sono melhor em relação as que não atingiam os níveis saudáveis de aptidão cardiorrespiratória (Mota & Vale, 2010).

Desta forma, estes resultados destacam a relevância dos parâmetros do sono, como duração do sono, qualidade do sono e irregularidade dos horários de dormir, por exemplo, em associação com a atividade física e a aptidão física em crianças e adolescentes e sugerem que:

- Períodos mais longos de sono noturno e melhor qualidade do sono foram associados a níveis mais elevados de aptidão física em adolescentes. No entanto, essa associação não foi observada em crianças. Nossa revisão forneceu novas contribuições para esse campo da literatura e apoiou a visão de que a duração do sono e a qualidade do sono estão significativamente relacionadas com a aptidão cardiorrespiratória ou muscular em adolescentes (**Capítulo III – Estudo I**).
- Houve uma associação significativa entre o início, o fim e a duração/semana de atividade física com padrões de sono, especificamente na irregularidade do início do sono, avaliada por medidas objetivas (**Capítulo IV – Estudo II**).
- Existiu uma associação significativa, entre duração do sono e a aptidão cardiorrespiratória, apenas nos dias da semana, em meninos. De modo que, adolescentes que atenderam as recomendações do sono apresentaram melhor aptidão cardiorrespiratória, em comparação apenas aos que dormem em excesso. Além de que, adolescentes que dormiram acima do recomendado apresentaram menor aptidão cardiorrespiratória em relação aos que atenderam e dormiram menos que as recomendações do sono (**Capítulo V – Estudo III**).
- Houve associação significativa, em meninos e meninas, entre a duração do sono e a aptidão cardiorrespiratória na semana inteira, e, apenas para as meninas, nos finais de semana. Assim, meninas que cumpriram as recomendações do sono, na semana inteira e nos finais de semana, apresentaram melhor aptidão cardiorrespiratória e, meninos que dormiram abaixo das recomendações do sono tiveram grande probabilidade de terem pior aptidão cardiorrespiratória (**Capítulo VI – Estudo IV**).

Limitações dos Estudos e Recomendações

A presente tese focou-se no estudo da duração do sono e sua associação com a atividade física e aptidão física em crianças e adolescentes. Como limitações, inicialmente na revisão sistemática da literatura (Estudo I), tivemos a necessidade de mais pesquisas na literatura, com estudos observacionais e longitudinais que permitissem avaliar relações de causa e consequência, usando medidas objetivas de sono e aptidão física com maior representatividade entre crianças e adolescentes, explorando aspectos do estilo de vida humano, diferenças entre gêneros, grupos de idade e contextos culturais.

Como limitações dos nosso estudo II (transversal), para além da atividade física auto relatada, em que os adolescentes podem subestimar ou sobrestimar os seus próprios relatórios, o tamanho da amostra pode ter resultado numa maior variabilidade dos dados e culminado na ausência de relações entre a atividade física e os parâmetros do sono, de acordo com as nossas hipóteses iniciais. Assim, para futuras investigações sobre esta relação, são necessárias medidas objetivas para a atividade física numa amostra maior. No Estudo III (transversal) e IV (longitudinal), como limitação, houve a necessidade de avaliar de forma objetiva um maior número de variáveis relacionadas ao sono (informações sobre cochilos diurnos ou sesta, qualidade e distúrbios do sono, por exemplo), além da duração do sono ter sido auto referida.

Tendo em consideração os resultados da presente tese, temos como recomendações e aplicações práticas: a toda equipe que compõe às instituições de ensino, brasileiras e portuguesas, como escolas, ginásios, centros de treinamentos, que deem publicidade divulgando nos diversos meios de comunicação, cartilhas, folders, ou mesmo construção de mesas redondas, debates, sobre a higiene do sono, como por exemplo, estabelecer rotinas e constâncias nos horários de dormir e acordar, não se expor à luz artificial (tablets, celulares e televisão) próximo aos horários de dormir, evitar escurecer o ambiente em que se dorme com blackouts, para evitar não ser acordado pela presença da luz solar, e que os adolescentes e familiares, público-alvo, apliquem as boas práticas adquiridas, através dessas ferramentas pedagógicas.

Nesse sentido, seria aconselhável, escolas brasileiras que iniciam seus horários as 7h da manhã, rever alguns conceitos e possíveis ajustes na perspectiva de mudanças de início dos

horários escolares matutinos, para um pouco mais tarde, pelo menos em relação aos estudantes adolescentes.

Por fim, concluímos que se devem continuar as pesquisas sobre a relação entre a atividade física, aptidão física e sono em adolescentes, a fim de construir mais evidência, visto que os dados obtidos nesta tese parecem indicar a necessidade de mais intervenções dedicadas ao aumento da frequência e duração da atividade física, bem como maiores avaliações da aptidão física nos adolescentes associados à intervenções objetivas nos parâmetros de sono, duração e qualidade do sono.

Referências

- Chaput, J., Saunders, T. J., & Carson, V. (2017). Interactions between sleep, movement and other non-movement behaviours in the pathogenesis of childhood obesity. *American Academy of Pediatrics*, 118(February), 7–14. <https://doi.org/10.1111/obr.12508>
- Countryman, A. J., Saab, P. G., Llabre, M. M., Penedo, F. J., McCalla, J. R., & Schneiderman, N. (2013). Cardiometabolic risk in adolescents: Associations with physical activity, fitness, and sleep. *Annals of Behavioral Medicine*, 45(1), 121–131. <https://doi.org/10.1007/s12160-012-9428-8>
- Crowley, S. J., Acebo, C., & Carskadon, M. A. (2007). Sleep, circadian rhythms, and delayed phase in adolescence. *Sleep Medicine*, 8(6), 602–612. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2006.12.002>
- Crowley, S. J., Wolfson, A. R., Tarokh, L., & Carskadon, M. A. (2018). An update on adolescent sleep: New evidence informing the perfect storm model. *Journal of Adolescence*, 67(April), 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2018.06.001>
- Dolezal, B. A., Neufeld, E. V., Boland, D. M., Martin, J. L., & Cooper, C. B. (2017). Corrigendum to “Interrelationship between Sleep and Exercise: A Systematic Review.” *Advances in Preventive Medicine*, 2017, 1–1. <https://doi.org/10.1155/2017/5979510>
- Gerber, M., Brand, S., Holsboer-Trachsler, E., & Pühse, U. (2010). Fitness and exercise as correlates of sleep complaints: Is it all in our minds? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(5), 893–901. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181c0ea8c>
- Lee, A. J. Y., & Lin, W. H. (2007). Association between sleep quality and physical fitness in female young adults. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(4), 462–467.
- Léger, D., Beck, F., Richard, J. B., Sauvet, F., & Faraut, B. (2014). The risks of sleeping “too much”. Survey of a national representative sample of 24671 adults (INPES health barometer). *PLoS ONE*, 9(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106950>
- Master, L., Nye, R. T., Lee, S., Nahmod, N. G., Mariani, S., Hale, L., & Buxton, O. M. (2019). Bidirectional, Daily Temporal Associations between Sleep and Physical Activity in Adolescents. *Scientific Reports*, 9(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44059-9>
- Mota, J., & Vale, S. (2010). Associations between sleep quality with cardiorespiratory fitness and BMI among adolescent girls. *American Journal of Human Biology*, 22(4), 473–475. <https://doi.org/10.1002/ajhb.21019>
- Ohayon, M., Wickwire, E. M., Hirshkowitz, M., Albert, S. M., Avidan, A., Daly, F. J., ... Vitiello, M. V. (2017). National Sleep Foundation’s sleep quality recommendations: first report. *Sleep Health*, 3(1), 6–19. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2016.11.006>
- Owens, J. (2014a). Insufficient Sleep in Adolescents and Young Adults: An Update on Causes and Consequences. *Pediatrics*, 134:e921–e.
- Owens, J. (2014b). Insufficient sleep in adolescents and young adults: An update on causes and consequences. *Pediatrics*, 134(3), e921–e932. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-1696>
- Strand, L. B., Laugsand, L. E., Wisløff, U., Nes, B. M., Vatten, L., & Janszky, I. (2013). Insomnia symptoms and cardiorespiratory fitness in healthy individuals: The Nord-Trøndelag health study (HUNT). *Sleep*, 36(1), 99–108. <https://doi.org/10.5665/sleep.2310>
- Thivel D, Isacco L, Aucouturier J, et al. (2015). Bedtime and Sleep Timing but not Sleep Duration Are Associated With Eating Habits in Primary School Children, 36(3), 158–65.
- Zaqout, M., Vyncke, K., Moreno, L. A., De Miguel-Etayo, P., Lauria, F., Molnar, D., ... Michels, N. (2016). Determinant factors of physical fitness in European children. *International Journal of Public Health*, 61(5), 573–582. <https://doi.org/10.1007/s00038-016-0811-2>