

ELENICE DE SOUSA PEREIRA

**INTERAÇÕES DINÂMICAS DA COMPETÊNCIA MOTORA E CORRELATOS
DURANTE O PROCESSO DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO
INFANTIL: UMA VISÃO A PARTIR DOS SISTEMAS COMPLEXOS**

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

Orientadora: Fernanda Karina dos Santos
Coorientadora: Thayse Natacha Q. Ferreira Gomes

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2023**

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

T

P436i
2023
Pereira, Elenice de Sousa, 1991-
Interações dinâmicas da competência motora e correlatos durante o processo de crescimento e desenvolvimento infantil: uma visão a partir dos sistemas complexos / Elenice de Sousa Pereira. – Viçosa, MG, 2023.
1 tese eletrônica (242 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexos.

Inclui apêndices.

Orientador: Fernanda Karina dos Santos.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Educação Física, 2023.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.716>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Aptidão física em crianças. 2. Exercícios físicos para crianças. 3. Capacidade motora em crianças. 4. Crianças - Desenvolvimento. I. Santos, Fernanda Karina dos, 1986-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Educação Física. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III. Título.

CDD 22. ed. 613.7042


ELENICE DE SOUSA PEREIRA

**INTERAÇÕES DINÂMICAS DA COMPETÊNCIA MOTORA E CORRELATOS
DURANTE O PROCESSO DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO
INFANTIL: UMA VISÃO A PARTIR DOS SISTEMAS COMPLEXOS**

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


APROVADA: 25 de agosto de 2023.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 **ELENICE DE SOUSA PEREIRA**
Data: 14/11/2023 10:31:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Elenice de Sousa Pereira

Autora

Documento assinado digitalmente
 **FERNANDA KARINA DOS SANTOS**
Data: 14/11/2023 16:35:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Fernanda Karina dos Santos

Orientadora

AGRADECIMENTOS

“[...] Foi em uma conversa com ele que eu comecei a entender uma diferença sutil, mas fundamental, entre agradecimento e gratidão. Agradecer é um ato, tem a ver com educação, reconhecimento e justiça. Gratidão é um sentimento, é algo que se carrega no peito, que pertence à pessoa como um valor, uma filosofia de vida. Um agradecimento sincero eleva a qualidade das relações entre as pessoas. Gratidão faz mais que isso. Eleva a qualidade humana de quem a tem. Nada mais justo do que reconhecer o mérito de um ato bom. Agradecer um favor, um apoio, uma gentileza, uma orientação ou uma oportunidade não é apenas uma demonstração de reconhecimento e de educação. É um tributo à justiça. Sem fazer nenhum proselitismo, eu afirmo que sinto imensa gratidão até por todas as crises que tive na vida (e quem não as teve?). No meio do furacão eu me revoltava com a vida, mas depois, pensando bem, eu sempre saí melhor de uma crise do que era quando nela entrei. Não há como pagar o ensinamento que uma crise, de qualquer natureza – emocional, financeira, existencial –, é capaz de inculcar em nossa mente e em nossa alma. Sim, há muitas coisas que não há como pagar, a não ser com gratidão. Há tanto a agradecer a tanta gente que passou por minha vida e que deixou marcas boas e indeléveis em meu caráter. Essas pessoas passaram, mas permanecem em mim. E sinto gratidão por isso. A elas eu já agradei..., mas a gratidão, aquele sentimento que aquece o peito, este continua comigo.” (Por que ser grato- Eugenio Mussak)

Mais um ciclo se completa, e ao meu ver, é o ciclo mais importante da minha vida. Desse modo, eu não poderia deixar de agradecer pela contribuição financeira, física, mental e espiritual de muitas pessoas. Primeiramente sou imensamente grata a Deus, pela sua grandeza, presença de luz e paz em minha vida, por me guiar, proteger e honrar até aqui, nos momentos mais difíceis e nas alegrias.

Agradeço aos meus pais, Piedade e Eronides, exemplos de ser humano, que dentro de suas condições sempre me incentivaram a buscar melhores condições na vida, e a busca pela educação foi a grande mudança. Não cabem palavras aqui que expressem o meu amor, respeito e gratidão por vocês. *“[...] Te amar pelas noites mal dormidas, por pensar mais em mim do que em você, pelas vezes que ouvi você dizer que a vida era cheia de feridas, e que é justo nas dores mais doídas, que a gente aprende a suportar, que é caindo que se aprende a levantar, até mesmo do poço mais profundo. Se eu vivesse mil vidas nesse mundo, não seria o bastante pra te amar”*. Eu amo muito vocês!

Ao meu irmão Edson, que sempre foi o meu maior desafio, e também és a minha maior inspiração. Mano, que você seja imensamente feliz e conquiste todos os seus sonhos. Te amo.

Agradeço a minha parceira, companheira, amiga e confidente Isabella Freire. Bella, você esteve ao meu lado desde o início dessa jornada. Foi a maior incentivadora, sempre acreditou em mim até nos momentos em que eu tive dúvidas. Embora você não goste da pós-graduação (kkk), você esteve sempre ao meu lado, foi meu ombro amigo e colo afável. Você foi e és peça fundamental na minha vida. Amo você. Gratidão por tudo o que vivemos e construímos. Aos seus irmãos Laura Freire e Pedro Augusto, por também fazerem parte desse processo e da minha vida.

Agradeço a Dona Lia (*in memoriam*), uma mãe forte e que lutou muito durante os anos que ainda esteve entre nós e que sempre acreditou em mim. Ao meu padrinho André (*in memoriam*) que nos deixou repentinamente, deixando-nos com muita saudade de sua presença e alegria constante. A Kelly Rodrigues (*in memoriam*), colega e amiga, nos auxiliou nas coletas e nas discussões que tínhamos nas reuniões do grupo de estudos, e a COVID-19 foi mais implacável. Meu eterno agradecimento.

A minha amiga, irmã de outra mãe e confidente Fernanda Miranda, você sempre foi e será uma inspiração para mim. É com o coração repleto de gratidão que venho expressar o meu mais profundo apreço, por cada gesto de afeto e dedicação, que torna nossa amizade um tesouro merecido e especial. Te amo ao infinito.

A minha mana do coração, Jaqueline Silva – te amo ao infinito. Vê-la crescer profissionalmente, mesmo que longe de mim, foi e sempre é uma grande satisfação. Mana, você é um ser humano incrível que desejo ter a amizade para toda a vida. Ainda não me acostumei com a sua montanha russa, no entanto, estar ao seu lado é sorrir diariamente. Amo o seu alto astral, a sua dedicação e agitação. Meus agradecimentos se estendem a sua mãe, Dona Eugênia, por quem tenho um carinho imenso. Gratidão por tudo.

A amiga, companheira de vida acadêmica e agora afilhada Fanny Condé. Obrigada *mig's* por seu companheirismo, carinho e atenção. Trilhamos juntas a pós-graduação, cada uma em sua área, mas compartilhamos diversos momentos, alegres e tristes, dos quais nos estreitou os laços e possibilitou sermos tão próximas e agora também fazer parte da sua família junto ao Diego. Vocês são lindos e merecem um mundo de coisas boas! Gratidão.

Aos familiares do coração que Viçosa me ofertou, Sr. José Luiz, sra. Luziete e Arthur Correa. Vocês foram essenciais nesse processo. Mãe Lu, seu carinho materno por diversas vezes foi o meu alento, principalmente quando batia a saudade de casa, do abraço da minha mãe biológica, e você me acolheu. Gratidão pelo tratamento homeopático, cuidados, zelo, atenção e

amor. Zé Luiz para os íntimos, foi e és como um pai. O senhor sempre disposto a ajudar, também a ficar me zoando sempre com suas pegadinhas e trocadilhos que muitas vezes não entendia e por vezes ainda não entendo. O senhor tem apenas um defeito que é ser um flamenguista doente (rsrs). Ao querido Arthur, irmão de coração. Gratidão a todos.

A Viviane Silva, vizinha e amiga do “condomínio de vidas passadas” (rsrs). Agradeço por toda amizade, carinho, atenção e cuidados. Obrigada por sempre cuidar de mim, física e espiritualmente falando. Ao seu companheiro de vida Everaldo (amigo Eve), pelo carinho e tantos momentos que vivenciamos.

A Camilo Macedo, Daniela Leocádio e Benício (*my little brother*). Agradeço por todo carinho e cuidados desde a graduação.

A professora Eveline Pereira Torres, por todo apoio, carinho e atenção. Gratidão pelas palavras de alento e conforto. Esteve presente nos momentos mais “delicados”, onde por diversas vezes nas aulas da pós, eu dizia que iria desistir, que o Doutorado não era para mim. Obrigada pelos auxílios externos à Universidade e por toda a ajuda e buscas incansáveis por alternativas que pudessem de alguma maneira me auxiliar durante esse processo. Meu eterno carinho e gratidão.

Ao professor Osvaldo Moreira, por ter me apresentado à pesquisa na área da Educação Física, em que tudo começou na Graduação em Licenciatura, ainda em Florestal. Professor, você é o responsável por ter plantado a sementinha e de me fazer seguir com a vida acadêmica. Sou grata a Deus por tê-lo colocado em meu caminho. Estendo o agradecimento a sua companheira de vida, Claudinha, pela amizade e por todo o carinho e atenção.

A professora Mariana Lopes, que foi fonte de inspiração para que eu pudesse adentrar a área acadêmica em terras viçosenses. Professora, você foi a primeira pessoa que procurei quando cheguei a Viçosa, e onde eu soube mesmo que inconscientemente que você seria um exemplo a ser seguido. Tanto que foram muitos anos participando de grupos de estudos, projetos, monitorias, IC's, congressos, seminários, etc. Gratidão por me aceitar e conduzir nesse caminho, mesmo eu não seguindo a sua linha de pesquisa na pós-graduação (rsrs). Agradeço também ao professor João Paulo Abreu, que foi e és um grande amigo, um professor apaixonado pela Educação Física e que transmite esse amor a todos.

A todos amigos e irmãos acadêmicos, Dani, Gabi, Isa, Matheus Regazi, Jefferson, Gleison, Lhais e Andressa, que passaram longas horas, dias, meses, e anos junto a mim no calabouço (apelido carinhoso do nosso laboratório), trilhando momentos de desespero, agonia, estresse, mas também de muitas alegrias, calma e risadas. Ao Gleison pela amizade e carinho,

em meio às alegrias e tristezas, ter amigos ao nosso lado torna a jornada mais significativa, mais leve e mais gratificante.

Aos irmãos acadêmicos e do coração Jefferson Teixeira e Matheus Regazi. Meninos, vocês foram ombro amigo. Vê-los crescer profissionalmente após a defesa de Mestrado, me dá um orgulho, e só de olhar para traz e pensar que valeu a pena cada esforço, cada momento de tensão, de angustia e também de diversão e alegrias. Vocês são a prova de que a pesquisa com intervenção tem que acontecer, mesmo durante uma pandemia (rsrs). Gratidão pela amizade.

A Divisão de Apoio Psicossocial (DAP) da UFV, em especial ao Wilde e Carmen, que me atenderam super bem e com toda seriedade e compaixão se prontificaram a me auxiliar em minhas queixas e dificuldades (acadêmicas e pessoais), em um momento relativamente difícil pelo o qual estava enfrentando na época. Muito obrigada.

A todos os voluntários e amigos que colaboraram para o andamento dessa pesquisa que iniciou no mestrado e teve seguimento no doutorado. Agradeço pela ajuda nas coletas, tabulações e mais tabulações dos dados e nas longas horas de análises dos vídeos... Álvaro, Marina, Matheus Machado, Ana Luiza, Larissa, Renan, Mayara, Luiz Gustavo, Eliane, Camila, Nara, Paulo Éder, Kelly (*in memoriam*), Julia Zandone, Danielle, João Paulo Abreu, Mariana Lopes, Raquel, Doiara, Gabriella Marques, Jefferson, Matheus Regazi, Carlos, Ronaldo, Vanessa, Lucas Lisboa, Diovanna, Betânia, Camila e Roberta Barbosa. Me perdoem se esqueci de alguém. Todos vocês foram essenciais.

Ao grupo de grupo de Estudos e Pesquisa em Cineantropometria, Desenvolvimento Humano e Saúde (GEPCiDeHS), coordenado pela professora Fernanda dos Santos, em que juntamente com Matheus Regazi fomos os primeiros integrantes. Foi com esse grupo que aprendi o que é coletividade e que o sucesso de um membro integrante é o sucesso de todos os outros. Aprendi também que se é para “apanhar” que seja em casa, com os nossos e entre os nossos.

Aos que já passaram e os que atualmente integram ao GEPCiDeHS – Álvaro, Matheus Machado, Matheus Regazi, Paulo Éder, Kelly (*in memoriam*), Isabella Caetano, Raquel Brito, Beatriz, Douglas Cipriano, Danielle Campos, Gabriella Marques, Jefferson Teixeira, Thayse Gomes, Saturnino, Diovanna, Betânia Brasiliano, Camila Bittercourt, Gleison Moraes, Roberta Barbosa, Lhais, Andressa.

Agradeço também ao Centro de Investigação em Saúde, Atividade Física e Esporte (SAFE), que sob a orientação e cuidados da professora Thayse pude aprender, crescer e evoluir acadêmica e pessoalmente. A todos os integrantes do SAFE – Mabliny, Ellen, Elenir, Marcos, Rafa, Henrique, Jamile, Tatiana, Douglas e Mayara.

Aos amigos do butecologia, em especial a Isabella, Luciana, tia Angela, Eliana e Nayan. Vocês foram e são muito importantes! Todos os momentos que vivenciamos foram vitais para que eu pudesse ser uma pessoa melhor.

A equipe Unopar Viçosa, que me aceitaram, acolheram e onde pude me descobrir, reinventar e buscar como ser uma profissional a cada dia melhor. À Camila Guimarães pela confiança de colocar em minhas mãos inúmeras pedras preciosas que são lapidadas semestre a semestre, com vistas a uma bela formação acadêmica. A Simone Martino a quem pude tanto importunar e aprender com seus ensinamentos... gratidão “tia” pela leveza de alma e coração aberto, com sua alma pedagógica e o sentimento de mãezona que és, foi uma excelente coordenadora acadêmica e me ensinou que na vida, *“o mais importante não é dar o peixe, mas é preciso ensinar como a fisgá-lo”*. Gratidão por tudo! Gratidão a Aline Bittencourt, carinhosamente apelidada de “bonita”, que chegou conquistando a todos, com o desejo de aprender e ser justa com todos, criamos uma bela amizade. Gratidão a todos os colegas de profissão e de instituição.

A professora Isabella Caetano, pela amizade e carinho ao longo desse processo. Isa, o seu conhecimento, a sua humildade e carisma, transpassam essa vida. Gratidão pela amizade e por sempre aprender com você! Você é um exemplo a ser seguido.

A amiga e em breve doutora, Mabliny Thuany, por sua bela e fraterna amizade que a vida acadêmica me ofertou. Graças ao uso da tecnologia, foi possível conhecer mesmo que virtualmente essa baixinha (ops, não briga comigo, tá?!), mas arretada, inteligente, companheira, e extremamente especial. Em nossas conversas e apelos, não poderia deixar de mencionar um dos memes que mais marcaram a nossa amizade: “É tanta humilhação por um diploma” (kkkk). Agradeço a Deus por tê-la conhecido e a ter colocado em meu caminho. Através de você e das suas várias ideias que fizeram brotar em meu íntimo a curiosidade e digo até mesmo a ousadia de compreender um pouco mais sobre a complexidade que é a vida humana (rsrs). Minha eterna gratidão.

A professora e coorientadora Thayse Natacha Queiroz Ferreira Gomes, que foi e és fonte de inspiração e admiração, que com seus ensinamentos me despertou valores e atitudes humanas, ressignificando toda a minha prática docente assim como a minha história de vida. Thayse, obrigada por estar presente em minha trajetória, e por me ensinar que a vida deve ser vivida com seriedade, compromisso, respeito, solidariedade, humanidade, e que tudo isso se estende para além da vida acadêmica. Você sempre será um grande exemplo de mulher e profissional. Minha eterna gratidão e admiração.

A professora Fernanda Karina dos Santos pela confiança ao aceitar o desafio de tornar-se minha orientadora que teve início no mestrado e a continuidade desse sonho de ser doutora. Não saberia e nem poderia mensurar como fui influenciada pelo seu bom exemplo e como sua forma de estudar e trabalhar com a educação serviram-me de inspiração. Fernanda, você é um ser humano de um coração enorme, sábia, objetiva, inteligente, corajosa, correta, humana, batalhadora e acima de tudo, uma professora que inspira outras pessoas, que respeita as diferenças e limitações do outro, que sabe estimular os pontos fortes e nos auxilia a superar os pontos fracos. Obrigada por acreditar em mim. Eu não chegaria até aqui sem o seu apoio e orientação. Meu eterno respeito e admiração.

Ao professor Paulo Felipe por todo conhecimento, apoio e ajuda com a ciência das redes. Professor, você teve um papel importante no desenvolvimento e conhecimento sobre a complexidade, tornando possível expandir meu horizonte acadêmico. Gratidão.

As professoras Clarice Martins e Michele Ribas por terem aceitado participar como banca avaliadora do exame de qualificação e de defesa ao Doutorado. Vocês forneceram contribuições valiosas para a continuidade desse trabalho. Gratidão.

A todos os professores que contribuíram para a minha formação profissional e acadêmica, meu muito obrigada.

Aos laboratórios LAPEH, LAB, LACE, e o Departamento de Educação Física (DES), que cederam instrumentos e espaço que tanto contribuíram para a realização dessa pesquisa.

As crianças, responsáveis legais pelas crianças, os colaboradores, professores regentes, professores de Educação Física, e diretores da escola de Santo Antônio do Grama, em especial a Vera, tia Pará e Valéria, pessoas excepcionais que foram muito atenciosas conosco em nossas idas ao município e que sempre nos auxiliaram. Gratidão.

A Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Educação Física pela oportunidade de cursar o Doutorado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que, de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho e que eventualmente eu tenha esquecido de mencionar, minha mais profunda gratidão.

Caminhos Entrelaçados: O Desenvolvimento Humano em Sistemas Complexos

*Nos intrincados domínios do ser que cresce,
Há um sistema complexo repleto de harmonia que floresce,
Entre o crescimento, desenvolvimento e a competência motora,
Tece-se a sinfonia que a vida decora.*

*O crescimento humano, não só de físico é feito,
Também a mente e o espírito, são partes do enlevo,
No amadurecer da alma, a sabedoria emerge,
E em cada competência, a jornada se converge.*

*Complexas são as conexões, mente e corpo em sinergia,
Na sincronia perfeita, a maestria se anuncia,
E no sistema que entrelaça, a mente se expande,
Na competência motora, a excelência que se alcança.*

*Cada passo, um compasso, um movimento,
Na dança do crescimento e do aprimoramento,
As habilidades motoras estão em constante evolução,
Em gestos e equilíbrio, a busca pela perfeição.*

*Nos trilhos da existência, um sistema a desvendar,
O crescimento humano, emaranhado a tecer,
Complexas engrenagens, sonhos a florescer,
Na busca incessante por se descobrir e amar.*

*Que cada ser valorize sua trajetória única,
Abraze as nuances, sem pressa, de forma cúmplice,
Nos sistemas complexos do crescimento e evolução,
Encontre a força e a beleza da própria transformação.*

[Relatos de uma pesquisadora perdida e confusa, que tentou encontrar respostas para suas dúvidas na complexidade da vida].

RESUMO

PEREIRA, Elenice de Sousa, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2023. **Interações dinâmicas da competência motora e correlatos durante o processo de crescimento e desenvolvimento infantil: uma visão a partir dos sistemas complexos.** Orientadora: Fernanda Karina dos Santos. Coorientadora: Thayse Natacha Queiroz Ferreira Gomes.

Esta tese teve como objetivo geral analisar as interações dinâmicas entre a competência motora e correlatos durante o processo de crescimento e desenvolvimento de crianças, a partir dos sistemas complexos. Trata-se de um estudo epidemiológico de base escolar, de delineamento longitudinal-misto, composto por 67 crianças (sendo 41 meninos e 26 meninas), com idade entre seis e 10 anos. As medidas antropométricas de massa corporal e estatura forneceram a estimativa de crescimento. Indicadores de adiposidade (índice de massa corporal – IMC, percentual de gordura corporal – PGC e relação cintura/estatura –RCE) foram mensurados conforme os respectivos protocolos de avaliação. A atividade física foi estimada através de questionário, pedômetros e acelerômetros. As componentes da aptidão física (força de preensão manual, força de membros superiores, força de membros inferiores, resistência abdominal, velocidade, agilidade, flexibilidade e aptidão cardiorrespiratória) foram avaliadas com protocolos do EUROFIT, FITNESSGRAM, AAHPERD, PROESP-BR. A competência motora real foi avaliada através da bateria de testes de Desenvolvimento Motor Grosso (TGMD-2) e a competência motora percebida foi estimada através da Escala Pictográfica de Avaliação da Competência Percebida em Habilidades Motoras. As três funções executivas centrais (controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva) foram avaliadas consoante os protocolos do teste cinco dígitos, dígitos e fluência verbal, respectivamente, considerando a idade e sexo da criança. Os testes de comparação mostraram diferenças entre os sexos para os indicadores de crescimento, adiposidade, atividade física, aptidão física, competência motora real e percebida e funções executivas na linha de base do estudo; e os resultados destacam uma alta prevalência de crianças com excesso de peso, inatividade física e baixos níveis de competência motora. A análise de rede mostrou associações dinâmicas e não lineares entre variáveis de saúde, biológicas, comportamentais e cognitivas em crianças ao longo do tempo; foram observadas diferentes topologias de redes em cada coorte analisada, indicando que as interações dinâmicas entre as variáveis observadas podem impactar favoravelmente o desenvolvimento infantil, especialmente quando são consideradas variáveis sociodemográficas (como a idade e o sexo). A ANOVA de Medidas Repetidas evidenciou mudanças ao longo do

tempo nas variáveis composição corporal, atividade física, aptidão física e funções executivas de crianças com alta e baixa competência motora; a análise de rede mostrou interações dinâmicas não lineares entre essas variáveis em crianças com diferentes níveis de competência motora; além de serem observadas diferentes *clusters* e topologias de redes nos três momentos (T0, T1 e T2), com a idade sendo elemento crucial nas redes emergidas. Em termos práticos, os resultados representam que cada grupo de crianças com diferentes níveis de competência motora busca se adaptar e auto-organizar, o que permite assim apresentar padrões de redes inéditos. Os achados da presente tese permitem inferir que existem interações dinâmicas entre a competência motora e correlatos, e apoia-se o desenvolvimento e aprimoramento da competência motora e dos correlatos sinergicamente, com intuito de promover melhor qualidade de vida e saúde das crianças ao longo do processo de crescimento e desenvolvimento infantil.

Palavras-chave: Crescimento. Desenvolvimento. Habilidades Motoras Fundamentais. Atividade Física. Aptidão Física. Competência Motora Percebida. Função Executiva. Sistemas Complexos. Infância. Saúde.

ABSTRACT

PEREIRA, Elenice de Sousa, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2023. **Dynamic interactions of motor competence and its correlates during the process of growth and child development: a view from complex systems.** Adviser: Fernanda Karina dos Santos. Co-adviser: Thayse Natacha Queiroz Ferreira Gomes.

This thesis aimed to analyze the dynamic interactions between motor competence and correlates during children's growth and development, through the complex systems. This is a school-based epidemiological study with a longitudinal mixed design, comprising 67 children (41 boys and 26 girls) aged between six and 10 years. Anthropometric measurements of body mass and height provided the growth estimate. Adiposity indicators (body mass index – BMI, body fat percentage – BFP, and waist-to-height ratio – WHtR) were measured according to their respective protocols. Physical activity was estimated by questionnaire, pedometers, and accelerometer. Physical fitness components (handgrip strength, upper limb strength, lower limb strength, abdominal endurance, speed, agility, flexibility, and cardiorespiratory fitness) were measured using the EUROFIT, FITNESSGRAM, AAHPERD, and PROESP-BR protocols. Actual motor competence was assessed using the Test of Gross Motor Development (TGMD-2) battery, and perceived motor competence was estimated using the Pictographic Scale for the Assessment of Perceived Competence in Motor Skills. The three central executive functions (inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility) were assessed according to the five-digit, digit, and verbal fluency test protocols, respectively, taking into account age and sex. Comparison tests showed sexes differences in indicators of growth, adiposity, physical activity, physical fitness, actual and perceived motor competence, and executive function at the baseline; and the results highlight a high prevalence of children with overweight children, physically inactive, and with low levels of motor competence, indicating a concern about these behaviors throughout childhood. Network analysis showed dynamic, non-linear associations between health, biological, behavioral, and cognitive variables in children followed over time; different network topologies were observed in each cohort analyzed, suggesting that dynamic interactions between the observed variables may favorably influence child development, especially when sociodemographic variables (such as age and sex) are taken into account. Repeated measures ANOVA showed changes over time in body composition, physical activity, physical fitness, and executive function in children with high and low motor competence; network analysis revealed dynamic non-linear interactions between these variables in children with different levels of motor competence; and different clusters and network topologies were

observed at the three time points (T0, T1, and T2), with age being a critical element in the emerged networks. In practical terms, results imply that each group of children with different levels of motor competence attempts to adapt and self-organize, allowing them to represent novel network patterns. The results of the present thesis allow us to conclude that there are dynamic interactions between motor competence and correlates, and supports the development and improvement of motor competence and correlates synergistically, to promote better quality of life and health of children throughout the process of child growth and development.

Keywords: Growth. Development. Fundamental Motor Skills. Physical Activity. Physical Fitness. Perceived Motor Competence. Executive Function. Complexity. Childhood. Health.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

REFERENCIAL TEÓRICO

Figura 1 – Modelo conceitual (retirado de Stodden et al. [1]). Mecanismos de desenvolvimento que influenciam as trajetórias de atividade física das crianças.....	45
Figura 2 – Relação entre atividade física, funções cognitivas e desempenho acadêmico.....	46
Figura 3 – Relação entre atividade física, cognição, metacognição e desempenho acadêmico.....	47
Figura 4 – Proposta de extensão do modelo de Stodden et al. [1].....	48
Figura 5 – Mecanismos do crescimento e desenvolvimento infantil: interações entre competência motora e correlatos numa perspectiva holística em termos de saúde.....	50

METODOLOGIA GERAL

Figura 1 – Linha do tempo da pesquisa referente ao período das avaliações.....	94
Figura 2 – Fluxograma do projeto	97
Figura 3 – Etapas da bateria de teste Cinco Dígitos	104
Quadro 1 – Classificação do estado nutricional em escore-Z.....	98
Quadro 2 – Classificação dos níveis de atividade física e comportamento sedentário.....	100
Quadro 3 – Natureza das variáveis incluídas nos artigos.....	110

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Artigo Original 1

Figure 1 – Evaluations of the children by time (T0, T1, and T2), cohort, and month.....	118
---	-----

Artigo Original 2

Figure 1 – Network of associations between physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function, considering the sex and health variables of cohort 1.....	152
Figure 2 – Graphical representation of the centrality indicators of cohort 1.....	153
Figure 3 – Network of associations between physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function, considering the sex and health variables of cohort 2.....	153
Figure 4 – Graphical representation of the centrality indicators of cohort 2.....	154

Artigo Original 3

Figure 1 – Results for the Bonferroni post-hoc test for the groups of low and high motor competence, and total sample.....	181
Figure 2 – Results for the Bonferroni post-hoc test for the groups of low and high motor competence and total sample.....	182
Figure 3 – Network plot of the relationship between body composition, physical activity, fitness, and executive function of high and low competent children, considering sociodemographic variables (age and sex) over time.....	184
Supplementary figure 1 – Clusters in T0, T1 and T2 of the association network.....	195

LISTA DE TABELAS

METODOLOGIA GERAL

Tabela 1 – Consistência interna e coeficientes de confiabilidade do coeficiente de correlação intraclassa (ICC) e os correspondentes intervalos de confiança de 95% da competência motora consoante tempos de avaliação..... 106

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Artigo Original 1

Table 1 – Sample size by grade, age, and sex group at baseline (2017)..... 117

Table 2 – Prevalence of adiposity indicators, physical activity, cardiorespiratory fitness, and actual motor competence..... 125

Table 3 – Descriptive characteristics and comparison by sex for growth and adiposity indicators, physical activity, physical fitness, actual and perceived motor competence, and executive function variables..... 126

Artigo Original 2

Table 1 – Descriptive information and results for the comparison tests for cohort 1..... 149

Table 2 – Descriptive information and results for the comparison tests for cohort 2..... 151

Artigo Original 3

Table 1 – Repeated measures univariate ANOVA results of different levels of motor competence at time points T0, T1, and T2..... 179

Table 2 – Centrality measures of the network analysis..... 185

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- AAHPERHD → *American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and dance*
- AF → Atividade Física
- AFL → Atividade Física Leve
- AFMV → Atividade Física de Intensidade Moderada a Vigorosa
- ANOVA-MR → Análise de Variância de Medidas Repetidas
- BFP → *Body Fat Percentage*
- BMI → *Body Mass Index*
- CF → *Cognitive flexibility*
- CI → *Confidence Interval*
- EBIC → Critério de Informação Bayesiana Estendida
- ES → *Effect Sizes*
- EUROFIT → *European Test of Physical Fitness*
- FDT → *Five Digits Test*
- GLASSO → *Graphical Least Absolute Shrinkage and Selection Operator*
- GGM → Modelo Gráfico Gaussiano
- IBGE → Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IC → *Inhibitory Control*
- ICC → *Intraclass correlation coefficient*
- IMC → Índice de Massa Corporal
- IQR → *Interquartile Range*
- KM → Quilômetro
- LASSO → Operador de seleção e contração mínima absoluta regularizada
- LPA → *Light Physical Activity*
- MC → *Motor Competence*
- MG → Minas Gerais
- MPA → *Moderate Physical Activity*
- MVPA → *Moderate-to-Vigorous Physical Activity*
- OMS → Organização Mundial da Saúde
- PGC → Percentual de Gordura Corporal
- PROESP-BR → Projeto Esporte Brasil
- QMG → Quociente Motor Geral
- RCE → Relação Cintura-Estatura

SB → *Sedentary Behavior*

SD → *Standard Deviation*

SPSS → *Statistical Package for the Social Sciences*

T0 → *Tempo Zero*

T1 → *Tempo Um*

T2 → *Tempo Dois*

TCLE → *Termo de Consentimento Livre e Esclarecido*

TGMD-2 → *Gross Motor Development Test – 2*

VPA → *Vigorous Physical Activity*

WISC → *Wechsler Intelligence Scale for Children*

WMI → *Working Memory Index*

WHO → *World Health Organization*

WHtR → *Waist-to-Height Ratio*

LISTA DE SÍMBOLOS

α → Alfa

χ^2 → *Chi-squared Goodness-of-fit Test*

% → Porcentagem

® → Marca Registrada

ESTRUTURA DA TESE

A apresentação da tese está de acordo com a Normalização de Trabalhos Acadêmicos atualizada conforme as normas técnicas NRB 14724/2011 e NRB 6023/2018, que regulamentam o formato de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal de Viçosa. O corpo teórico da tese está dividido em seções. Os artigos da tese foram escritos em língua inglesa, compõem a seção “Resultados e Discussão” e foram formatados de acordo com as normas dos respectivos periódicos a que foram submetidos ou publicados. Assim, a tese foi estruturada a partir das seguintes seções:

- 1. Introdução Geral:** apresenta o panorama geral da temática estudada.
- 2. Justificativa:** apresenta as razões científicas que justifiquem a necessidade de realização da pesquisa.
- 3. Objetivos:** contempla os objetivos geral e específicos da tese.
- 4. Hipóteses:** especifica as hipóteses que o estudo pretende responder.
- 5. Referencial Teórico:** destinada ao desenvolvimento dos assuntos centrais da tese, incluindo a proposição teórica da tese, crescimento e desenvolvimento infantil, competência motora real, atividade física, aptidão física, competência motora percebida, habilidades cognitivas, indicadores de adiposidade, a visão da complexidade para o estudo da competência motora e correlatos.
- 6. Metodologia Geral:** descreve os procedimentos de coleta de dados, protocolos e análise dos dados.
- 7. Resultados e Discussões:** apresenta os resultados e a discussão da tese, a partir de três artigos originais. O primeiro artigo apresenta os domínios metodológicos do estudo de delineamento longitudinal-misto da Zona da Mata – MG, assim descreve os resultados da linha de base, por sexo, para os indicadores de crescimento, adiposidade, atividade física, aptidão física, competência motora real e percebida e funções executivas de crianças. O segundo artigo aborda através da análise de redes, a associação dinâmica e não linear entre variáveis de saúde, biológicas, comportamentais e cognitivas em crianças acompanhadas ao longo do tempo, bem como estima as diferenças entre os sexos para indicadores de saúde, atividade física, aptidão física, competência motora real e percebida e função executiva em três momentos. O terceiro artigo estima as diferenças intragrupos na composição corporal, atividade física, aptidão física

e funções executivas de crianças com alta e baixa competência motora ao longo do tempo, além de examinar através da análise de redes, as interações dinâmicas entre essas variáveis em crianças com diferentes níveis de competência motora. No seu conjunto, os artigos investigam as interações entre a competência motora e correlatos durante o processo de crescimento e desenvolvimento infantil, a partir de uma visão dos sistemas complexos.

Artigo Original 1: *Longitudinal-mixed study of growth, development, and health of children from Zona da Mata Mineira: Design, methods, and baseline results.*

Artigo submetido.

Artigo Original 2: *How do health, biological, behavioral, and cognitive variables interact over time in children of both sexes? A complex systems approach.*

Publicado na revista *International Journal of Environmental Research Public Health*, <https://doi.org/10.3390/ijerph20032728>.

Artigo Original 3: *Dynamic interactions of body composition, physical activity, physical fitness, and executive functions in children with different levels of motor competence: A complex system perspective.*

Artigo submetido.

8. Conclusão Geral: apresenta as conclusões gerais da tese em resposta aos objetivos traçados.

9. Considerações Finais: contém as considerações do autor a partir dos resultados alcançados.

10. Apêndices: contempla os documentos elaborados pelo autor do estudo.

11. Anexos: inclui todos os documentos que não foram elaborados pelo autor e que serviram de fundamentação para o desenvolvimento do estudo.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	24
REFERÊNCIAS	27
2 JUSTIFICATIVA	31
REFERÊNCIAS	33
3 OBJETIVOS	35
3.1 OBJETIVO GERAL	35
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	35
4 HIPÓTESES EM SISTEMAS COMPLEXOS	36
REFERÊNCIAS	37
5 REFERENCIAL TEÓRICO	38
5.1 A VISÃO DA COMPLEXIDADE PARA O ESTUDO DA COMPETÊNCIA MOTORA E CORRELATOS	39
5.2 PROPOSIÇÃO TEÓRICA DA TESE.....	43
5.3 CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO INFANTIL	53
5.4 COMPETÊNCIA MOTORA REAL	55
5.5 ATIVIDADE FÍSICA.....	59
5.6 APTIDÃO FÍSICA	62
5.7 COMPETÊNCIA MOTORA PERCEBIDA	65
5.8 HABILIDADES COGNITIVAS.....	67
5.9 INDICADORES DE ADIPOSIDADE.....	71
REFERÊNCIAS	74
6 METODOLOGIA GERAL	92
6.1 ASPECTOS ÉTICOS.....	92
6.2 DELINEAMENTO DO ESTUDO	92
6.2.1 <i>Casuística</i>	92
6.2.2 <i>Critérios de elegibilidade</i>	93
6.2.3 <i>Seleção da amostra</i>	93
6.2.4 <i>Caracterização do local do estudo</i>	94
6.3 COLETA DE DADOS	95
6.4 VARIÁVEIS DO ESTUDO	97
6.4.1 <i>Questionário para Caracterização da Amostra</i>	97
6.4.2 <i>Indicadores de Crescimento</i>	97
6.4.3 <i>Indicadores de adiposidade</i>	98
6.4.4 <i>Atividade Física</i>	99
6.4.5 <i>Aptidão Física</i>	101
6.4.6 <i>Competência Motora Real</i>	102
6.4.7 <i>Competência Motora Percebida</i>	103
6.4.8 <i>Funções Executivas</i>	103
6.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	105

6.5.1	<i>Estimativa da estrutura da rede</i>	107
6.5.2	<i>Descrição da rede</i>	108
6.5.3	<i>Operacionalização das variáveis</i>	109
REFERÊNCIAS		111
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES		114
7.1	ARTIGO ORIGINAL 1: LONGITUDINAL-MIXED STUDY OF GROWTH, DEVELOPMENT, AND HEALTH OF CHILDREN FROM ZONA DA MATA MINEIRA: DESIGN, METHODS, AND BASELINE RESULTS	114
7.2	ARTIGO ORIGINAL 2: HOW DO HEALTH, BIOLOGICAL, BEHAVIORAL, AND COGNITIVE VARIABLES INTERACT OVER TIME IN CHILDREN OF BOTH SEXES? A COMPLEX SYSTEMS APPROACH	138
7.3	ARTIGO ORIGINAL 3: DYNAMIC INTERACTIONS OF BODY COMPOSITION, PHYSICAL ACTIVITY, PHYSICAL FITNESS, AND EXECUTIVE FUNCTION IN CHILDREN WITH DIFFERENT LEVELS OF MOTOR COMPETENCE OVER TIME: A COMPLEX SYSTEM PERSPECTIVE	169
8 CONCLUSÃO GERAL		196
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS		200
APÊNDICES		204
	APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	204
	APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO DE DADOS DEMOGRÁFICOS E ESCALA DE AUTOPERCEPÇÃO DA COMPETÊNCIA MOTORA	207
	APÊNDICE C: FICHA DE ANTROPOMETRIA, COMPOSIÇÃO CORPORAL E APTIDÃO FÍSICA	208
	APÊNDICE D: FICHA DE CONTROLE DA ATIVIDADE FÍSICA	209
ANEXOS		211
	ANEXO A: PARECER ÉTICO	211
	ANEXO B: QUESTIONÁRIO SOBRE ATIVIDADE FÍSICA - BAECKE	217
	ANEXO C: AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE DESEMPENHO – TGMD-2	219
	ANEXO D: ESCALA PICTOGRÁFICA DE AVALIAÇÃO DA COMPETÊNCIA PERCEBIDA EM HABILIDADES MOTORAS PARA CRIANÇAS.....	221
	ANEXO E: FICHA DE AVALIAÇÃO DAS FUNÇÕES EXECUTIVAS	222
	ANEXO F: FORMATO FINAL DO ARTIGO ORIGINAL 2.....	224

1 INTRODUÇÃO

A infância é um período marcado por diversas transformações e mudanças que ocorrem na vida das crianças, além de ser caracterizada por um intenso crescimento e desenvolvimento físico, motor, cognitivo, emocional e social, sendo que cada fase da infância apresenta suas próprias características e desafios [1,2]. A segunda infância, em especial, compreendida entre seis e os 10 anos de idade, é marcada pela inserção da criança no ambiente escolar, no qual vários comportamentos, hábitos, costumes e habilidades são adquiridos, moldados e refinados e podem perpetuar ao longo da vida [1–3]. Alguns comportamentos relacionados à saúde começam a ser estabelecidos, como a prática regular de atividade física que está associada a competência motora real, as quais fornecem a base para o envolvimento em diferentes tipos de atividades físicas mais complexas, como aquelas recrutadas em jogos e esportes, além de contribuir para um estilo de vida saudável [3–6].

A competência motora real é caracterizada como a proficiência em uma ampla gama de habilidades motoras fundamentais [7,8]. Evidências prévias reportaram que a competência motora é uma variável essencial para o processo de crescimento e desenvolvimento infantil, dada a sua potencialidade em reduzir iniquidades em termos de saúde [7–10]. Isso possivelmente ocorre devido a competência motora se relacionar favoravelmente com variáveis e/ou correlatos individuais e biológicos (como sexo, idade, composição corporal, aptidão física), comportamentais (prática de atividade física) e cognitivos/psicológicos (habilidades cognitivas – funções executivas, competência motora percebida) [11–18]. No entanto, mesmo diante das relações positivas previamente mencionadas, tem-se observado baixos níveis de competência motora na população pediátrica [19–23].

Um estudo realizado no Brasil em 2020, com 1017 crianças e adolescentes, na faixa etária de três a 14 anos, identificou baixos níveis de competência motora e também uma diminuição significativa da competência motora ao longo da idade em ambos os sexos [20]. A baixa competência motora pode estar associada à dificuldade das crianças em participar de atividades físicas, bem como aos níveis reduzidos de confiança em sua capacidade de realizar atividades físicas e motoras, o que pode contribuir para uma série de fatores que afetam negativamente o desenvolvimento físico, motor e cognitivo [20,23–25]. Dentre esses fatores, destacam-se o aumento da prevalência de excesso de peso (que se relaciona com piores indicadores de adiposidade) na população pediátrica, assim como baixos níveis de aptidão física, competência motora percebida e habilidades cognitivas [23–26].

Em termos do crescimento e desenvolvimento humano, sabe-se que existem propriedades emergentes devido às interações entre diferentes variáveis [27]. Assim, as evidências apontam para a importância das crianças desenvolverem habilidades e competências ao longo da infância, a fim de formar indivíduos saudáveis, ativos e capazes de enfrentar os desafios da vida [1,2]. Algumas das competências, habilidades e capacidades, desenvolvidas durante a infância incluem ser proficiente em uma ampla gama de tarefas motoras, ter bons níveis de aptidão física, ser fisicamente ativo, ter a capacidade de solucionar problemas, pensar criticamente e tomar decisões [5,6,24,28].

Nessa perspectiva, vários estudos buscaram compreender as interações entre a competência motora e correlatos (a citar, atividade física, aptidão física, competência motora percebida, funções executivas e indicadores de adiposidade) associados ao processo de crescimento e desenvolvimento infantil [13,29–31]. O que se percebe é a existência de um complexo sistema que envolve todo este processo, ou seja, as interações entre várias variáveis podem estar intimamente conectadas, e quanto mais partes e mais conexões estiverem entrelaçadas dentro de um sistema, mais complexo ele será e mais difícil será analisar tal sistema com base nos mecanismos existentes de análise [27,32,33]. Assim, destaca-se que muitas das evidências não consideraram as múltiplas interações entre a competência motora e correlatos, estabelecendo na grande maioria caminhos unidirecionais e lineares, e exploraram as relações de forma parcial e fragmentada, fornecendo *insights* de forma isolada [27].

Os estudos que investigaram por exemplo, a relação entre competência motora e atividade física, ou que analisaram a associação entre competência motora e habilidades cognitivas, etc., na perspectiva linear, são amplamente observadas e forneceram informações parciais e fragmentadas acerca dessas interações [6,20,25,29,30]. Essas relações fragmentadas evidenciam uma limitação no que se considera testar as interações entre a competência motora e os diferentes domínios do desenvolvimento de forma sinérgica [3].

Estudar uma faixa etária específica, ou investigar uma ampla faixa etária, fornecendo informações apenas de um recorte temporal, é recorrente nesses estudos, contudo impossibilita a compreensão de como ocorrem essas relações ao longo do processo de desenvolvimento [13,19,23,26,31]. Evidências prévias não investigaram se as interações entre competência motora e correlatos ocorrem de forma semelhante ou distinta entre os sexos; ou mesmo, se estas relações podem se expressar distintamente ao longo do tempo em crianças com diferentes níveis de competência motora, dada as condições iniciais e padrões estabelecidos [19,23,27,36]. Assim, surge a necessidade de novos olhares em termos epistemológicos na tentativa de

compreender os fenômenos relacionados as interações da competência motora e correlatos ao longo do processo de crescimento e desenvolvimento infantil.

Nessa perspectiva, ao direcionar o olhar sistêmico para a competência motora e correlatos (atividade física, indicadores de adiposidade, competência motora percebida, aptidão física e função executiva), é possível que todas as variáveis interajam entre si (e estas relações podem se estabelecer de forma não-linear) ao longo do processo de crescimento e desenvolvimento, tendo como o desfecho a promoção de melhores condições de saúde da população pediátrica [27,36,37].

Com vistas ao processo de crescimento e desenvolvimento humano, os estudos futuros devem reconhecer que a adoção de abordagem apenas linear por si não reflete a natureza integrada de como a interação entre competência motora e correlatos são estabelecidos [27]. Mas, se empregada paralela e/ou conjuntamente ao uso da teoria da complexidade pode auxiliar na compreensão acerca dos fenômenos da mudança, bem como compreender o quanto essa mudança interfere no processo de crescimento e desenvolvimento [27,38]. Assim, o presente estudo busca contribuir com a ampliação do conhecimento existente na literatura acerca das interações dinâmicas e múltiplas entre a competência motora e correlatos durante o processo de crescimento e desenvolvimento infantil a partir de visão dos sistemas complexos.

REFERÊNCIAS

1. Malina, R.M. Top 10 Research Questions Related to Growth and Maturation of Relevance to Physical Activity, Performance, and Fitness. *Res Q Exerc Sport* **2014**, *85*, 157–173, doi:10.1080/02701367.2014.897592.
2. Gallahue, D.L.; Ozmun, J.C.; Goodway, J.D. *Compreendendo o Desenvolvimento Motor [Recurso Eletrônico]: Bebês, Crianças, Adolescentes e Adultos*; 7.; AMGH Editora Ltda: Porto Alegre, **2013**.
3. Stodden, D.F.; Goodway, J.D.; Langendorfer, S.J.; Robertson, M.A.; Rudisill, M.E.; Garcia, Clersida and Garcia, L.E. A Developmental Perspective on the Role of Motor Skill Competence in Physical Activity: An Emergent Relationship. *Quest* **2008**, *60*, 290–306.
4. Condello, G.; Puggina, A.; Aleksovska, K.; Buck, C.; Burns, C.; Cardon, G.; Carlin, A.; Simon, C.; Ciarapica, D.; Coppinger, T.; et al. Behavioral Determinants of Physical Activity across the Life Course: A “DEterminants of DIet and Physical ACTivity” (DEDIPAC) Umbrella Systematic Literature Review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* **2017**, *14*, doi:10.1186/s12966-017-0510-2.
5. Messing, S.; Rütten, A.; Abu-Omar, K.; Ungerer-Röhrich, U.; Goodwin, L.; Burlacu, I.; Gediga, G. How Can Physical Activity Be Promoted among Children and Adolescents? A Systematic Review of Reviews across Settings. *Front Public Health* **2019**, *7*, doi:10.3389/fpubh.2019.00055.
6. Logan, S.W.; Kipling Webster, E.; Getchell, N.; Pfeiffer, K.A.; Robinson, L.E. Relationship Between Fundamental Motor Skill Competence and Physical Activity During Childhood and Adolescence: A Systematic Review. *Kinesiology Review* **2015**, *4*, 416–426, doi:10.1123/kr.2013-0012.
7. Cattuzzo, M.T.; dos Santos Henrique, R.; Ré, A.H.N.; de Oliveira, I.S.; Melo, B.M.; de Sousa Moura, M.; de Araújo, R.C.; Stodden, D. Motor Competence and Health Related Physical Fitness in Youth: A Systematic Review. *J Sci Med Sport* **2016**, *19*, 123–129, doi:10.1016/j.jsams.2014.12.004.
8. Barnett, L.M.; Webster, E.K.; Hulteen, R.M.; De Meester, A.; Valentini, N.C.; Lenoir, M.; Pesce, C.; Getchell, N.; Lopes, V.P.; Robinson, L.E.; et al. Through the Looking Glass: A Systematic Review of Longitudinal Evidence, Providing New Insight for Motor Competence and Health. *Sports Medicine* **2022**, *52*, 875–920, doi:10.1007/s40279-021-01516-8.
9. Robinson, L.E.; Stodden, D.F.; Barnett, L.M.; Lopes, V.P.; Logan, S.W.; Rodrigues, L.P.; D’Hondt, E. Motor Competence and Its Effect on Positive Developmental Trajectories of Health. *Sports Medicine* **2015**, *45*, 1273–1284, doi:10.1007/s40279-015-0351-6.
10. Barnett, L.M.; Stodden, D.; Cohen, K.E.; Smith, J.J.; Lubans, D.R.; Lenoir, M.; Iivonen, S.; Miller, A.D.; Laukkanen, A.; Dudley, D.; et al. Fundamental Movement Skills: An Important Focus. *Journal of Teaching in Physical Education* **2016**, *35*, 219–225, doi:10.1123/jtpe.2014-0209.

11. Wrotniak, B.H.; Epstein, L.H.; Dorn, J.M.; Jones, K.E.; Kondilis, V.A. The Relationship between Motor Proficiency and Physical Activity in Children. *Pediatrics* **2006**, *118*, doi:10.1542/peds.2006-0742.
12. Clark, C.; Moran, J.; Drury, B.; Venetsanou, F.; Fernandes, J. Actual vs. Perceived Motor Competence in Children (8–10 Years): An Issue of Non-Veridicality. *J Funct Morphol Kinesiol* **2018**, *3*, 20, doi:10.3390/jfmk3020020.
13. Meester, A. De; Stodden, D.; Brian, A.; True, L.; Cardon, G. Associations among Elementary School Children’s Actual Motor Competence , Perceived Motor Competence , Physical Activity and BMI: A Cross-Sectional Study. *PLoS One* **2016**, *11*, 1–14, doi:10.5061/dryad.96cp2.
14. Lopes, V.P.; Utesch, T.; Rodrigues, L.P. Classes of Developmental Trajectories of Body Mass Index: Differences in Motor Competence and Cardiorespiratory Fitness. *J Sports Sci* **2020**, *38*, 619–625, doi:10.1080/02640414.2020.1722024.
15. Albuquerque, M.R.; Rennó, G.V.C.; Bruzi, A.T.; Fortes, L. de S.; Malloy-Diniz, L.F. Association between Motor Competence and Executive Functions in Children. *Appl Neuropsychol Child* **2022**, *11*, 495–503, doi:10.1080/21622965.2021.1897814.
16. Lima, R.A.; Drenowatz, C.; Pfeiffer, K.A. Expansion of Stodden et al.’s Model. *Sports Medicine* **2022**, *52*, 679–683, doi:10.1007/s40279-021-01632-5.
17. Augustijn, M.J.C.M.; D’Hondt, E.; Van Acker, L.; De Guchteneere, A.; Lenoir, M.; Caeyenberghs, K.; Deconinck, F.J.A. Role of Motor Competence and Executive Functioning in Weight Loss: A Study in Children with Obesity. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics* **2018**, *39*, 642–651, doi:10.1097/DBP.0000000000000589.
18. Barnett, L.M.; Lai, S.K.; Veldman, S.L.C.; Hardy, L.L.; Cliff, D.P.; Morgan, P.J.; Zask, A.; Lubans, D.R.; Shultz, S.P.; Ridgers, N.D.; et al. Correlates of Gross Motor Competence in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* **2016**, *46*, 1663–1688, doi:10.1007/S40279-016-0495-Z.
19. Verbecque, E.; Coetzee, D.; Ferguson, G.; Smits-Engelsman, B. High BMI and Low Muscular Fitness Predict Low Motor Competence in School-Aged Children Living in Low-Resourced Areas. *Int J Environ Res Public Health* **2021**, *18*, 7878, doi:10.3390/ijerph18157878.
20. Nicolai Ré, A.H.; Okely, A.D.; Logan, S.W.; da Silva, M.M.L.M.; Cattuzzo, M.T.; Stodden, D.F. Relationship between Meeting Physical Activity Guidelines and Motor Competence among Low-Income School Youth. *J Sci Med Sport* **2020**, *23*, 591–595, doi:10.1016/j.jsams.2019.12.014.
21. Newell, K.M. What Are Fundamental Motor Skills and What Is Fundamental about Them? *J Mot Learn Dev* **2020**, *8*, 280–314, doi:10.1123/JMLD.2020-0013.
22. Lawson, C.; Eyre, E.L.J.; Tallis, J.; Watts, M.; Duncan, M.J. Identifying Actual and Perceived Motor Competence Based Profiles among Children. *J Sports Sci* **2022**, *40*, 621–629, doi:10.1080/02640414.2021.2009169.

23. Duncan, M.J.; Bryant, E.; Stodden, D. Low Fundamental Movement Skill Proficiency Is Associated with High BMI and Body Fatness in Girls but Not Boys Aged 6–11 Years Old. *J Sports Sci* **2017**, *35*, 2135–2141, doi:10.1080/02640414.2016.1258483.
24. Donnelly, J.E.; Hillman, C.H.; Castelli, D.; Etnier, J.L.; Lee, S.; Tomporowski, P.; Lambourne, K.; Szabo-Reed, A.N. Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *Med Sci Sports Exerc* **2016**, *48*, 1197–1222, doi:10.1249/MSS.0000000000000901.
25. King-Dowling, S.; Proudfoot, N.A.; Cairney, J.; Timmons, B.W. Motor Competence, Physical Activity, and Fitness across Early Childhood. *Med Sci Sports Exerc* **2020**, *52*, 2342–2348, doi:10.1249/MSS.0000000000002388.
26. Estevan, I.; Menescardi, C.; García-Massó, X.; Barnett, L.M.; Molina-García, J. Profiling Children Longitudinally: A Three-Year Follow-up Study of Perceived and Actual Motor Competence and Physical Fitness. *Scand J Med Sci Sports* **2021**, *31*, 35–46, doi:10.1111/sms.13731.
27. Sturmburg, J.P.; Martin, C.M. *Handbook of Systems and Complexity in Health*; Springer New York, **2013**; ISBN 9781461449980.
28. Luz, C.; Rodrigues, L.P.; Meester, A. De; Cordovil, R. The Relationship between Motor Competence and Health-Related Fitness in Children and Adolescents. *PLoS One* **2017**, *12*, e0179993, doi:10.1371/journal.pone.0179993.
29. Veldman, S.L.C.; Santos, R.; Jones, R.A.; Sousa-Sá, E.; Okely, A.D. Associations between Gross Motor Skills and Cognitive Development in Toddlers. *Early Hum Dev* **2019**, *132*, 39–44, doi:10.1016/j.earlhumdev.2019.04.005.
30. Schmutz, E.A.; Leeger-Aschmann, C.S.; Kakebeeke, T.H.; Zysset, A.E.; Messerli-Bürgy, N.; Stülb, K.; Arhab, A.; Meyer, A.H.; Munsch, S.; Puder, J.J.; et al. Motor Competence and Physical Activity in Early Childhood: Stability and Relationship. *Front Public Health* **2020**, *8*, 1–8, doi:10.3389/fpubh.2020.00039.
31. Cazorla-González, J.; García-Retortillo, S.; Gacto-Sánchez, M.; Muñoz-Castro, G.; Serrano-Ferrer, J.; Román-Viñas, B.; López-Bermejo, A.; Font-Lladó, R.; Prats-Puig, A. Effects of Crawling before Walking: Network Interactions and Longitudinal Associations in 7-Year-Old Children. *Int J Environ Res Public Health* **2022**, *19*, doi:10.3390/ijerph19095561.
32. Pei, S.; Wang, J.; Morone, F.; Makse, H.A. Influencer Identification in Dynamical Complex Systems. *J Complex Netw* **2020**, *8*, 1–38, doi:10.1093/comnet/cnz029.
33. Hevey, D. Network Analysis: A Brief Overview and Tutorial. *Health Psychol Behav Med* **2018**, *6*, 301–328, doi:10.1080/21642850.2018.1521283.
34. Borsboom, D.; Deserno, M.K.; Rhemtulla, M.; Epskamp, S.; Fried, E.I.; McNally, R.J.; Robinaugh, D.J.; Perugini, M.; Dalege, J.; Costantini, G.; et al. Network Analysis of Multivariate Data in Psychological Science. *Nature Reviews Methods Primers* **2021**, *1*, doi:10.1038/s43586-021-00055-w.
35. Quixadá, A.P.; Barbosa, E.C.C.; Miranda, J.G.V. *Introdução à Complexidade Do Movimento Humano*; **2020**; ISBN 9786556300498.

36. Bertalanffy, L. von *Teoria Geral Dos Sistemas - Fundamentos, Desenvolvimento e Aplicações*; **2010**; ISBN 9788532636904.
37. Martins, C.M. de L.; Bandeira, P.F.R.; Lemos, N.B.A.G.; Bezerra, T.A.; Clark, C.C.T.; Mota, J.; Duncan, M.J. A Network Perspective on the Relationship between Screen Time, Executive Function, and Fundamental Motor Skills among Preschoolers. *Int J Environ Res Public Health* **2020**, *17*, 1–12, doi:10.3390/ijerph17238861.
38. Sammut-Bonnici, T. Complex Adaptive Systems. *Wiley Encyclopedia of Management* **2015**, 1–3, doi:10.1002/9781118785317.weom120209.

2 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos houve um aumento das pesquisas sobre a competência motora e seus correlatos durante o processo de crescimento e desenvolvimento infantil [1–9]. Concomitantemente há um aumento de crianças com atrasos motores, com baixos níveis de aptidão física, inativas fisicamente, com baixa competência motora percebida, com baixos níveis de habilidades cognitivas e com preocupantes indicadores de adiposidade [9–12]. Em 2008, um modelo conceitual postulou a relevância da competência motora como sendo mecanismo primário para o risco de obesidade na infância e adolescência [13].

O modelo proposto por Stodden et al. [13], revisado por Robinson et al. [14] e com uma recente extensão do modelo proposta por Lima et al. [8], tem fornecido suporte teórico para um amplo corpo teórico que investiga a relação entre competência motora e correlatos, como a atividade física, competência motora percebida, aptidão física, status de peso corporal e habilidades cognitivas em crianças e adolescentes [4,5,11,15–17]. Embora exista uma relevante contribuição para a área, um fato importante que deve ser mencionado é que raramente os estudos conduzidos que utilizam o modelo como *framework* contemplaram todas as variáveis presentes no modelo conceitual [8,14,18].

As relações entre a competência motora e correlatos têm sido exploradas na sua maioria em estudos de delineamento transversal, abordando uma faixa etária específica e fornecendo informações de forma parcial e isoladas [4,11,19]. O conhecimento dessas informações de forma isolada evidencia uma lacuna no que se considera testar as interações da competência motora e correlatos de forma sinérgica durante o processo de crescimento e desenvolvimento infantil [14]. Portanto, é possível sugerir que alguns dos mecanismos que estejam envolvidos nas interações entre competência motora e correlatos ainda não foram elucidados e considerar a perspectiva da complexidade (os sistemas complexos) seja um fator importante para auxiliar na compreensão dos mecanismos subjacentes presentes nessas relações [20–22].

Nessa perspectiva, a competência motora e correlatos podem ser considerados fenômenos complexos, em virtude das múltiplas interações entre diferentes variáveis de ordem biológica, individual, comportamental, cognitiva, psicológica e de saúde que podem apresentar um comportamento não linear [10,12,15–17,19, 20,22]. Portanto, parece clara a necessidade de compreender essas relações através de um olhar sistêmico e integrador, fornecendo, assim, informações relevantes que podem estar associadas ao crescimento e desenvolvimento saudável das crianças [20]. Deste modo, a presente tese utiliza a abordagem dos sistemas complexos com

a finalidade de compreender as interações dinâmicas entre a competência motora e correlatos na infância, e assim contribuir com a ampliação do conhecimento para a comunidade científica, no que tange o desenvolvimento e aprimoramento da competência motora e correlatos na promoção da saúde e melhor estilo de vida neste período da vida.

REFERÊNCIAS

1. Wrotniak, B.H.; Epstein, L.H.; Dorn, J.M.; Jones, K.E.; Kondilis, V.A. The Relationship between Motor Proficiency and Physical Activity in Children. *Pediatrics* **2006**, *118*, doi:10.1542/peds.2006-0742.
2. Clark, J.E. Pentimento: A 21st Century View on the Canvas of Motor Development. *Kinesiology Review* **2017**, *6*, 232–239, doi:10.1123/kr.2017-0020.
3. Clark, C.; Moran, J.; Drury, B.; Venetsanou, F.; Fernandes, J. Actual vs. Perceived Motor Competence in Children (8–10 Years): An Issue of Non-Veridicality. *J Funct Morphol Kinesiol* **2018**, *3*, 20, doi:10.3390/jfmk3020020.
4. Meester, A. De; Stodden, D.; Brian, A.; True, L.; Cardon, G. Associations among Elementary School Children's Actual Motor Competence, Perceived Motor Competence, Physical Activity and BMI: A Cross-Sectional Study. *PLoS One* **2016**, *11*, 1–14, doi:10.5061/dryad.96cp2.
5. Lopes, V.P.; Utesch, T.; Rodrigues, L.P. Classes of Developmental Trajectories of Body Mass Index: Differences in Motor Competence and Cardiorespiratory Fitness. *J Sports Sci* **2020**, *38*, 619–625, doi:10.1080/02640414.2020.1722024.
6. Barnett, L.; Hinkley, T.; Okely, A.D.; Salmon, J. Child, Family and Environmental Correlates of Children's Motor Skill Proficiency. *J Sci Med Sport* **2013**, *16*, 332–336, doi:10.1016/j.jsams.2012.08.011.
7. Barnett, L.M.; Telford, R.M.; Strugnell, C.; Rudd, J.; Olive, L.S.; Telford, R.D. Impact of Cultural Background on Fundamental Movement Skill and Its Correlates. *J Sports Sci* **2019**, *37*, 492–499, doi:10.1080/02640414.2018.1508399.
8. Lima, R.A.; Drenowatz, C.; Pfeiffer, K.A. Expansion of Stodden et al.'s Model. *Sports Medicine* **2022**, *52*, 679–683, doi:10.1007/s40279-021-01632-5.
9. Augustijn, M.J.C.M.; D'Hondt, E.; Van Acker, L.; De Guchtanaere, A.; Lenoir, M.; Caeyenberghs, K.; Deconinck, F.J.A. Role of Motor Competence and Executive Functioning in Weight Loss: A Study in Children with Obesity. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics* **2018**, *39*, 642–651, doi:10.1097/DBP.0000000000000589.
10. Nicolai Ré, A.H.; Okely, A.D.; Logan, S.W.; da Silva, M.M.L.M.; Cattuzzo, M.T.; Stodden, D.F. Relationship between Meeting Physical Activity Guidelines and Motor Competence among Low-Income School Youth. *J Sci Med Sport* **2020**, *23*, 591–595, doi:10.1016/j.jsams.2019.12.014.
11. Duncan, M.J.; Bryant, E.; Stodden, D. Low Fundamental Movement Skill Proficiency Is Associated with High BMI and Body Fatness in Girls but Not Boys Aged 6–11 Years Old. *J Sports Sci* **2017**, *35*, 2135–2141, doi:10.1080/02640414.2016.1258483.
12. King-Dowling, S.; Proudfoot, N.A.; Cairney, J.; Timmons, B.W. Motor Competence, Physical Activity, and Fitness across Early Childhood. *Med Sci Sports Exerc* **2020**, *52*, 2342–2348, doi:10.1249/MSS.0000000000002388.

13. Stodden, D.F.; Goodway, J.D.; Langendorfer, S.J.; Robertson, M.A.; Rudisill, M.E.; Garcia, Clersida and Garcia, L.E. A Developmental Perspective on the Role of Motor Skill Competence in Physical Activity: An Emergent Relationship. *Quest* **2008**, *60*, 290–306.
14. Robinson, L.E.; Stodden, D.F.; Barnett, L.M.; Lopes, V.P.; Logan, S.W.; Rodrigues, L.P.; D’Hondt, E. Motor Competence and Its Effect on Positive Developmental Trajectories of Health. *Sports Medicine* **2015**, *45*, 1273–1284, doi:10.1007/s40279-015-0351-6.
15. Albuquerque, M.R.; Rennó, G.V.C.; Bruzi, A.T.; Fortes, L. de S.; Malloy-Diniz, L.F. Association between Motor Competence and Executive Functions in Children. *Appl Neuropsychol Child* **2022**, *11*, 495–503, doi:10.1080/21622965.2021.1897814.
16. Menescardi, C.; Estevan, I. Parental and Peer Support Matters: A Broad Umbrella of the Role of Perceived Social Support in the Association between Children’s Perceived Motor Competence and Physical Activity. *Int J Environ Res Public Health* **2021**, *18*, doi:10.3390/ijerph18126646.
17. Estevan, I.; Menescardi, C.; García-Massó, X.; Barnett, L.M.; Molina-García, J. Profiling Children Longitudinally: A Three-Year Follow-up Study of Perceived and Actual Motor Competence and Physical Fitness. *Scand J Med Sci Sports* **2021**, *31*, 35–46, doi:10.1111/sms.13731.
18. Barnett, L.M.; Webster, E.K.; Hulteen, R.M.; De Meester, A.; Valentini, N.C.; Lenoir, M.; Pesce, C.; Getchell, N.; Lopes, V.P.; Robinson, L.E.; et al. Through the Looking Glass: A Systematic Review of Longitudinal Evidence, Providing New Insight for Motor Competence and Health. *Sports Medicine* **2022**, *52*, 875–920, doi:10.1007/s40279-021-01516-8.
19. Verbecque, E.; Coetzee, D.; Ferguson, G.; Smits-Engelsman, B. High BMI and Low Muscular Fitness Predict Low Motor Competence in School-Aged Children Living in Low-Resourced Areas. *Int J Environ Res Public Health* **2021**, *18*, 7878, doi:10.3390/ijerph18157878.
20. Sturmberg, J.P.; Martin, C.M. *Handbook of Systems and Complexity in Health*; Springer New York, **2013**; ISBN 9781461449980.
21. Bertalanffy, L. von *Teoria Geral Dos Sistemas - Fundamentos, Desenvolvimento e Aplicações*; **2010**; ISBN 9788532636904.
22. Quixadá, A.P.; Barbosa, E.C.C.; Miranda, J.G.V. *Introdução à Complexidade Do Movimento Humano*; **2020**; ISBN 9786556300498.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Analisar as interações dinâmicas entre a competência motora e correlatos durante o processo de crescimento e desenvolvimento de crianças a partir dos sistemas complexos.

3.2 Objetivos específicos

- Apresentar os domínios metodológicos do estudo de delineamento longitudinal-misto da Zona da Mata – MG (Artigo 1).
- Descrever os resultados da linha de base, por sexo, para indicadores de crescimento, adiposidade, atividade física, aptidão física, competência motora real e percebida e funções executivas das crianças (Artigo 1).
- Analisar, através da análise de redes, a associação dinâmica e não linear entre variáveis de saúde, biológicas, comportamentais e cognitivas em crianças acompanhadas ao longo do tempo (Artigo 2).
- Estimar as diferenças entre os sexos para indicadores de saúde, atividade física, aptidão física, competência motora real e percebida e função executiva em três momentos (Artigo 2).
- Estimar as diferenças intragrupos na composição corporal, atividade física, aptidão física e função executiva de crianças com alta e baixa competência motora ao longo do tempo (Artigo 3).
- Examinar, através da análise de redes, as interações dinâmicas entre composição corporal, atividade física, aptidão física e função executiva em crianças com diferentes níveis de competência motora (Artigo 3).

4 HIPÓTESES EM SISTEMAS COMPLEXOS

O método científico tem como ponto de partida a percepção de uma lacuna nos conhecimentos (um problema de pesquisa), ao qual é oferecido uma espécie de solução (formulação de hipóteses), e através de inferência dedutiva, ocorre o processo de testar a predição da ocorrência dos fenômenos abrangidos pela hipótese [1]. Assim, as pesquisas determinísticas que são baseadas em causalidades lineares utilizam a concepção de formulação de hipóteses, com vistas a aceitação ou refutação das hipóteses a partir de testagem [2].

A presente tese visa a compreensão dos mecanismos subjacentes das interações entre competência motora e correlatos, e para isso utiliza-se um olhar sistêmico e integrador; adicionalmente as causalidades lineares que também fazem parte da problemática investigada.

Assim, a não linearidade dos fenômenos é uma das características da ciência da complexidade [3]. Um sistema complexo pode ser definido pela existência de fortes interações ou mesmo de interações não triviais, isto é, não lineares [3,4]. Nesse sentido, a formulação de hipóteses para esta tese seria um equívoco epistemológico, visto que todas interações e padrões observados são inéditos e únicos [3,4].

REFERÊNCIAS

1. Popper, K. *Conjectures and refutations: The growth of scientific knowledge*. routledge, **2014**; ISBN 9780415285940.
2. Thomas, J.R.; Nelson, J.K.; Silverman, S.J. *Métodos de Pesquisa Em Atividade Física [Recurso Eletrônico]*; 6 ed.; Artmed: Porto Alegre, **2012**; ISBN 9788536327143.
3. Sturmborg, J.P.; Martin, C.M. *Handbook of Systems and Complexity in Health*; Springer New York, **2013**; ISBN 9781461449980.
4. Bertalanffy, L. von *Teoria Geral Dos Sistemas - Fundamentos, Desenvolvimento e Aplicações*; **2010**; ISBN 9788532636904.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico foi elaborado com a finalidade de conceituar, relacionar e integrar os mecanismos do crescimento e desenvolvimento infantil através das interações entre a competência motora e correlatos em termos de saúde. Dessa forma, o referencial foi dividido em nove tópicos.

Iniciando com o tópico “5.1 A Visão da Complexidade para o Estudo da Competência Motora” buscou-se conceituar e descrever os sistemas complexos, assim como elencar pontos que reforcem o entendimento acerca das múltiplas interações da competência motora e correlatos na perspectiva da teoria da complexidade. O tópico “5.2 Proposição Teórica da Tese”, consiste no surgimento das ideias acerca das interações entre a competência motora e correlatos até a concepção e compreensão das múltiplas interações entre a competência motora e correlatos da presente proposição. No tópico “5.3 Crescimento e Desenvolvimento Infantil”, buscou-se contextualizar o processo de crescimento e desenvolvimento infantil na perspectiva da saúde. Na sequência (tópico “5.4 Competência Motora Real”), foi abordado sobre a competência motora e suas interações na perspectiva do crescimento e desenvolvimento. Em seguida, no tópico “5.5 Atividade Física”, abordou-se sobre a atividade física e as prevalências em contexto mundial e brasileiro, assim como os benefícios e potenciais relações com outras variáveis de saúde ao longo da infância. No tópico “5.6 Aptidão Física”, buscou-se conceituar e descrever a aptidão física na fase da infância. No tópico “5.7 Competência Motora Percebida”, a atenção foi em conceituar e descrever a competência motora percebida. No tópico “5.8 Habilidades Cognitivas” buscou-se conceituar e relacionar as habilidades cognitivas com outras variáveis de saúde ao longo da infância. E por fim, o tópico “5.9 Indicadores de Adiposidade” teve como foco descrever e conceituar os indicadores de adiposidade mais prevalentes na infância.

5.1 A visão da complexidade para o estudo da competência motora e correlatos

A ciência da complexidade tem sido aceita em algumas áreas de estudos, como por exemplo na Psicologia [1], na cognição [2,3] e nos estudos da obesidade [4], e tem fornecido visões importantes para a mudança no paradigma sobre o fenômeno investigado [5]. Uma variedade de fenômenos na natureza e na sociedade podem ser unificados e compreendidos através dos sistemas dinâmicos complexos [1,5–7]. Assim, o estudo da complexidade busca compreender como as coisas estão conectadas umas com as outras e como essas interações funcionam em conjunto [5].

As teorias da complexidade representam a união de diferentes tipos de ideias e teorias para abordar a não linearidade e a dinâmica dos sistemas do mundo real [2,5,6]. Assim, antes de prosseguir, é necessário distinguir dois conceitos importantes para o avanço do conhecimento: linearidade e não-linearidade [5].

A linearidade e/ou distribuição linear remota do entendimento comum de “distribuição normal” pressuposta por Karl F. Gauss (1777-1855) [5,6,8]. A distribuição “Gaussiana” representa uma curva simétrica em torno do ponto médio, e apresenta o formato de sino, popularmente conhecido [5]. As relações lineares são importantes na análise de dados e na modelagem de fenômenos em diversas áreas, desde a física até as ciências sociais [6]. Geralmente elas descrevem uma relação direta e proporcional entre duas variáveis, permitindo que sejam feitas previsões e inferências sobre o comportamento dessas variáveis em diferentes situações [5,9].

A não-linearidade começou a ser postulada através de Vilfredo Pareto (1848–1923), que observou que a maioria dos fenômenos naturais não são distribuídos linearmente, e que eles seguem uma distribuição da lei de potência de um sistema não linear [5]. Assim, o pensamento epistemológico anterior e vigente até os dias atuais, acaba sendo comprometido por ignorar a distribuição não linear dos sistemas vivos [5]. Ou seja, na perspectiva não linear o foco não está apenas em como a variável se altera ao longo do tempo, mas o quanto essa mudança interfere na alteração do sistema como um todo [5,9,10].

Trabalhar com sistemas complexos é fazer uma parceria com a incerteza, uma vez que o estado futuro ou o resultado da dinâmica de um sistema são impossíveis de prever [5]. Assim, todo sistema complexo por definição é diferente [5,6]. Os sistemas complexos são muito dinâmicos, não lineares e não são estáticos [5,6,11]. Nesse sentido, são elementos dos sistemas complexos: *feedback loop*, não linearidade, auto-organização, padrão emergente e redes [5].

O feedback *loop* é um mecanismo no qual a mudança em uma variável pode resultar em uma ampliação (feedback positivo) ou amortecer (feedback negativo) dessa mudança [5]. Ou seja, fazendo analogia a um ciclo de retroalimentação, onde a informação irá circular, ser modificada e depois irá retornar para influenciar (positiva ou negativamente) o comportamento do sistema [5].

O segundo elemento trata-se da não linearidade, que define que os padrões finais são desproporcionais às suas causas iniciais, em virtude dos feedbacks gerados que são muito imprevisíveis [5]. Além disso, a não linearidade pode se manifestar dada a sensibilidade das condições iniciais [5]. Assim, pequenas mudanças nas condições iniciais ou no ambiente externo podem ter efeitos profundos no sistema, enquanto grandes mudanças podem não alterar os padrões existentes [5]. Daqui que a atenção para não desprezar os pequenos efeitos [5,9]. Em contexto prático, ao desprezar uma variável (por exemplo, a competência motora percebida) na perspectiva de que ela não está relacionada com o desfecho (no exemplo, a composição corporal da criança), comete-se um erro importante, visto que, a competência motora percebida pode ser o início de um efeito causal, que ao longo do tempo pode chegar até o principal desfecho [5,9,10]. Em outras palavras, um feedback negativo que um professor der ao seu aluno acerca da execução de uma determinada tarefa motora, poderá impactar negativamente na construção da competência motora percebida desse aluno, e assim, ao longo do tempo, o aluno sentir-se incapaz de executar determinadas habilidades motoras, e com isso ter impactos na sua composição corporal [5,10].

A auto-organização é o terceiro elemento do sistema complexo, é definida pelo surgimento espontâneo de novas estruturas e formas de comportamento em sistemas abertos, ao qual é caracterizado pelas interações de realimentação internos e são descritos matematicamente por meio de equações não lineares [5,8,12]. A auto-organização pode ser entendida como adaptação, sendo que, em reação às condições do ambiente, o sistema precisa ajustar parte de sua estrutura interna, e assim, se auto-organiza [5,12]. Dessa forma, torna-se difícil encontrar um elemento que seja central dentro de um sistema que se auto-organiza, visto que ele não é linear [5,6,13].

No processo de crescimento e desenvolvimento de uma criança compreende muitos elementos interativos que abrangem vários níveis, desde o biológico (por exemplo, competência motora) [14] ao cognitivo (funções executivas, competência motora percebida) [15–17], ao comportamental (atividade física) [18] e ao social (interação entre os pares) [19]. Assim, dentro da perspectiva dos sistemas complexos os processos de organização e estrutura vêm de maneira facilitada por meio das interações não lineares e dependentes do tempo que emergem dessa

mistura multinível e de alta complexidade [20]. Portanto, o próprio sistema tem uma tendência intrínseca de criar determinados padrões, o que pode resultar em distintas configurações de redes [21]. De acordo com Bartsch et al. [13], compreender a natureza das interações existentes pode fornecer informações úteis sobre o papel específico de vários sistemas dentro uma rede integrada.

O padrão emergente é o quarto elemento do sistema complexo e é caracterizado como o produto das interações que ocorrem dentro do sistema [5]. Assim, o comportamento do sistema não pode ser explicado pelos comportamentos dos componentes/elementos do sistema [5]. Em outras palavras, “o todo é mais do que a soma de suas partes” [5,8].

As redes, estão no coração do sistema complexo, e é o último elemento a ser considerado [5,9,10]. A ciência de rede aponta para uma dinâmica coletiva dos sistemas complexos serem moldados por um pequeno número de nós essenciais ou influenciadores [5,11]. Uma rede refere-se a uma estrutura, representando um grupo de objetos/pessoas e relações entre eles [5,21]. Assim, a estrutura da rede consiste em nós ou nódulos e arestas ou bordas [20–22]. Os nós representam objetos/variáveis/pessoas que serão analisadas enquanto as arestas representam as relações entre esses objetos/variáveis/pessoas [21]. Por exemplo, determinadas regiões no cérebro em desenvolvimento são essenciais para formação de redes de memória ou inibir determinados comportamentos, líderes políticos ou de mídias sociais são capazes de influenciar o ponto de vista público sobre determinado assunto [23]. Desse modo, a seleção dos “nós” (que pode ser uma variável biológica, econômica, comportamental, uma cidade, um país, etc.) é a primeira etapa da análise de redes, podendo esta ser uma escolha por considerações substanciais e não metodológicas [10,12,21]. Em síntese, a escolha das variáveis permite ao pesquisador observar como funcionará os nós no modelo da rede, e a associação condicional entre duas variáveis decorre quando essas variáveis são probabilisticamente dependentes e, portanto, condicionais a todas as outras variáveis dos dados [5,21].

As representações em rede codificam as informações relativas à distribuição de probabilidades de um conjunto de variáveis [12,21]. A atenção direcionada a análise de rede psicométrica está centrada nos padrões de dependências condicionais em pares que estão presentes nos dados analisados [21]. Semelhante aos outros tipos de análises de dados, tudo começa com uma questão de pesquisa, que direciona um esquema de coleta das informações (dados), que pode incluir desde delineamentos transversais a séries temporais e de painel [21].

Vários processos biológicos, comportamentais e sociais importantes, como o aumento de informações nas mídias sociais do *Google* ao *Facebook*, *Instagram*, *Twitter* e *LinkedIn*, as inúmeras conexões cerebrais, a evolução dinâmica dos ecossistemas, tudo se resume a

interações entre os diversos componentes de cada sistema, o que pode ser entendido por modelos dinâmicos em redes complexas [22–24]. Resumidamente ao observar esses sistemas, as interações complexas que ocorrem numa escala micro podem levar a distintos comportamentos dinâmicos que podem ser observados em nível macro [11]. Assim, compreender como a estrutura de uma determinada rede afeta a função dos sistemas dinâmicos complexos, torna-se o foco central das pesquisas que envolvem a ciência de redes na modernidade [10,11].

A competência motora e correlatos (a citar, atividade física, competência motora percebida, aptidão física, indicadores de adiposidade e funções executivas) são variáveis que devem ser compreendidas da perspectiva da não linearidade, e estão interconectados dinamicamente, o que lhes confere as características de um sistema complexo [5,14]. Neste tipo de sistema, pequenas mudanças em um único componente podem resultar em importantes padrões não determinados ao longo da rede de associações entre as variáveis inter-relacionadas que compõem o sistema [5,11].

No desenvolvimento da competência motora não deve ser ignorado que o processo de desenvolvimento é individual, e depende de fatores ambientais, biológicos, cognitivos e sociais, que podem impactar no desenvolvimento das habilidades motoras fundamentais [5,6,14]. Por exemplo, uma criança pode desenvolver e ser proficiente nas habilidades locomotoras em um primeiro momento, e depois e/ou concomitantemente desenvolver as habilidades motoras que envolve o controle de objetos (e não ser proficiente); outra criança pode ser proficiente nas habilidades de controle de objetos, e não ter proficiência nas habilidades locomotoras; como também pode ter uma criança que não é proficiente em nenhuma habilidade motora fundamental (mas aprendeu o padrão motor e consegue executar conforme as demandas diárias) [25–29]. Tudo irá depender do estímulo ofertado (pais, professores, colegas), condições de prática (ter recursos e espaço destinado a prática, escola, clube), composição corporal (obesidade, magreza, peso normal), aspectos cognitivos (motivação, competência percebida, funções executivas), condições socioeconômicas, etc [30–33].

Através do estudo da complexidade no aspecto das interações entre competência motora e correlatos, pode-se inferir que a competência motora não é baseada em padrões específicos e predefinidos de aquisição e proficiência das habilidades motoras em momentos específicos [14,34,35]. Em vez disso, considera tanto a mudança quanto a auto-organização como elementos-chave para o desenvolvimento das habilidades motoras [5,14]. Dessa forma, vários elementos como a composição corporal, força e resistência muscular, o ambiente, atenção,

motivação e a instrução, podem influenciar a aquisição de habilidades motoras fundamentais ao longo do processo de crescimento e desenvolvimento infantil [26,30,33,36–38].

As crianças, através das suas características pessoais, podem vivenciar os mais diferenciados estímulos ambientais que contribuem para o desenvolvimento e aprimoramento da competência motora e correlatos, e assim responder às mudanças de forma individualizada, ao qual busca-se por meio da auto-organização retomar o controle das situações extremamente desafiadoras [5,15,39]. Por isso, o processo de crescimento e desenvolvimento é contínuo e dinâmico, sujeito a perturbações que desafiam as crianças a encontrar soluções para novas situações e problemas [5,6,40].

Um grande desafio observado para testar teorias que tem o foco sobre mudanças no comportamento humano é ajustar um modelo de processo de mudança a dados empíricos [41]. Partindo da perspectiva de que cada ser humano pode apresentar ritmos diferentes para determinados comportamentos, sendo uns mais rápidos e outros mais devagar, ressalta-se a importância de pesquisas longitudinais [42,43]. Nesse sentido, uma análise profunda de como ocorre as interações entre a competência motora e correlatos ao longo do tempo de desenvolvimento, possibilitará compreender de forma holística, como todos os mecanismos podem interagir e cooperar para gerar um padrão motor proficiente na infância.

Por fim, compreendemos que as perspectivas teóricas que englobam as abordagens lineares e não lineares não devem ser consideradas em futuras pesquisas como abordagens opostas. Pelo contrário, acreditamos que ambas as abordagens se complementam e podem fornecer *insights* importantes no paradigma sobre a mudança acerca do fenômeno investigado.

5.2 Proposição Teórica da Tese

A competência motora é definida como o nível de proficiência ou habilidade que um indivíduo possui na realização de várias habilidades motoras [14,28]. Os estudos sobre a competência motora têm sido cada vez mais ampliados para várias áreas do conhecimento, a citar a psicologia, cognição, atividade física e ciências da saúde [27,35,44,45]. Tal fato retrata a relevância das pesquisas sobre esse tema, especialmente a luz do crescimento e desenvolvimento humano, visto ser um processo repleto de mudanças e transformações na vida da criança, especialmente na segunda infância, que foi o foco de investigação da presente tese [35,40].

A competência motora é uma variável essencial no processo de crescimento e desenvolvimento infantil, e dessa forma estudá-la possibilitará a compreensão das inúmeras relações estabelecidas com variáveis biológicas (por exemplo: idade, sexo, composição corporal, aptidão física), cognitivas (por exemplo: funções executivas, competência motora percebida) e comportamentais (por exemplo: a prática de atividade física), que também são conhecidos como correlatos [16,25,38,46–49]. Nesse sentido, existem perspectivas teóricas e modelos conceituais que buscaram descrever e/ou estabelecer como ocorrem as interações da competência motora e correlatos considerando o processo de crescimento e desenvolvimento infantil [14,49–53].

Para elucidar, na área do desenvolvimento motor e da saúde, em 2008 Stodden et al. [14], propuseram um modelo teórico com a finalidade de entender a relação emergente entre competência motora, atividade física e risco de obesidade em crianças e adolescentes. O modelo é composto por domínios biológico, psicológico, comportamental, social e de saúde, e perpassa o entendimento na perspectiva de desenvolvimento humano [14]. Dentre as inúmeras associações entre variáveis de saúde, biológica, psicológica e comportamental proposta no modelo, as relações da competência motora e correlatos ao longo da infância e adolescência ainda não parecem ser claras [26,28].

Sumariamente, o modelo conceitual estabelece uma relação principal e direta entre competência motora e atividade física, na qual pode ser influenciada por variáveis mediadoras, compreendidas como competência motora percebida e aptidão física relacionada à saúde [14]. Adicionalmente, o modelo proposto também pressupõe que os níveis de competência motora e atividade física podem contribuir para o aumento ou redução do risco de obesidade (conforme as relações anteriormente mencionadas), e conseqüentemente gerar impactar na composição corporal, o que poderá influenciar o grau de desenvolvimento da competência motora gerando um efeito de espiral e retroalimentação (Figura 1) [14]. Nesse sentido, analisar os aspectos relacionados ao desenvolvimento motor, especialmente a competência motora é primordial para auxiliar na compreensão do porquê as crianças escolhem ser ativas ou inativas [14].

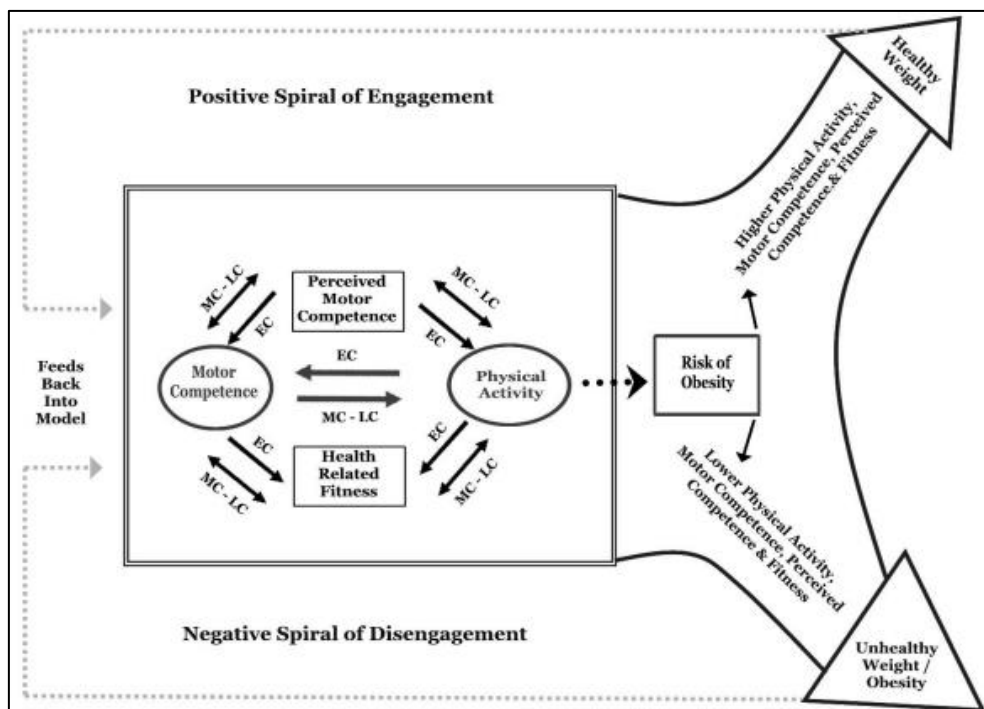


Figura 1: Modelo conceitual (retirado de Stodden et al. [1]). Mecanismos de desenvolvimento que influenciam as trajetórias de atividade física das crianças.

As relações estabelecidas no modelo conceitual têm sido recorrentemente investigadas desde 2008 [38,54–59]. No entanto, a maioria dos estudos buscou investigar as relações individuais, não considerando como esses correlatos interagem para prever posteriormente a composição corporal de crianças e adolescentes [14,27]. Além disso, a grande maioria dos estudos apresentam um *design* transversal e ainda há poucos estudos longitudinais nessa vertente [38,50,54,60–62]. Um outro ponto a ser mencionado perpassa em como as relações emergentes no modelo interagem ao longo do processo de crescimento e desenvolvimento humano [14]. Os autores não ditam um caminho a ser seguido, não deixam claro se as relações são as mesmas ou se diferem entre os sexos, e não consideram o fator idade (apenas definem as fases da infância), fazendo com que a literatura explore as relações presentes no modelo da forma que seja viável e produtora aos olhos do pesquisador ou grupo de pesquisa, dificultando assim as comparações e reprodutibilidade das pesquisas [14].

Outro aspecto que carece de investigações e não está claramente elucidado no modelo conceitual proposto por Stodden et al. [14], diz respeito sobre as interações entre competência motora, atividade física e cognição no processo de crescimento e desenvolvimento humano. A cognição consiste em processar as informações de qualquer conteúdo do conhecimento através de atividade da mente [63]. Em geral, as atividades físicas que envolvem uma ampla gama de

habilidades motoras fundamentais ou mesmo contemplem o fortalecimento de habilidades motoras específicas podem contribuir para o desempenho cognitivo [64]. Nesse sentido, há investigações que buscaram estabelecer relações ainda que parciais (ou em pares) entre atividade física e cognição, competência motora e cognição [65–68].

A exemplo dos estudos que objetivaram compreender a relação entre atividade física e cognição, Howie e Pate [65], conduziram uma revisão de literatura numa perspectiva história sobre a ciência da atividade física e o desempenho acadêmico em crianças, no qual propuseram uma relação hipotética entre atividade física e desempenho acadêmico (Figura 2). Segundo os autores, o desempenho acadêmico é um processo complexo que leva em consideração a cognição, engajamento escolar e conhecimentos específicos do indivíduo [65]. Assim, as funções cognitivas foram consideradas variáveis mediadoras perante às múltiplas variáveis consideradas na relação hipotética [65]. O que chama a atenção nessa relação hipotética é o fato que a prática de atividade física e suas distintas expressões (consideradas no estudo – aptidão física e participação em esportes) tem efeito positivo sobre as funções cognitivas, e estas atuam positivamente no desempenho acadêmico [65].

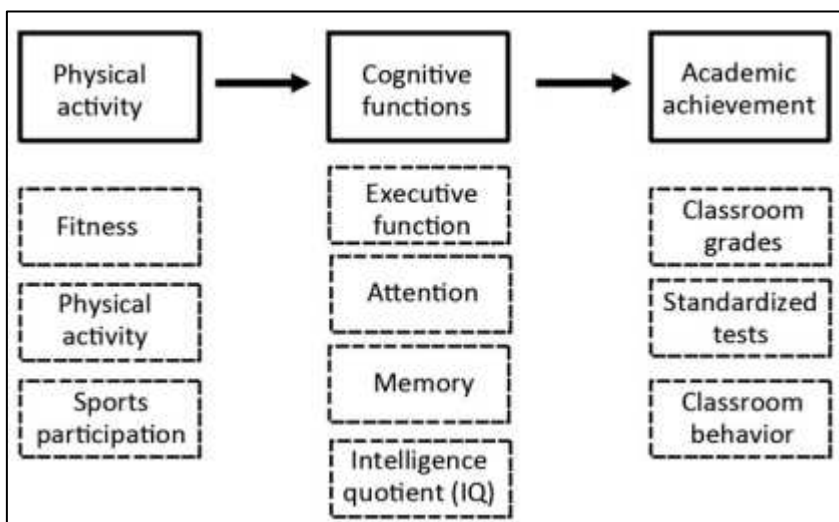


Figura 2: A relação entre atividade física, funções cognitivas e desempenho acadêmico.

Adaptado de Howie e Pate [65].

Adicionalmente, Tomporowski et al. [66], propuseram uma extensão da relação hipotética proposta por Howie e Pate [65]. O modelo proposto inclui tanto a cognição quanto a metacognição como mediadores da relação entre atividade física e desempenho acadêmico (Figura 3). Segundo os autores, examinar como o exercício físico influencia o processamento executivo rápido e o planejamento estratégico mais lento pode ajudar os pesquisadores a

entender melhor como diferentes tipos de atividade física afetam o desempenho (físico, cognitivo e acadêmico) das crianças em condições do mundo real [66].

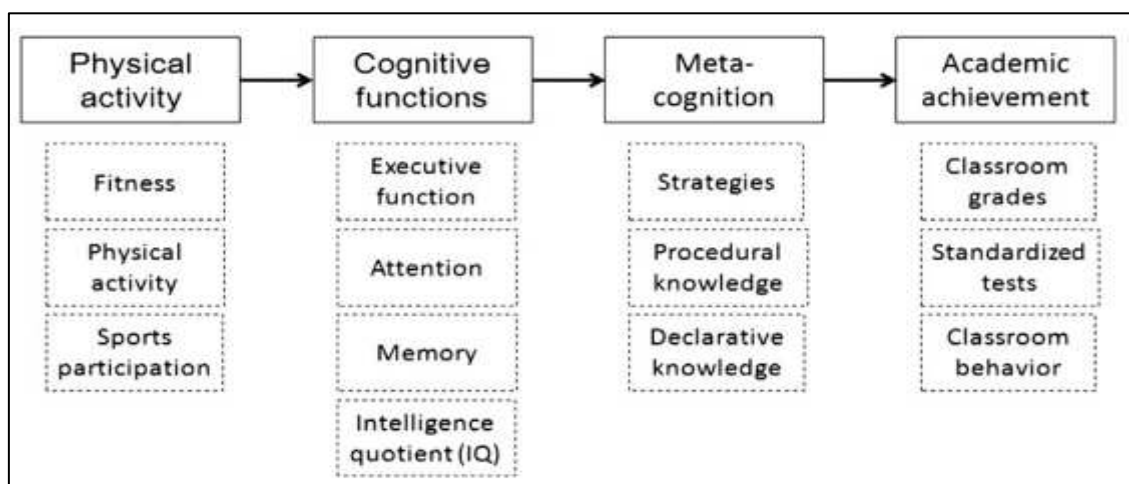


Figura 3: Relação entre atividade física, cognição, metacognição e desempenho acadêmico. Retirado de Tomporowski et al. [66].

Os modelos de Howie e Pate [65] e Tomporowski et al. [66] apresentam pontos em comum para a relação entre atividade física e funções cognitivas, com desfecho no desempenho acadêmico das crianças [65,66]. No entanto, ao considerar o período de crescimento e desenvolvimento infantil, muitas questões ainda não parecem claras. Ambos os trabalhos não deixam claro se as relações permanecem constantes ou se alteram ao longo do tempo; se existem outras variáveis moderadoras ou mediadoras que podem interagir na relação principal; se existe uma perspectiva da linearidade nestas relações ou faz-se necessário ter uma perspectiva holística sobre o papel da atividade física para a cognição e o desempenho acadêmico das crianças [66]. Assim, abre-se um espaço para estudos futuros que possam explorar as lacunas observadas.

Em uma outra vertente, um texto editorial recentemente publicado na *Frontiers in Physiology* por Pesce et al. [68], buscou descrever sobre três caminhos (ou áreas) científicos: atividade física, pesquisa cognitiva e competência motora. Falando especificamente da competência motora, os autores defendem a ideia de que uma avaliação mais abrangente da competência motora e como ela se desenvolve ao longo do tempo deve incluir tarefas que incorporem a integração das habilidades cognitivas (também conhecidas como funções executivas), com a finalidade de encontrar uma solução ideal para atingir o objetivo da tarefa [68]. Além disso, os autores também propõem que as pesquisas em neurociência do desenvolvimento devem olhar integralmente para atividade física e competência motora como

um dos meios para auxiliar o desenvolvimento cognitivo – especialmente as funções executivas [68].

O texto editorial abriu um leque de oportunidades para comunidade acadêmica, visto que apesar da necessidade de avaliação mais aprofundada entre competência motora e funções executivas, as ideias propostas estimulam avanços na área e podem ser usados como ponto de partida para avaliar a saúde de crianças e adolescentes ao longo do tempo de desenvolvimento de forma mais holística [68]. Nesse sentido, Lima et al. [67] propuseram uma extensão da estrutura do modelo conceitual de Stodden et al. [14], adicionando três desfechos relacionados à saúde ao modelo (Figura 4). Assim, é incluído no modelo as variáveis adicionais: cognição e desempenho acadêmico, saúde metabólica e a saúde mental, que poderá orientar futuras pesquisas sobre saúde, qualidade de vida e bem-estar de crianças e adolescentes [67].

A proposição é de que a relação entre competência motora e atividade física (mecanismo primário) terá como um dos desfechos de saúde a cognição, o que eventualmente possibilitará uma compreensão mais detalhada acerca dessas interações [67]. No entanto, as relações entre competência motora e as habilidades cognitivas ainda são pouco claras ou inconsistentes, principalmente no que se refere ao grau e estabilidade dessas associações [36,69].

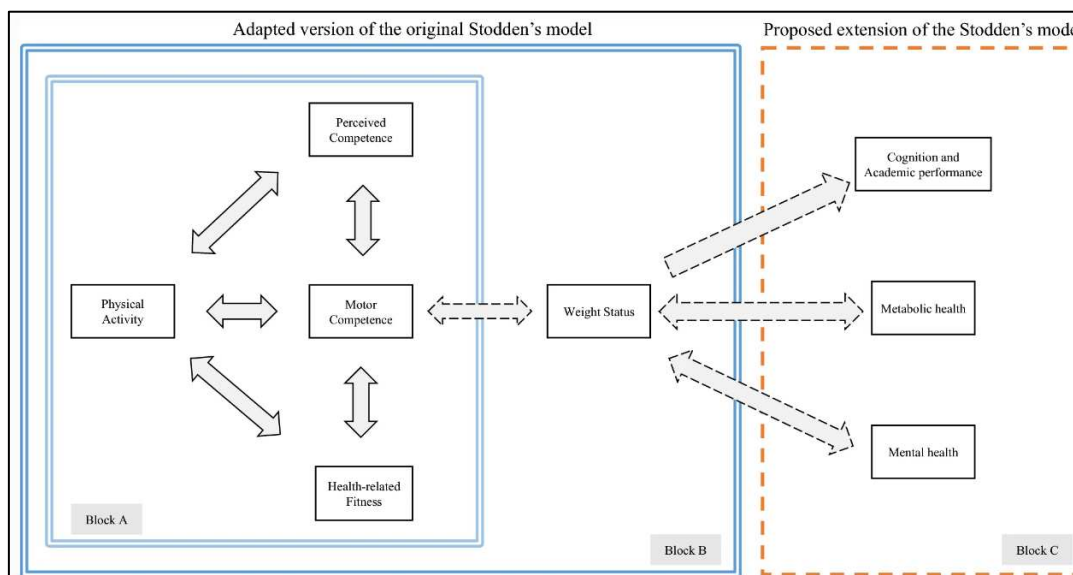


Figura 4: Proposta de extensão do modelo de Stodden et al.[14]. Retirado de Lima et al. [67].

Em síntese, as perspectivas teóricas e modelos conceituais previamente descritos forneceram o conhecimento acerca das interações da competência motora e seus correlatos até certa parte, onde as relações foram testadas de forma parcial e fragmentadas, possibilitando a compreensão entre pares de variáveis de forma isolada com potenciais benefícios à saúde das crianças [14,65–67]. Por exemplo, estudos testaram a relação entre competência motora e

atividade física [59,70], enquanto outros analisaram a relação entre competência motora e composição corporal [38], competência motora e funções executivas [16]. Essas relações parciais evidenciam uma limitação no que se considera testar as interações entre a competência motora e os diferentes domínios do desenvolvimento de forma sinérgica [5].

No que diz respeito a competência motora, esta é um constructo relevante no processo de crescimento e desenvolvimento infantil, devido a sua potencialidade na redução de iniquidades em termos de saúde [26,27,71]. Assim, pode-se dizer que a competência motora e seus correlatos apresentam características que são por si complexas e difíceis de serem explicadas a partir de olhares uni e bidirecionais ou mesmo lineares [5]. Dessa forma, ressalta-se a importância das pesquisas sobre esse tema com a necessidade de novos olhares em termos epistemológicos, teóricos e estatísticos, na tentativa de explicar os fenômenos contemporâneos relacionados à competência motora a luz do crescimento e desenvolvimento humano [6].

A priori, é necessário compreender de forma holística e integrada que existem múltiplas interações entre a competência motora e seus correlatos ao longo do processo de crescimento e desenvolvimento infantil [26–28,49]. Para isso, é preciso mudar o paradigma e ir além do pensamento reducionista que “determina que qualquer sistema, independente da sua natureza, pode ser decomposto e estudado em suas partes constituintes” [6], e ter uma visão de mundo holística, que compreende o mundo como um todo integrado, e não apenas como uma coleção de partes dissociadas [8].

Nesse contexto, a presente proposição teórica da tese parte do pressuposto de que o crescimento e desenvolvimento é inerente ao ser humano, por isso o compreendemos como um processo que representa o “todo” e a partir dele ocorrem as mudanças e transformações nos domínios físico, biológico, comportamental, cognitivo e socioemocional [40,72].

Em uma primeira análise, o processo de crescimento e desenvolvimento humano, especialmente o desenvolvimento infantil (que é o foco desta tese), a literatura é bem clara no que tange à importância de crianças e adolescentes desenvolverem suas habilidades, capacidades e competências na infância e em fases posterior, a fim de formar indivíduos saudáveis, ativos, autônomos, responsáveis, criativos e capazes de lidar com os desafios da vida [52,72–74]. Algumas das habilidades e competências são importantes de serem desenvolvidas na infância e adolescência, das quais incluem a proficiência motora, ser e estar ativo e apto fisicamente, além da capacidade de resolver problemas, trabalhar em equipe, ser proativo, ter empatia saber lidar com as emoções, tomar iniciativa, ser criativo e pensamento crítico, e tomar decisões [15,75]. Por essa razão, é fundamental que os pais, educadores e a sociedade como um todo se empenhem em proporcionar às crianças e adolescentes experiências variadas e

enriquecedoras, que permitam o desenvolvimento dessas habilidades e competências [18,76]. Isso pode incluir inúmeras atividades físicas, esportivas, culturais, artísticas, de lazer, além de um ambiente educacional que seja estimulante, desafiador e inclusivo [32,77].

Nesse sentido, propõe-se que associado ao processo de crescimento e desenvolvimento, está a competência motora, em virtude das suas interconexões com domínios biológicos (compreendidos na tese como sexo, indicadores de adiposidade e aptidão física), comportamentais (atividade física), cognitivos/psicológicos (funções executivas, competência motora percebida) e sociodemográficos (idade) [26,49,56] (Figura 5).

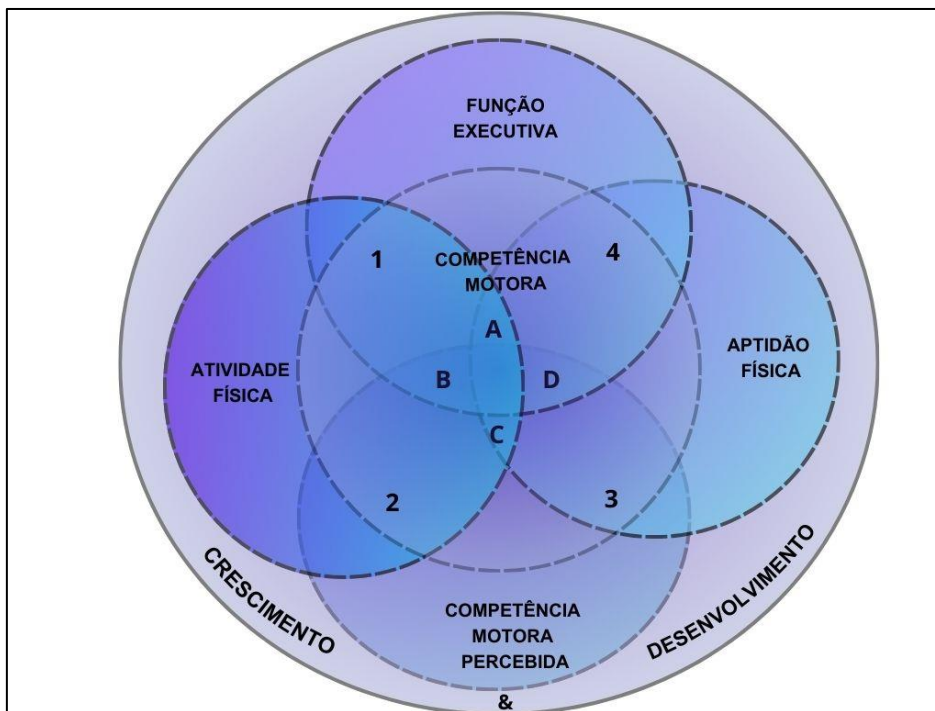


Figura 5: Mecanismos do crescimento e desenvolvimento infantil: interações entre competência motora e correlatos numa perspectiva holística em termos de saúde. Nota: Algarismos arábicos (1 a 4) representam as possíveis relações entre a competência motora e dois correlatos, enquanto que as letras alfabéticas (de A até D), denotam as possíveis relações entre a competência motora e três correlatos.

Assim, sabe-se que as interações da competência motora e correlatos são bem documentados na literatura [36,56,58,59,62]. No entanto, muito do conhecimento que temos atualmente partiu de investigações que exploraram as relações de forma parcial, ou seja, testaram relações entre duas ou três variáveis fornecendo *insights* de forma isolada [5]. Desta forma, não menos importante, buscamos apresentar essas relações parciais em um modelo que

contemple as interações entre competência motora e correlatos no período da segunda infância, assim como trazer um olhar mais integrador e sistêmico que vise englobar o “todo” (Figura 5).

Na figura 5, é apresentado um modelo que retrata os mecanismos do crescimento e desenvolvimento infantil e as interações entre a competência motora e correlatos numa perspectiva holística da saúde. Nesta representação, os algarismos arábicos (1 a 4) demonstram as possíveis relações entre a competência motora e mais dois correlatos, enquanto as letras (A, B, C e D) ilustram as possíveis interações entre competência motora e mais três correlatos. Para esclarecer, em “1” observa-se as possíveis interações entre atividade física, funções executivas e competência motora; em “2” as interações entre atividade física, competência motora percebida e competência motora; em “3” as interações entre competência motora percebida, aptidão física e competência motora; e em “4” as interações entre aptidão física, função executiva e competência motora. Por sua vez, na letra “A” são mostradas as relações entre função executiva, atividade física, aptidão física e competência motora; em “B” as relações entre funções executivas, atividade física, competência motora percebida e competência motora; em “C” as relações entre atividade física, competência motora percebida, aptidão física e competência motora; e “D” as relações entre competência motora percebida, aptidão física, funções executivas e competência motora (Figura 5). Portanto, através do modelo é possível que se apresente relações parciais e ainda fragmentadas entre a competência motora e correlatos.

A contribuição da presente tese é de esclarecer que para além das relações parciais, é possível direcionar o olhar sistêmico e integrado para as múltiplas interações entre a competência motora e correlatos ao longo do processo de crescimento e desenvolvimento na perspectiva da saúde infantil. Desse modo, ao observar cada variável presente no modelo (atividade física, competência motora percebida, aptidão física e função executiva), é provável que todas as variáveis interajam entre si ao longo do processo de crescimento e desenvolvimento com vistas a promoção da saúde (e estas relações podem se estabelecer de forma não-linear) (Figura 5).

Assim, a ideia não é apenas mostrar que há uma mudança de paradigma (das relações parciais/lineares para relações complexas e não-lineares), mas compreender que, se antes toda a atenção era para entender a relação entre a competência motora e atividade física, competência motora e aptidão física e etc., (vistas de forma fragmentada), agora, na visão dos sistemas complexos, busca-se olhar se a relação entre competência motora, atividade física, competência motora percebida, aptidão física e funções executivas estabelecem padrões que se sustentem ou não ao longo do tempo. É válido mencionar que os sistemas complexos são caracterizados por

uma interconexão dinâmica de elementos que evoluem ao longo do tempo, frequentemente exibindo comportamentos não-lineares e emergentes [5]. Isso significa que os padrões que surgem nesses sistemas podem ser altamente variáveis e imprevisíveis. Portanto, os seres humanos são exemplos de sistemas complexos [5,6]. Os comportamentos, pensamentos, emoções e interações são influenciados por uma ampla variedade de fatores, tornando difícil prever com precisão como as pessoas vão se comportar em diferentes situações [5,6]. Além disso, as interações entre os indivíduos e o ambiente podem gerar resultados inesperados e não lineares [5].

Diferentemente das perspectivas teóricas e modelos conceituais descritos previamente, pressupõe-se que na proposição teórica para da presente tese, a complexidade e a não-linearidade são elementos que devem ser considerados [5]; além disso, supõe-se que as interações entre a competência motora e seus correlatos podem ocorrer distintamente entre os sexos (consoante as características individuais que lhes são atribuídas); que a idade é um fator que deve ser considerado ao longo da segunda infância, visto que as interações podem ocorrer de forma distinta para cada faixa etária (considerando o mesmo indivíduo); e que as relações entre a competência motora e correlatos podem ser fortemente conectadas ao considerar determinados desfechos de saúde (por exemplo, indicadores de adiposidade).

Adicionalmente, é importante considerar que as relações entre a competência motora e correlatos podem se manifestar de maneira distinta ao longo do tempo em crianças com diferentes níveis de competência motora (por exemplo, alta e baixa). É possível que os padrões de interação estabelecidos, representados como redes, sofram alterações ou mesmo flutuam à medida que o processo de desenvolvimento avança [5]. Deste modo, um correlato que possui um papel periférico em uma rede de interações pode assumir uma posição central em outra rede, à medida que as crianças progredem em seu desenvolvimento. Isso destaca a natureza dinâmica e adaptativa das relações entre a competência motora e correlatos, sendo importante reconhecer essa complexidade na análise das interações, pois ela pode ter implicações significativas para a compreensão e promoção da saúde infantil.

Além disso, supõe-se que as relações entre a competência motora e correlatos tendem a expressar distintamente ao longo do tempo em crianças com diferentes níveis de competência motora, sendo que os padrões estabelecidos (em redes) se alteram conforme o tempo de desenvolvimento. Assim, um correlato que é periférico em uma rede pode ser central em outra rede.

Nessa perspectiva, a presente proposição teórica teve como objetivo apresentar um novo olhar sobre a competência motora e seus correlatos associados ao crescimento e

desenvolvimento infantil numa perspectiva holística em termos de saúde. Assim, buscou trazer um olhar epistemológico que considera o estudo da complexidade, possibilitando a compreensão de que todos os mecanismos relacionados com a competência motora interagem e cooperam para gerar um padrão motor proficiente e como consequência, uma melhor qualidade de vida e saúde das crianças.

5.3 Crescimento e Desenvolvimento Infantil

Vários estudos investigaram o crescimento e desenvolvimento infantil e contribuíram substancialmente com o corpo teórico, a fim de possibilitar a compreensão acerca dos fatores biológicos e ambientais que influenciam nesses processos [78–81]. Por exemplo, os estudos longitudinais que acompanharam o crescimento e o desenvolvimento de crianças ao longo do tempo forneceram informações importantes sobre as maneiras pelas quais a genética, a nutrição e os fatores ambientais podem influenciar o crescimento e o desenvolvimento [42,81,82]. Esses estudos buscaram compreender como a complexa interação entre fatores biológicos e ambientais podem contribuir para os resultados de saúde da população pediátrica [82]. Assim como a promoção de intervenções eficazes podem ser capazes de alcançar tais proposições (estilo de vida saudável na infância) [83]. Em síntese, algumas evidências mostraram que determinadas intervenções na primeira infância, como programas de visitas domiciliares e a prática regular de atividade física ao longo da infância, podem ter efeitos duradouros no desenvolvimento físico, motor e cognitivo, no crescimento, bem como nos comportamentos e hábitos saudáveis das crianças [83,84].

De forma geral, o processo de crescimento decorre em uma velocidade elevada até por volta dos dois anos de vida, e depois observa-se um declínio na aceleração e velocidade deste crescimento, atingindo um “platô” por volta dos cinco anos de idade, quando observa-se uma estagnação na aceleração desta taxa [85]. A partir do quinto ano de vida, a velocidade de crescimento torna-se constante, onde inicia-se um período de maior crescimento, em média de cinco a seis centímetros ao ano, até o início do estirão de crescimento e/ou pico de velocidade de crescimento, na adolescência (que geralmente ocorre por volta dos 10/11 anos de idade nas meninas e dos 11/12 anos nos meninos), e tal como ocorre o primeiro pico (por volta dos dois anos de idade), a aceleração começa a declinar [85]. Assim, acompanhar e monitorar as mudanças que ocorrem relativas ao crescimento e desenvolvimento nas fases da infância e adolescência, são questões relativamente desafiadoras para muitos pesquisadores [83].

A infância é um período marcado por inúmeras mudanças e transformações na vida da criança, e pode ser dividida em três fases, com base em estágios e marcos de desenvolvimento [14,52,72].

A primeira infância ou anos pré-escolares: é compreendida por crianças entre dois anos de vida até os cinco anos de idade [52,85]. Durante esta fase, as crianças experimentam um rápido crescimento e desenvolvimento físico, motor e cognitivo [40,52]. As crianças começam a desenvolver as habilidades de linguagem, habilidades motoras fundamentais e habilidades sociais, e muitas das vezes são curiosas e ansiosas para explorar o ambiente ao seu redor [72]. Além disso, a taxa de crescimento tende a ser proporcional entre os sexos, assim como a mensuração do tecido adiposo antes dos seis anos de idade tende a revelar um padrão similar para meninos e meninas [40,52].

A segunda infância, meia infância ou infância intermediária: é período que abrange os anos do ensino fundamental, compreende crianças no intervalo etário entre seis anos até os 10 ou 11 anos de idade (variando consoante autor de referência) [14,52,85]. Durante esta fase, as crianças continuam a desenvolver as suas competências (físicas, motoras, cognitivas e sociais) e começam a ganhar mais independência e responsabilidade [52,72]. Além disso, as crianças podem se interessar mais por atividades acadêmicas e passam a desenvolver um senso de identidade própria [72]. Essa é uma fase fundamental de avaliação e monitoramento do crescimento e desenvolvimento infantil, dado a inserção da criança no ambiente escolar, em que diversos, hábitos, capacidades e habilidades são aprendidos e moldados [42,85]. À medida que as crianças permanecem mais tempo na escola e interagem com seus colegas e professores, começam a ser expostas a novas normas e expectativas sociais e comportamentais que antes não existiam [83,85]. Assim, elas tendem a desenvolver e aprimorar importantes habilidades físicas, motoras, cognitivas e acadêmicas que serão a base para o desenvolvimento futuro [52,85].

Terceira infância e/ou adolescência: geralmente é um período mais arbitrário de identificar, por ser uma fase bastante variável, sendo um período de transição entre a infância e a vida adulta [72]. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a adolescência pode ser compreendida entre os 11 e os 19 anos de idade [86]. Várias mudanças de ordem físicas, psicológicas e sociais ocorrem nesta fase da vida, propiciando aos adolescentes experimentar alterações no humor, desenvolver comportamento de risco à saúde, além de apresentar uma maior consciência pró-social [86,87].

Embora esses estágios sejam geralmente reconhecidos e possam ser úteis na compreensão das trajetórias de desenvolvimento típicas, é importante observar que cada criança

é única e pode não se encaixar perfeitamente nessas categorias [72,85]. Além disso, o tempo e a natureza dos marcos de desenvolvimento podem variar amplamente, dependendo de fatores biológicos, comportamentais, cognitivos e sociais [72].

Na compreensão dos mecanismos que ocorrem na infância (especialmente a segunda infância, que é o foco de atenção desta tese), o que se percebe é que existe um complexo sistema que envolve todo este processo [5]. Fisicamente, a segunda infância é um período de crescimento relativamente lento e estável em comparação com o rápido crescimento que ocorre durante a primeira infância [40,52]. Entretanto, as crianças continuam a desenvolver suas habilidades motoras finas e grossas, e podem iniciar a prática de esportes e outras atividades físicas (sistematizadas ou não) que lhes deem prazer e satisfação [40,52]. Na parte cognitiva, é um período de crescimento intelectual significativo, pois as crianças desenvolvem habilidades de linguagem e alfabetização mais avançadas, assim como habilidades de raciocínio e resolução de problemas e outras funções cognitivas de ordem superior (conhecidas também como funções executivas) [15]. No aspecto social e emocional, ocorre uma maior socialização e interação com os pares, dado as crianças começarem a formar relacionamentos sociais mais complexos e aprenderem a navegar pelas normas e expectativas sociais [73]. Assim, todos esses aspectos (biológicos, comportamentais, cognitivos e sociais) parecem estar inter-relacionados e podem influenciar uns aos outros, tornando importante a adoção de estratégias e abordagens mais integradas para entender o crescimento e o desenvolvimento da criança [5,6].

Em síntese, a partir de uma visão sistêmica e integradora do crescimento e desenvolvimento infantil, possibilitará aos pesquisadores, profissionais da saúde, dentre outros, observar de maneira sinérgica todas as interações que são decorrentes desse processo de mudança [5,6,10]. Assim, apoia-se que estudos de delineamento longitudinais devem ser conduzidos, dada a possibilidade de visualizar os processos que caracterizam as mudanças de cada criança ao longo do tempo de desenvolvimento principalmente no que tange as interações entre a competência motora e correlatos, bem como possibilitar a compreensão dos fenômenos a partir de uma visão mais integrada e sistêmica e não apenas como fatos isolados e/ou fragmentados.

5.4 Competência Motora Real

Atualmente, diversos termos são recorrentemente usados dentro do desenvolvimento motor [52]. A quantidade de termos existentes na literatura gera confusão acerca da

terminologia empregada nas várias disciplinas e subdisciplinas que investigam o movimento humano, o que implica em uma variedade de termos que são usados para descrever os níveis de habilidades de movimento [88]. Tais implicações podem ser problemáticas, dado que as definições de termos específicos podem descrevê-los de forma imprecisa e, ou podem ser usados alternadamente para caracterizar o mesmo fenômeno [88,89].

A competência motora é um bom exemplo desse conflito, uma vez que, muitas terminologias são usadas como sinônimas para expressar a competência motora, adequando-se o uso de um ou outro termo escolhido consoante o interesse do pesquisador [14,28,52]. Por exemplo, termos como proficiência motora [25], proficiência em habilidades motoras [90,91], coordenação motora grossa [92,93], habilidades motoras fundamentais [29,94], e habilidades motoras grossas [95,96] são frequentemente reportados como sinônimos de competência motora. Nesse sentido, ainda não há um consenso entre as pesquisas para designar o conceito de competência motora [28] sendo, portanto, considerado um termo mais amplo e popularmente conhecido como “guarda-chuva”, usado para descrever movimentos grosseiros direcionados a objetivos que envolvam grandes grupos musculares ou o corpo todo [27].

Outro exemplo de conflito das terminologias é o termo “habilidade motora fundamental” que geralmente é usado em diferentes contextos, e uma variedade de termos como “padrão de movimento”, “padrão motor”, “padrão motor fundamental”, “habilidade de movimento”, “habilidade motora grossa”, “capacidade”, “habilidade de movimento fundamental” são frequentemente usados como sinônimos na literatura [49,52,88,89].

É importante compreender como os pesquisadores conceituam, operacionalizam e mensuram as habilidades motoras fundamentais e a competência motora, a fim de permitir a comparação dos resultados entre os estudos [28,88,97]. Assim sendo, para os propósitos da presente tese e a fim de deixar claro para o leitor em virtude do conflito existente no arcabouço teórico, optou-se por considerar os termos “habilidade motora fundamental” e “competência motora”. Quando empregado o termo “habilidade motora fundamental” o foco foi em compreender os padrões de movimento fundamental (locomoção, manipulação e/ou controle de objetos e estabilidade) realizados numa sequência coordenada, ou seja, as habilidades motoras que são amplamente conhecidas (correr, lançar, rolar, etc.) [14,88]; o termo “competência motora”, foi usado a fim de retratar a capacidade de a criança executar diferentes atos motores, incluindo a proficiência em habilidades motoras fundamentais (que envolve precisão, controle e eficiência), necessárias para gerir as tarefas cotidianas e realizar atividades físicas mais complexas, como as recrutadas nos jogos e esportes, bem como a se obter também trajetórias positivas de saúde [14,26,28,97].

A primeira infância é um período crítico para o desenvolvimento motor da criança [52]. Durante os primeiros anos de vida, o cérebro da criança está se desenvolvendo rapidamente e o sistema nervoso central está amadurecendo [52,53]. A partir do nascimento, a criança começa a explorar o mundo ao seu redor através dos sentidos e do movimento, o que é essencial para a construção de habilidades motoras [52]. Fatores como a genética, o ambiente em que a criança vive, a nutrição, a prática de atividade física, o estímulo sensorial e a qualidade do sono podem influenciar diretamente nesta fase da vida [96,98,99]. À medida que a criança cresce e se desenvolve ela precisa de espaço seguro para brincar, uma vez que os padrões motores são mais influenciados pela instrução e encorajamento, fornecendo assim o desenvolvimento da proficiência motora em uma série de tarefas físicas e motoras [52].

A transição da primeira para a segunda infância é marcada por um acentuado crescimento físico, além de as crianças demonstrarem níveis variáveis de atividade física e de competência motora, as quais parecem estar fracamente relacionadas neste ponto do tempo de desenvolvimento [14,100]. Essa fraca relação pode ser decorrente das diferentes oportunidades de prática das crianças [96,101,102]. Diversos fatores podem influenciar diretamente a prática, incluindo: ambiente construído, estado socioeconômico, jogo ativo, transporte ativo, estratégias e investimentos governamentais direcionados para a promoção da atividade física na infância, influência dos pais, clima e presença de aulas de educação física estruturada [18,103,104]. Cabe aqui destacar que aulas de educação física estruturada, especialmente no Brasil, não são obrigatórias nos anos pré-escolares [85]. Este fato pode vir a ser um “problema” futuro no que tange da competência motora e prática de atividade física de crianças brasileiras [105]. Visto que as evidências indicam que o estímulo para a prática de atividade física nessa fase da vida proporciona mais oportunidades para promover o desenvolvimento físico (compreendido também como aptidão física) e neuromotor, o que por sua vez promove o desenvolvimento das habilidades motoras fundamentais [18,106].

Na segunda infância e também na infância tardia (popularmente conhecida como adolescência), a relação entre atividade física e a competência motora tende a se fortalecer em virtude do repertório motor e oportunidades de prática que as crianças adquirem [14,100]. Além disso, as habilidades motoras fundamentais das crianças melhoram à medida que o crescimento físico e o ambiente estão mudando [52]. Ou seja, a diversidade de práticas ao longo do tempo exige que o desenvolvimento seja flexível e adaptável [96,101]. Assim, as restrições individuais e ambientais que operavam durante a primeira infância, ao longo da segunda infância e adolescência poderá agravar-se e resultar numa relação mais forte entre a competência motora e a atividade física à medida que a criança perpassa cada uma dessas fases [26].

De modo geral, espera-se que o ambiente de aprendizagem (ou seja, o contexto em que a criança está inserida) ofereça condições básicas para o desenvolvimento e aprimoramento da competência motora, e que possibilite uma maior interação entre o indivíduo, o ambiente, bem como a tarefa a ser promovida [52]. Esses fatores podem influenciar o desenvolvimento da competência motora por meio de suas interações mútuas, embora alguns dos fatores possam ser mais importantes do que outros em determinado momento do processo de crescimento e desenvolvimento infantil [97].

Resultados de pesquisas prévias sugerem que o desenvolvimento e aprimoramento da competência motora ao longo da infância pode estar relacionada com variáveis biológicas/individuais (sexo, idade, indicadores de adiposidade, aptidão física), ambientais e comportamentais (escola, ambiente doméstico, locais para a prática de atividade física organizada, atividade física), cognitivos e psicológicos (habilidades cognitivas e competência motora percebida) e específicos da tarefa (tarefas individuais, em duplas, etc.) [25,38,45–47,49]. No entanto, as pesquisas retrataram os resultados de forma fragmentada, ou seja, repleta de resultados parciais e situações contraditórias, dificultando conclusões consensuais, e desconsideraram as interações múltiplas como uma alternativa válida e integrada de analisar e interpretar os achados [5,8].

A competência motora desempenha papel importante no crescimento e desenvolvimento infantil, dado que estudos têm mostrado que as crianças que não adquirem e desenvolvem as habilidades motoras básicas podem ter mais dificuldades em atividades físicas futuras e tendem a ser menos ativas fisicamente do que seus pares [98,100]. Níveis adequados de competência motora possibilita que as crianças participem de atividades típicas de sua idade e nível de desenvolvimento, assim como desenvolvam sequências de movimento mais especializadas e diversificados, como os exigidos em esporte específico (por exemplo, arremesso no handebol) e habilidades recrutadas em atividades físicas ao longo da vida (por exemplo, ciclismo e natação) [29,49,88,89,107]. Além disso, as crianças que apresentam bons níveis de competência motora, tendem a apresentar melhores funções executivas, se relacionam melhor com os pares, apresentam melhor desempenho no ambiente escolar (desempenho acadêmico), tem uma maior rede de interações sociais (amizade), são mais aptas e ativas fisicamente e apresentam status de peso corporal saudável [16,35,84,102,108].

Todavia, a prevalência de crianças classificadas como tendo baixa competência motora aumentou nos últimos anos [62,93,109]. A baixa competência motora pode estar associada a dificuldade das crianças se envolverem em atividades físicas, assim como ter um nível de confiança reduzido em sua capacidade de realizar atividades físicas, o que os desencoraja ainda

mais a praticar atividades físicas regulares, e resultar em uma série de resultados negativos para a saúde [26,28,100]. Tal cenário tem sido reportado em diversos países ao redor do mundo, visto que a prevalência de inatividade física infantil também é alta [62,103,109]. Atrélado a inatividade física e os baixos níveis de competência motora há o aumento da prevalência de sobrepeso e obesidade, assim como o acúmulo de fatores de risco relacionados à saúde (doenças cardiovasculares, diabetes, hipertensão arterial sistêmica, etc.) da população pediátrica [38,110].

Nesse sentido, é indispensável a necessidade de explorar as possíveis interações da competência motora com outras variáveis de saúde, como a atividade física, aptidão física, indicadores de adiposidade e habilidades cognitivas [16,56,108,111]. Isso porque em uma abordagem integrativa, essas variáveis podem afetar e serem afetadas pela competência motora da criança [5,26]. Em outras palavras, as interações entre a competência motora e correlatos que estiveram fortemente conectadas em um determinado ponto no processo de crescimento e desenvolvimento, podem se alterar em outros pontos, principalmente devido a sensibilidade das condições iniciais do sistema [5]. Além disso, é possível que existem diferenças individuais, intragrupos e entre os sexos nas diferentes faixas etárias ao longo do tempo de desenvolvimento nas interações dinâmicas entre competência motora e correlatos [101,112,113].

Nessa perspectiva, estudar os fatores associados a competência motora e suas interações dinâmicas e complexas ao longo da infância, é importante para que os professores e profissionais de saúde possam através dos resultados, desenvolver programas de treinamento e intervenções que visem melhorar as habilidades motoras fundamentais, a saúde e a qualidade de vida das crianças.

5.5 Atividade Física

Atividade física é conceituada como qualquer atividade corporal voluntária com envolvimento da musculatura esquelética e que resulte em gasto de energia acima do metabolismo de repouso [114–116]. A atividade física é um comportamento que ocorre consoante o contexto cultural específico onde as crianças são criadas, além de apresentar importantes implicações biológicas/individuais (sexo, idade, indicadores de adiposidade, competência motora e aptidão física) e cognitivas (funções executivas) que carecem de ser investigadas de forma integrada [40,116–118].

Estudos sobre a importância da prática regular de atividade física como fator de promoção à saúde são bem consolidados na literatura [40,103,116,119–121], porém a prevalência de baixos níveis de atividade física está elevada em todas as idades [122]. Segundo a OMS, em 2020, mais de 80% da população adolescente mundial não é suficientemente ativa [114]. Em estudo de escala global, Guthold et al. [118] apontam que mais de 81% dos adolescentes (77,6% do sexo masculino e 84,7% do sexo feminino) não atendem as recomendações de exercícios aeróbicos, conforme descrito nas Recomendações Globais de Atividade Física para a Saúde de 2010 [123]. Embora a prevalência de atividade física insuficiente tenha diminuído significativamente entre os anos de 2001 e 2016 para os jovens do sexo masculino, não houve mudança significativa para o sexo feminino [124]. Assim, a falta de atividade física é um fator de risco importante e bem reconhecido para doenças não transmissíveis ao longo da vida, e a prática de atividade física regular é um componente crítico para a promoção e manutenção da saúde e do bem-estar físico e mental [103,114,118].

Em países desenvolvidos, a prevalência de inatividade física na infância e adolescência é relativamente alta [121,122,125]. De acordo com Gu et al. [126] mais de 70% das crianças na faixa etária de 6 a 11 anos não atendem as recomendações de atividade física nos Estados Unidos. Similarmente, Zhu et al. [127] conduziram uma pesquisa de delineamento transversal no ano de 2017, a fim de mensurar a prevalência de atividade física da população pediátrica na China. Os autores verificaram que dentre os 131.859 alunos (de sete a 19 anos), apenas 34,1% de crianças e adolescentes atendiam as recomendações de atividade física, salientando a relevância e urgência desses resultados negativos para o público investigado [127].

No Brasil, as prevalências de inatividade física variam de acordo com os estudos, com os procedimentos metodológicos utilizados e regiões/estados investigados [128]. Resultados do Boletim de Atividade Física para crianças e adolescentes, indicam uma prevalência de 31,1% (em 2018) e 34 a 39% (em 2022) de crianças e adolescentes que atenderam às recomendações de atividade física de moderada a vigorosa intensidade (AFMV), ou seja, crianças e adolescentes que acumulam pelo menos 60 minutos de AFMV por dia [128,129]. O estudo de tendências temporais de atividade física e comportamento sedentário de estudantes brasileiros, realizado por Martins et al. [130], revelou que apenas de 5% a 7% dos adolescentes (com idade de 11 a 19 anos) eram ativos e não sedentários nas três pesquisas realizadas em diferentes anos (2009, 2012 e 2015). Em outro estudo, conduzido por Araújo et al. [131] revelou que ao comparar os dados ano a ano, o nível de atividade física não alterou significativamente entre as crianças de sete a 10 anos; porém, aos 10 anos foi observada uma redução significativa na atividade física, que continuaram diminuído até aos 12 anos. De forma geral, podem ser

consideradas altas as prevalências de inatividade física na população pediátrica brasileira, e falta de padronização dos instrumentos para avaliar os níveis de atividade física, bem como a pouca representatividade de outras regiões brasileiras podem ser consideradas como lacunas importantes de investigação [129,130,132].

A recente diretriz sobre atividade física e comportamento sedentário da OMS (2020), preconiza que para todas as populações e estratos etários, fazer alguma atividade física é melhor do que não fazer nenhuma, porém, mais atividade é melhor para obtenção de resultados ideais em termos de saúde [114]. Além disso, a diretriz refere a importância da participação das crianças e adolescentes (entre seis e 17 anos de idade) em atividades físicas (frequência de cinco dias por semana como critério mínimo) com média de 60 minutos diários em intensidade moderada a vigorosa, incluindo exercícios aeróbicos [114]. Ademais, as recomendações sugerem que o tempo de exposição à tela não deve exceder duas horas por dia; e atividades que fortaleçam os ossos (como correr ou pular) três dias por semana devem ser estimuladas [114]. Todas as atividades podem ser na forma de brincadeiras, jogos, esportes, trabalho, transporte, recreação, educação física ou exercícios físicos, atividades de força, e devem estar adequadas ao estágio de desenvolvimento dos sujeitos [114].

No Brasil, o Ministério da Saúde (2021), em parceria com vários pesquisadores da área da atividade física elaboraram o Guia de Atividade Física para a População Brasileira [133]. No guia, são detalhadas as informações acerca do entendimento da atividade física, exemplificando as intensidades (leve, moderada, vigorosa), além de detalhar as recomendações da prática regular de atividade física para crianças, adolescentes, adultos, idosos, gestantes, pessoas com deficiência, bem como boas práticas na educação física escolar [133].

Incentivar e promover a prática de atividade física regular ao longo da infância pode ser uma estratégia eficaz no combate a esta epidemia global [122,134]. O estímulo a prática regular de atividade física na infância tende a se manter ao longo de toda a vida, ou seja, crianças ativas e engajadas em atividades físicas têm maior probabilidade de continuarem ativas à medida que envelhecem [19,116]. A assistência a essa fase da vida foi identificada como fator influente para a futura prática de atividade física das crianças, dado que, os hábitos da atividade física regular são melhor formados e mantidos se iniciados nos primeiros anos da infância [19]. Deste modo, destaca-se a importância em oferecer para as crianças oportunidades de envolvimento com uma grande variedade de movimentos desde a mais tenra idade [116,120,135].

Algumas características individuais como sexo, idade, escolaridade, competência motora, aptidão física, condições socioeconômicas e habilidades cognitivas têm sido estudadas em uma intensa tentativa de evidenciar aspectos associados a estilos de vida ativos na infância

[14,126,127,132,134,136]. Não há dúvidas de que essas características individuais (compreendidas nesta tese como variáveis) são relevantes para uma melhor compreensão dos fatores associados a prática de atividade física neste período da vida [19]. Todavia, os aspectos relacionados ao comportamento e expressividade dessas variáveis ao longo do tempo ainda são escassas e parecem estar fortemente relacionadas a melhores tomadas de decisão na área da saúde, especificamente por parte dos profissionais de Educação Física, mas também por parte dos familiares e a escola [133].

Encorajar as crianças para a prática regular de atividade física ao longo da infância pode atuar como mecanismo primário dessas mudanças e ocasionalmente estimular a se tornarem adultos mais ativos [137]. Desse modo, faz-se necessário considerar que a oportunidade de vivências variadas de prática de atividade física na infância pode proporcionar às crianças um estilo de vida saudável [126,137,138].

Dentre os locais destinados para a prática de atividade física, destaca-se o ambiente escolar como um espaço importante e privilegiado para a promoção da atividade física entre crianças e adolescentes [138,139]. Embora as crianças passem a maior parte do tempo fora da escola, as escolas ainda são o ambiente ideal para promoção de bons hábitos, diminuir o comportamento sedentário e promover a atividade física, pois as crianças passam em média de quatro a cinco horas do dia dentro da escola, por pelo menos cinco dias na semana [18,137,139]. Desse modo, algumas pesquisas apontam para a importância do ambiente em que a criança está inserida, bem como das aulas de Educação Física nos anos iniciais escolares como sendo componentes essenciais na geração de um ciclo comportamental virtuoso e de maior aderência à prática de atividade física nos anos posteriores [18,117].

Assim, dadas as dificuldades e limitações na mensuração da atividade física, torna-se necessário o acompanhamento dessa variável em crianças, a vistas de fornecer evidências de como a atividade física se altera ao longo do tempo de crescimento e desenvolvimento, especialmente à luz de um olhar mais integrador. Isso possibilitará uma compreensão mais completa dos fatores associados à atividade física em crianças e ajudar a identificar intervenções eficazes para aumentar os níveis e promover estilos de vida saudáveis.

5.6 Aptidão Física

Conceitualmente, a aptidão física é definida como a capacidade de o indivíduo estar apto para todas as suas necessidades do ponto de vista biológico, psicológico ou social, de modo a

realizar as tarefas diárias com vigor e disposição, com a ausência de excessiva fadiga e despendendo ampla energia para aproveitar o tempo livre [115,140]. De acordo com Caspersen, Powell e Christenson [115], a aptidão física é um termo global e envolve um conjunto de atributos que incluem composição corporal, aptidão cardiorrespiratória, aptidão musculoesquelética (força muscular e resistência), flexibilidade, agilidade, velocidade, dentre outros. Assim, a aptidão física é categorizada em aptidão física relacionada à saúde (associada com resultados e/ou marcadores de saúde) e aptidão física relacionada ao desempenho e/ou performance (também associada com desempenho atlético/esportivo) [115,141].

A aptidão física pode ser pensada como uma medida integrada da maioria, se não de todas, as funções corporais envolvidas na realização de atividade física diária e/ou exercício físico [141]. Esta é a razão pela qual a aptidão física é hoje considerada um dos mais importantes marcadores de saúde, bem como um preditor de morbidade e mortalidade por doenças cardiovasculares e por todas as causas [141,142]. O desenvolvimento da aptidão física fornece subsídios para melhoria do estado de saúde na infância, adolescência e vida adulta e na velhice [143].

Apesar das tendências naturais, as crianças tornaram-se menos aptas fisicamente nas últimas décadas [59,144]. Estudos observacionais em crianças e adolescentes, mostraram que as taxas de obesidade aumentaram enquanto que os níveis de aptidão física diminuíram, observando associações inversas entre as componentes da aptidão física e adiposidade [145,146]. Dados de pesquisas brasileiras apontaram uma prevalência de cerca de 40% das crianças com desempenho na aptidão física considerado fraco ou regular entre 2004 e 2015 [147,148]. Na revisão sistemática conduzida por Pedretti et al. [149], os autores reportaram que cerca de 27-30% das crianças e adolescentes estão na zona de risco à saúde para o IMC, 70% apresentam baixos níveis de aptidão cardiorrespiratória, e 50 e 60% para flexibilidade e força e resistência muscular, respectivamente. Em outra recente revisão sistemática realizada por Silva Junior et al. [150], os autores observaram que menos da metade das crianças e adolescentes brasileiras de ambos os sexos possuem resistência muscular abdominal adequada para a saúde, com as meninas apresentando valores ligeiramente inferiores aos meninos.

O atual cenário que engloba os baixos níveis de aptidão física em crianças e adolescentes no Brasil, pode ser atribuído a diversas mudanças no estilo de vida das crianças [147–150]. Dentre estas mudanças, pode-se considerar o aumento do sedentarismo, resultante de hábitos como o uso excessivo de dispositivos eletrônicos, a falta de incentivo e educação sobre a importância da atividade física e a baixa disponibilidade de programas de atividade física adequados para essas faixas etárias em escolas e comunidades tem contribuído para a

diminuição da atividade física e conseqüentemente, para a diminuição da aptidão física [109,151,152].

A infância e a adolescência são períodos cruciais da vida, uma vez que mudanças fisiológicas e psicológicas ocorrem nessas idades [40]. A própria natureza da criança aponta para brincadeiras ativas [18]. Caso as alternativas sedentárias não estejam disponíveis (como celular, vídeo games, televisão, etc.), a maioria das crianças irá brincar ou inventar maneiras ativas de passar o tempo que envolvam a prática da atividade física [133,151]. Essas formas de brincar podem proporcionar um grande volume de atividades que envolvem uma grande variedade de movimentos e muitos grupos musculares, o que promove o desenvolvimento da aptidão cardiorrespiratória, força muscular, resistência muscular, velocidade, potência e flexibilidade, dentre outros [72,141,153]. Assim, o estilo de vida e os comportamentos ativos e saudáveis/não saudáveis podem ser estabelecidos durante a infância, e assim influenciar no estado de saúde na vida adulta [141,144].

Além da forte relação com a atividade física, a aptidão física tende a interagir com outras variáveis biológicas (sexo, indicadores de adiposidade, competência motora) e cognitivas e psicológicas (funções executivas, competência motora percebida), e essas interações mútuas podem influenciar no processo de crescimento e desenvolvimento infantil [43,154–160]. Assim, essas interações dinâmicas e complexas que ocorrem à medida que a criança cresce e desenvolve podem apresentar comportamentos não previstos, ou seja, emergentes, e assim contribuir para o desenvolvimento de uma personalidade única e saudável (ou não), nos domínios físico, motor, cognitivo e social [12,21].

Nesse sentido, é importante avaliar a aptidão física de crianças e adolescentes para garantir que eles estejam saudáveis e preparados para realizar atividades físicas, esportivas e outras atividades que exijam esforço físico tanto na infância quanto na vida adulta [141]. A avaliação das componentes da aptidão física ocorre geralmente através de baterias de testes como FITNESSGRAM® [161], EuroFit [162], AAHPERHD [163] e PROESP-BR [164], dentre outras, que são recorrentemente utilizadas em pesquisas nacionais e internacionais [149,165–167]. Em comum, essas baterias permitem a avaliação de componentes da aptidão física e, assim, revelar o quadro atual da aptidão física das crianças e assim elaborar estratégias de enfrentamento aos baixos índices ao longo da infância [161–164].

Em síntese, faz-se necessário o entendimento de como a aptidão física se relaciona com outros mecanismos do crescimento e desenvolvimento, para que assim sejam elaboradas e pensadas políticas de promoção da saúde que possam abordar as barreiras à atividade física, como o acesso a instalações esportivas seguras e acessíveis, e promover mais atividade física e

consequentemente a aptidão física, fora do horário escolar. Além disso, devem buscar aumentar o conhecimento e a conscientização sobre a importância da aptidão física e seus benefícios positivos para a saúde, e ser adaptadas às necessidades específicas da população pediátrica a ser investigada.

5.7 Competência Motora Percebida

Durante o processo de crescimento e desenvolvimento humano, o ambiente é estabelecido como um componente vital na relação entre o sujeito e a sua percepção de competência [17,168]. Esta relação é formada por diferentes fatores, que incluem interação social, idade e sexo [169]. A qualidade da interação da criança com o meio (ambiente) pode proporcionar à mesma a obtenção de autonomia e autoconfiança em suas habilidades [17,169]. Sentir-se competente e capaz de realizar, resolver ou avaliar determinadas tarefas são características psicológicas que estão diretamente relacionados com a autopercepção de competência ou competência percebida [168–170].

Nessa perspectiva, a competência percebida passa a ser um indicador valioso do “eu”, especialmente na infância, sendo este “eu” na infância o produto de processos que envolvem a interação entre as características da criança e do ambiente, no qual interagem ativamente ao longo do ciclo de vida [171–174]. Naturalmente as crianças se descrevem e, ou se percebem através de parâmetros de julgamento que estão associados as suas próprias habilidades (físicas, motoras, cognitivas e sociais) [170,171,175].

A competência motora percebida é uma variável psicológica que reflete o julgamento de crianças e adolescentes sobre suas próprias capacidades de mobilizar recursos para realizar com proficiência ou não uma habilidade motora e/ou tarefa motora [171,176]. À medida que as crianças experimentam sucesso nas tarefas que se propõem executar, elas tendem a se perceber mais competentes e, consequentemente, apresentar níveis mais altos de competência motora percebida [14].

A manutenção deste ciclo de engajamento positivo pode fortalecer o desenvolvimento de outras construções psicológicas, tais como autonomia, autoconfiança e autoestima [14,177]. Além disso, o sentimento de competência e/ou ser competente, contribui para aumentar a motivação intrínseca da criança, fazendo com que ela se envolva em atividades cada vez mais desafiadoras [14,58]. Em contrapartida, quando as crianças têm percepções negativas sobre sua competência, elas tendem a evitar experiências desafiadoras e, por conseguinte, apresentar

níveis mais baixos de competência motora percebida [17]. Cabe destacar que, em ambas as situações, a competência motora percebida pode impactar significativamente os níveis de competência motora real, assim como os componentes deste sistema, pois a forma como uma criança percebe sua própria competência motora pode ter um impacto significativo em como ela se comporta em atividades motoras e físicas [168,169].

Assim, surge a necessidade de analisar e acompanhar a competência motora percebida, uma vez que esse correlato pode ser entendido como um fenômeno multidimensional e complexo, e parece influenciar a motivação para a prática de atividade física, bem como a manutenção dessa prática ao longo da infância e vida adulta [5,178,179]. Em uma ampla visão sobre esse constructo, denota-se que as interações da competência motora percebida com outras variáveis biológicas, comportamentais e cognitivas, formam conjuntamente um sistema complexo, com componentes adaptáveis, de diversos níveis e relações interconectadas que interagem de forma sinérgica e cooperativa [5]. Essas interações produzem uma grande variação de resultados que não podem ser explicados apenas por uma perspectiva linear pré-determinada ou por apenas um mecanismo [5].

Ao observar competência motora percebida numa abordagem de desenvolvimento, um ponto chave que deve ser considerado diz respeito em como o conceito desse constructo pode mudar com a idade das crianças [17,58,173]. As crianças mais novas (de dois a cinco anos), apresentam uma tendência de ter percepções menos realistas e de superestimar suas habilidades [170,173]. Em outras palavras, as crianças não apresentam uma competência motora percebida que condiz com a sua competência motora real [175]. Isto acontece devido à falta de maturidade cognitiva das crianças para compreender que elas possuem características opostas [176]. Entretanto, parece benéfico a superestimação das habilidades, uma vez que as crianças que apresentam escores mais altos de competência motora percebida nas tarefas, mesmo que não o seja, pode contribuir para a criança persistir e desenvolver novas habilidades [17,178].

Entre crianças de seis e sete anos, acaba sendo uma fase crítica no processo de desenvolvimento, pois as crianças ainda não apresentam uma competência motora percebida condizente com a sua competência motora real, de modo que a sua competência motora percebida pode ser superestimada ou subestimada [168,173,178]. Em outros termos, as crianças ainda não compreendem que elas podem se avaliar como boas em algumas habilidades e más em outras [168,169]. Aqui, as limitações cognitivas ainda impedem as crianças de utilizar significativamente as informações adquiridas da comparação social para construir sua competência motora percebida, o que pode conduzir a resultados negativos ao longo da infância [169]. Isto significa que a superestimação da competência motora percebida pode gerar nas

crianças expectativas irrealistas, enquanto a subestimação da competência motora pode conduzir a uma baixa expectativa para persistir em tarefas cotidianas e motoras futuramente [168].

À medida que as crianças avançam no processo de desenvolvimento, incorporam uma perspectiva psicológica mais abstrata em suas descrições e começam a priorizar a comparação com os colegas [179]. A partir dos oito anos de idade, emerge novas aquisições cognitivas que permitem à criança relacionar conjuntos de percepções a fim de mapear as representações que anteriormente a esse estágio eram sobrepostas [173,177]. A partir dessa faixa etária, as crianças tendem a fazer julgamentos mais realistas e relevantes sobre suas habilidades em diferentes domínios, especialmente quando adentram a fase da adolescência, em que o mecanismo da autopercepção se torna mais relevante para sua auto avaliação [168,179]. Assim, com avançar da idade, não é apenas as habilidades cognitivas das crianças que mudarão, mas também todo o significado de que as crianças têm para definir as diferentes construções psicológicas [17].

Nessa perspectiva, determinados fatores (internos e externos) podem influenciar a construção e o fortalecimento da competência motora percebida ao longo da infância e adolescência [168]. Os fatores externos incluem os pais, professores, vizinhança, colegas e amigos próximos [170]. Já os fatores internos, compreendem o estágio de desenvolvimento da criança, a orientação motivacional e as relações afetivas perante aos resultados da prática e persistência em resposta às dificuldades da tarefa [168,170,176]. Assim, ambos os fatores contribuem para a construção cognitiva/psicológica da competência motora percebida [17,176].

Alguns perfis de competência motora percebida foram traçados em pesquisas longitudinais e transversais, dos quais revelaram que as crianças e adolescentes que tiveram alta competência motora percebida tendem a ter uma maior participação em atividades físicas, apresentar bons níveis de aptidão física e menor composição corporal em comparação com seus pares que apresentaram níveis médios a baixo de competência motora percebida [37,57,58].

Em resumo, pesquisas futuras podem elucidar melhor os mecanismos por trás do desenvolvimento da competência motora percebida em crianças, bem como em estudos de acompanhamento que permitem traçar as mudanças ao longo do tempo de desenvolvimento.

5.8 Habilidades Cognitivas

As habilidades cognitivas, referem-se a um conjunto de habilidades que fundamentam a capacidade de planejar com antecedência e cumprir metas, ter autocontrole e manter o foco

apesar das distrações [180]. Também conhecidas como funções executivas, controle executivo ou controle cognitivo, referem-se a uma família de processos mentais que são necessários nos diversos contextos, como quando uma pessoa precisa se concentrar em uma tarefa “x” e prestar atenção ao mesmo tempo em uma tarefa “y”; quando é necessário decidir entre continuar a realizar as tarefas de modo automático ou simplesmente ter de confiar no instinto, ou mesmo na intuição quando o mesmo seja imprudente, insuficiente ou impossível (inibir determinados comportamentos) [15].

Dentre os processos de controle neurocognitivo do sistema “top-down”, em tradução literal “de cima para baixo”, que parte do conjunto de processos mentais para o comportamento, enquadram-se as funções executivas, sendo estas relacionadas ao comportamento orientado a objetivos [15]. As funções executivas “frias” são geralmente elucidadas sob condições descontextualizadas e que contenham condutas afetivamente neutras, como em tarefas que requerem interferência inibitória – exemplo, pegar ou não uma bola lançada por um colega; ao manipular ideias/informações na mente – exemplo, realizar uma operação matemática mentalmente enquanto caminha; e ao alterar flexivelmente as estratégias cognitivas na execução da tarefa, ou seja, que permite pensar em outras opções quando o plano inicial é alterado de forma inesperada – exemplo, quando ao rebater uma bola em direção a um alvo, a mesma acerta fortemente no corpo de um colega de classe, as medidas sequenciais pode ser um pedido de desculpas (alegando que não fora intencional), ou simplesmente continuar a tarefa normalmente, tentando acertar o alvo [181,182]. Enquanto as funções executivas “quentes” são executadas em contextos afetivamente envolventes ou sob pressão emocional, como quando é necessário lidar com tarefas que envolvem tomar uma decisão arriscada como ganhar muito ou perder tudo [15].

As funções executivas envolvem vários processos cognitivos complexos, e suas interações dependem substancialmente dos estímulos oferecidos e desafios colocados na trajetória de desenvolvimento da criança [63,183,184]. O período da infância pode ser considerado um momento crítico para o desenvolvimento e aprimoramento das funções executivas, que são um conjunto de habilidades cognitivas importantes para a regulação do comportamento e a tomada de decisões [185]. Durante a infância, o cérebro passa por um processo de desenvolvimento acelerado, com o estabelecimento de conexões neurais e o fortalecimento de sinapses [182]. As funções executivas, que incluem habilidades como a memória de trabalho, a atenção e o controle inibitório, dependem da maturação de áreas específicas do cérebro, como o córtex pré-frontal e o sistema límbico [64,182].

De acordo com Diamond e Ling [39], as funções executivas centrais (ou principais) são compostas por três construtos. O primeiro construto é a memória de trabalho, também conhecida como memória operacional, é um sistema cognitivo que permite as pessoas processar e manipular informações temporariamente armazenadas para a execução de tarefas cognitivas complexas [15,63,182,186].

O controle inibitório, segundo construto, é a capacidade do cérebro de inibir ou controlar respostas impulsivas e automáticas, e está relacionado, por exemplo, com o fato de se manter realizando determinada tarefa mesmo quando a vontade é de fazer outra coisa [15]. A inibição é uma função cognitiva crucial para tomada de decisões e comportamento adaptativo em situações sociais e emocionais complexas [15,187]. São alguns exemplos de controle inibitório: quando uma pessoa resiste à tentação de comer um pedaço de bolo, mesmo quando ela está ou não seguindo uma dieta restrita; não responder a um estímulo irrelevante enquanto executa uma tarefa; e, não interromper uma conversa quando a outra pessoa está falando [181,188].

A flexibilidade cognitiva, último construto das funções executivas centrais, se refere à capacidade de adaptar o comportamento e as estratégias cognitivas diante de novas situações ou mudanças nos objetivos [15,189]. É a habilidade de mudar de foco ou de tarefa de forma rápida e eficiente [189]. Além disso, inclui “pensar fora da caixa” e analisar situações sob diferentes perspectivas, e assim, crianças com maior flexibilidade cognitiva tendem a apresentar várias alternativas para solucionar um determinado problema, o que pode ser essencial por exemplo, no desenvolvimento e aprimoramento de tarefas físicas e motoras [15,67,188].

Estudos mostraram que intervenções que visam melhorar as funções executivas ao longo da infância, como programas de treinamento cognitivo e atividades físicas e motoras regulares, podem ter impactos positivos no desempenho acadêmico, no comportamento social, emocional e na saúde geral da criança [190,191]. Além disso, o desenvolvimento saudável das funções executivas na infância pode ter efeitos de longo prazo na vida adulta, incluindo a capacidade de lidar com o estresse e tomar decisões mais acertadas [39,181,184].

Apesar de funcionarem de forma integrada, cada uma das funções executivas centrais começa a ser desenvolvida em momentos diferentes do desenvolvimento humano [185,188]. De modo geral, esse desenvolvimento começa a ocorrer logo após o nascimento e continua ao longo da infância e adolescência, tende a se estabilizar na vida adulta e vir a declinar na velhice [15]. Assim, nos últimos anos, pesquisadores ao redor do mundo buscaram compreender como as funções executivas geralmente estão interligadas ao desempenho das crianças diante dos desafios expostos em cada tarefa (física, motora, social e emocional) [15,159,180,183,185,188,192].

Sabendo disso, é importante ressaltar que os comportamentos das crianças podem estar diretamente associados ao desenvolvimento de habilidades cognitivas, pois a maneira como a criança pratica o que sabe e exerce suas competências e habilidades, diz muito sobre a forma adotada pela criança quanto a aquisição de tais conhecimentos [181]. Nessa perspectiva, é importante lembrar que o desenvolvimento das habilidades cognitivas é um processo gradual e que as habilidades continuam a se aprimorar ao longo da vida, com a experiência e a prática, sendo fundamental para garantir hábitos saudáveis e qualidade de vida dos indivíduos [15].

Evidências têm reportado o papel preditivo da competência motora em trajetórias positivas de desenvolvimento físico e cognitivo ao longo da infância [26,67,68,127,180,193]. Parece que o ambiente em que a criança está inserida tem papel primordial nesta relação [185,188,194]. Em âmbito escolar, por exemplo, a criança pode buscar e utilizar os recursos motores e cognitivos que geralmente são recrutados nas aulas de Educação Física, no recreio e/ou mesmo em atividades físicas realizadas no contra turno escolar [194]. O que pode potencializar a relação da competência motora como preditora dos processos cognitivos, são os estímulos presentes no ambiente enriquecido com atividades físicas desafiadoras, que tenha um envolvimento motivacional e que provoque um engajamento emocional nessas crianças [68,192]. Além disso, as atividades desafiadoras possibilitam as crianças alocar maiores recursos atencionais para o ambiente e processar informações percebidas mais rapidamente [181].

Nessa perspectiva, a prática de atividade física e concomitante a aptidão física, especialmente os níveis de aptidão aeróbica, podem beneficiar processos cognitivos subjacentes ao controle cognitivo na infância, como a melhora do controle inibitório e da memória de trabalho [158,181,182]. Além disso, estudos demonstraram associações entre atividade física, aptidão física, funções executivas e composição corporal de crianças [195]. Assim, ao analisar as associações de variáveis de saúde, comportamentais, biológicas e habilidades cognitivas na infância, pode-se inferir que são relações complexas na perspectiva do crescimento e desenvolvimento [5,6].

Até onde sabemos, não há estudos que tenham examinado as interações entre variáveis biológicas, comportamentais e cognitivas em crianças brasileiras, especialmente na segunda infância. Esta informação será valiosa do ponto de vista teórico e prático, pois poderá contribuir para uma melhor compreensão das associações dinâmicas entre o desenvolvimento físico, motor e cognitivo, o que pode beneficiar estudos de intervenção que visem melhorias na qualidade de vida nesta fase da vida.

5.9 Indicadores de Adiposidade

Nos últimos anos as atenções e o foco dos estudos e dos órgãos de saúde têm se concentrado na população pediátrica, visto que evidências recentes apontaram relações existentes entre piores indicadores de adiposidade infantil (neste caso a obesidade) e a persistência desses indicadores na vida adulta [196,197]. Os indicadores de adiposidade mais comumente investigados na infância são: o IMC que possibilita a estimativa do estado nutricional, e a partir dele é possível observar o excesso de peso; o segundo é o percentual de gordura corporal (PGC), obtido através da mensuração de dobras subcutâneas; e o terceiro indicador de saúde recorrentemente adotado é a relação cintura-estatura (RCE), que possibilita mensurar o acúmulo de gordura na região abdominal e já é um conhecido indicador de risco doenças cardiovasculares [198–201].

Cada vez mais torna-se preocupante o aumento da prevalência de excesso de peso na infância, e tal cenário passa a ganhar posição de destaque, dado aos quadros negativos dos indicadores de adiposidade, que associados as morbidades têm sido cada vez mais recorrentes na população pediátrica [197,202]. Os fatores de risco relacionados às doenças crônicas (diabetes mellitus tipo II, hipertensão, hipercolesterolemia, doenças cardiovasculares e câncer), que anteriormente eram vistas apenas em adultos estão sendo cada vez mais reconhecidos em crianças e adolescentes com excesso de peso [197].

Evidências indicam que o excesso de peso na infância e adolescência apresentou aumento nas últimas décadas, e desde então tornou-se grande problema de saúde pública em diversos países ao redor do mundo - Estados Unidos, China, Austrália, Índia, Japão, Brasil [202–205]. Dados da prevalência mundial de obesidade infantil entre 1975 até 2016 apontaram o aumento de 0,70% para 5,60% em meninos e de 0,90% para 7,80% para as meninas [118,197,204]. Mais de 340 milhões de crianças e adolescentes com idade entre cinco e 19 anos estavam com sobrepeso ou obesos em 2016 [118].

Nos Estados Unidos, a prevalência de crianças com excesso de peso, entre 2013 e 2014, ultrapassava os 4,5 milhões, sendo 33,40% das crianças com sobrepeso, 17,4% com obesidade classe I, 6,30% obesidade classe II e 2,40% obesidade classe III [206]. Além disso, os aumentos da prevalência de excesso de peso nos Estados Unidos ocorrem com o avançar da idade: cerca de 22,80% das crianças em idade pré-escolar (dois a cinco anos), 34,20% em idade escolar (seis aos 11 anos), e 34,50% dos adolescentes (12 a 19 anos) são acometidos com excesso de peso ou obesidade [206]. Na China os valores da prevalência de sobrepeso e obesidade de crianças

e adolescentes eram de 15,80% em 2018 [207]. No Brasil, dados da Pesquisa Nacional em Saúde (2019) apontaram que 19,40% dos adolescentes na faixa etária entre 15 e 17 anos estavam com excesso de peso [208]. Os resultados ainda apontaram que o problema foi mais prevalente no sexo feminino (22,90%) em comparação com o sexo masculino (16%) [208]. Para as crianças compreendidas na faixa etária entre cinco e nove anos, dados do Ministério da Saúde e a Organização Panamericana da Saúde apontam que 13,20% têm obesidade [208].

Perante a esse cenário, algumas condições tendem a contribuir substancialmente para que o ambiente se torne cada vez mais obesogênico (que são os responsáveis por contribuir no ganho de peso sem que o indivíduo tenha consciência de que está engordando) e assim contribuir para piores quadros de saúde [197,202,204,209]. Dentre essas condições destaca-se a modernização das grandes metrópoles, insegurança na vizinhança, aumento expressivo no tempo de tela (aparelhos eletrônicos como celulares, tablets, computadores, videogames e televisão), duração inadequada do sono, inatividade física, baixos níveis de aptidão física, competência motora e habilidades cognitivas, hábitos nutricionais inadequados, redução do transporte ativo, ingestão calórica excessiva e baixas condições socioeconômicas que podem afetar diretamente na equação de balanço de energia [197–199,203,209].

Mapear e determinar precocemente as condições de excesso de peso em crianças também pode ajudar a identificar quais indivíduos têm maior probabilidade de apresentar quadros negativos dos indicadores de adiposidade na idade adulta [197]. Nessa perspectiva, um dos marcos na vida da criança consiste na inserção no ambiente escolar [204]. Com a inserção da criança no ambiente escolar, algumas características (como a nutrição e prática de atividade física) sofrem alterações e podem influenciar o crescimento e desenvolvimento [19,204].

A escola é considerada um local importante onde esse trabalho de prevenção ao excesso de peso pode ser realizado, através de atividades interdisciplinares que foquem nos conhecimentos sobre saúde, com estímulos para a prática de atividades físicas dentro e fora da escola e melhoria dos hábitos alimentares [138]. O ambiente escolar é a porta de entrada para estímulos que visam o aumento da atividade física na vida diária e exercício físico no dia a dia de uma criança e, por isso, cabe ao professor de Educação Física a responsabilidade de além de apresentar os fundamentos esportivos a uma criança ou adolescente, propiciar atividades que promovam o desenvolvimento das habilidades motoras (consequentemente aumentando o repertório motor), além de mostrar a importância da atividade física como uma forma de prevenção da obesidade e de outras doenças, assim como a promoção da saúde [14,28,77,210,211].

Até onde se sabe, os indicadores de adiposidade interagem favoravelmente com variáveis biológicas, comportamentais e cognitivas, e assim piores níveis desses indicadores podem ser um indicativo de problemas futuros associados à saúde [158,194,210,212–214]. Nesse sentido, um dos maiores desafios em manter um estilo de vida saudável e manter níveis adequados dos indicadores de adiposidade ao longo da infância, é traduzir o conhecimento acerca da complexidade desses indicadores e das interações com outras variáveis do crescimento e desenvolvimento para os profissionais da saúde e cuidadores, assim como buscar compreender como essas interações acontecem em meninos e meninas, de diferentes idades.

Em síntese, na presente tese, as informações obtidas acerca das interações entre as variáveis analisadas podem ajudar os profissionais de saúde a fornecer orientações e intervenções mais eficazes para melhorar a saúde física, mental e a qualidade de vida das crianças.

REFERÊNCIAS

1. Lerner, R.M. *HANDBOOK OF CHILD PSYCHOLOGY*; Damon, W., Lerner, R.M., Eds.; 6th ed.; 2006; Vol. 1;
2. Luke, D.A.; Harris, J.K. Network Analysis in Public Health: History, Methods, and Applications. *Annu Rev Public Health* **2007**, *28*, 69–93, doi:10.1146/annurev.publhealth.28.021406.144132.
3. Martins, C.M. de L.; Bandeira, P.F.R.; Lemos, N.B.A.G.; Bezerra, T.A.; Clark, C.C.T.; Mota, J.; Duncan, M.J. A Network Perspective on the Relationship between Screen Time, Executive Function, and Fundamental Motor Skills among Preschoolers. *Int J Environ Res Public Health* **2020**, *17*, 1–12, doi:10.3390/ijerph17238861.
4. Souza, A.R.; Bandeira, P.F.R.; da Silva, M.A.C.; da Cunha, G.L.; Pereira, D.F.; Martins, C. Twenty-Four-Hour Movement Behaviors, Fitness, and Adiposity in Preschoolers: A Network Analysis. *Obesities* **2023**, *3*, 36–45, doi:10.3390/obesities3010004.
5. Sturmburg, J.P.; Martin, C.M. *Handbook of Systems and Complexity in Health*; Springer New York, 2013; ISBN 9781461449980.
6. Quixadá, A.P.; Barbosa, E.C.C.; Miranda, J.G.V. *Introdução à Complexidade Do Movimento Humano*; 2020; ISBN 9786556300498.
7. Zhang, Z.K.; Liu, C.; Zhan, X.X.; Lu, X.; Zhang, C.X.; Zhang, Y.C. Dynamics of Information Diffusion and Its Applications on Complex Networks. *Phys Rep* **2016**, *651*, 1–34, doi:10.1016/j.physrep.2016.07.002.
8. Capra, F. *A TEIA DA VIDA: UMA NOVA COMPREENSÃO CIENTÍFICA DOS SISTEMAS VIVOS*; 2012; ISBN 9788531605567.
9. Sammut-Bonnici, T. Complex Adaptive Systems. *Wiley Encyclopedia of Management* **2015**, 1–3, doi:10.1002/9781118785317.weom120209.
10. Hayes, A.M.; Andrews, L.A. A Complex Systems Approach to the Study of Change in Psychotherapy. *BMC Med* **2020**, *18*, doi:10.1186/s12916-020-01662-2.
11. Pei, S.; Wang, J.; Morone, F.; Makse, H.A. Influencer Identification in Dynamical Complex Systems. *J Complex Netw* **2020**, *8*, 1–38, doi:10.1093/comnet/cnz029.
12. Cramer, A.O.J.; Waldorp, L.J.; Van Der Maas, H.L.J.; Borsboom, D. Comorbidity: A Network Perspective. *Behavioral and Brain Sciences* **2010**, *33*, 137–150, doi:10.1017/S0140525X09991567.
13. Bartsch, R.P.; Liu, K.K.L.; Bashan, A.; Ivanov, P.C. Network Physiology: How Organ Systems Dynamically Interact. *PLoS One* **2015**, *10*, doi:10.1371/journal.pone.0142143.
14. Stodden, D.F.; Goodway, J.D.; Langendorfer, S.J.; Robertson, M.A.; Rudisill, M.E.; Garcia, Clersida and Garcia, L.E. A Developmental Perspective on the Role of Motor Skill Competence in Physical Activity: An Emergent Relationship. *Quest* **2008**, *60*, 290–306.

15. Diamond, A. Executive Functions. *Annu Rev Psychol* **2013**, *64*, 135–168, doi:10.1146/annurev-psych-113011-143750.
16. Albuquerque, M.R.; Rennó, G.V.C.; Bruzi, A.T.; Fortes, L. de S.; Malloy-Diniz, L.F. Association between Motor Competence and Executive Functions in Children. *Appl Neuropsychol Child* **2022**, *11*, 495–503, doi:10.1080/21622965.2021.1897814.
17. Estevan, I.; Barnett, L.M. Considerations Related to the Definition, Measurement and Analysis of Perceived Motor Competence. *Sports Medicine* **2018**, *48*, 2685–2694, doi:10.1007/s40279-018-0940-2.
18. Messing, S.; Rütten, A.; Abu-Omar, K.; Ungerer-Röhrich, U.; Goodwin, L.; Burlacu, I.; Gediga, G. How Can Physical Activity Be Promoted among Children and Adolescents? A Systematic Review of Reviews across Settings. *Front Public Health* **2019**, *7*, doi:10.3389/fpubh.2019.00055.
19. Howie, E.K.; McVeigh, J.A.; Smith, A.J.; Zabatiero, J.; Bucks, R.S.; Mori, T.A.; Beilin, L.J.; Straker, L.M. Physical Activity Trajectories from Childhood to Late Adolescence and Their Implications for Health in Young Adulthood. *Prev Med (Baltim)* **2020**, *139*, doi:10.1016/j.ypmed.2020.106224.
20. Hevey, D. Network Analysis: A Brief Overview and Tutorial. *Health Psychol Behav Med* **2018**, *6*, 301–328, doi:10.1080/21642850.2018.1521283.
21. Borsboom, D.; Deserno, M.K.; Rhemtulla, M.; Epskamp, S.; Fried, E.I.; McNally, R.J.; Robinaugh, D.J.; Perugini, M.; Dalege, J.; Costantini, G.; et al. Network Analysis of Multivariate Data in Psychological Science. *Nature Reviews Methods Primers* **2021**, *1*, doi:10.1038/s43586-021-00055-w.
22. Boccaletti, S.; Latora, V.; Moreno, Y.; Chavez, M.; Hwang, D.U. Complex Networks: Structure and Dynamics. *Phys Rep* **2006**, *424*, 175–308, doi:10.1016/j.physrep.2005.10.009.
23. Bullmore, E.; Sporns, O. Complex Brain Networks: Graph Theoretical Analysis of Structural and Functional Systems. *Nat Rev Neurosci* **2009**, *10*, 186–198, doi:10.1038/nrn2575.
24. Montoya, J.M.; Pimm, S.L.; Solé, R. V. Ecological Networks and Their Fragility. *Nature* **2006**, *442*, 259–264, doi:10.1038/nature04927.
25. Wrotniak, B.H.; Epstein, L.H.; Dorn, J.M.; Jones, K.E.; Kondilis, V.A. The Relationship between Motor Proficiency and Physical Activity in Children. *Pediatrics* **2006**, *118*, 1758–1765, doi:10.1542/peds.2006-0742.
26. Barnett, L.M.; Webster, E.K.; Hulteen, R.M.; De Meester, A.; Valentini, N.C.; Lenoir, M.; Pesce, C.; Getchell, N.; Lopes, V.P.; Robinson, L.E.; et al. Through the Looking Glass: A Systematic Review of Longitudinal Evidence, Providing New Insight for Motor Competence and Health. *Sports Medicine* **2022**, *52*, 875–920, doi:10.1007/s40279-021-01516-8.
27. Robinson, L.E.; Stodden, D.F.; Barnett, L.M.; Lopes, V.P.; Logan, S.W.; Rodrigues, L.P.; D'Hondt, E. Motor Competence and Its Effect on Positive Developmental Trajectories of Health. *Sports Medicine* **2015**, *45*, 1273–1284, doi:10.1007/s40279-015-0351-6.
28. Cattuzzo, M.T.; dos Santos Henrique, R.; Ré, A.H.N.; de Oliveira, I.S.; Melo, B.M.; de Sousa Moura, M.; de Araújo, R.C.; Stodden, D. Motor Competence and Health Related Physical

Fitness in Youth: A Systematic Review. *J Sci Med Sport* **2016**, *19*, 123–129, doi:10.1016/j.jsams.2014.12.004.

29. Newell, K.M. What Are Fundamental Motor Skills and What Is Fundamental about Them? *J Mot Learn Dev* **2020**, *8*, 280–314, doi:10.1123/JMLD.2020-0013.

30. Duncan, M.J.; Bryant, E.; Stodden, D.; Duncan, M.J.; Bryant, E.; Stodden, D.; Duncan, M.J. Low Fundamental Movement Skill Proficiency Is Associated with High BMI and Body Fatness in Girls but Not Boys Aged 6 – 11 Years Old Fatness in Girls but Not Boys Aged 6 – 11 Years Old. *J Sports Sci* **2016**, *1*, 1–7, doi:10.1080/02640414.2016.1258483.

31. Logan, S.W.; Kipling Webster, E.; Getchell, N.; Pfeiffer, K.A.; Robinson, L.E. Relationship Between Fundamental Motor Skill Competence and Physical Activity During Childhood and Adolescence: A Systematic Review. *Kinesiology Review* **2015**, *4*, 416–426, doi:10.1123/kr.2013-0012.

32. Bassett, D.R.; Fitzhugh, E.C.; Heath, G.W.; Erwin, P.C.; Frederick, G.M.; Wolff, D.L.; Welch, W.A.; Stout, A.B. Estimated Energy Expenditures for School-Based Policies and Active Living. *Am J Prev Med* **2013**, *44*, 108–113, doi:10.1016/j.amepre.2012.10.017.

33. Haapala, E.A.; Gao, Y.; Hartikainen, J.; Rantalainen, T.; Finni, T. Associations of Fitness, Motor Competence, and Adiposity with the Indicators of Physical Activity Intensity during Different Physical Activities in Children. *Scientific Reports 2021* **2021**, *11*, 1–11, doi:10.1038/s41598-021-92040-2.

34. Coppens, E.; Bardid, F.; Deconinck, F.J.A.; Haerens, L.; Stodden, D.; D’Hondt, E.; Lenoir, M. Developmental Change in Motor Competence: A Latent Growth Curve Analysis. *Front Physiol* **2019**, *10*, doi:10.3389/fphys.2019.01273.

35. King-Dowling, S.; Proudfoot, N.A.; Cairney, J.; Timmons, B.W. Motor Competence, Physical Activity, and Fitness across Early Childhood. *Med Sci Sports Exerc* **2020**, *52*, 2342–2348, doi:10.1249/MSS.0000000000002388.

36. Haapala, E.A. Cardiorespiratory Fitness and Motor Skills in Relation to Cognition and Academic Performance in Children – A Review. *J Hum Kinet* **2013**, *36*, 55–68, doi:10.2478/hukin-2013-0006.

37. De Meester, A.; Maes, J.; Stodden, D.; Cardon, G.; Goodway, J.; Lenoir, M.; Haerens, L. Identifying Profiles of Actual and Perceived Motor Competence among Adolescents: Associations with Motivation, Physical Activity, and Sports Participation. *J Sports Sci* **2016**, *34*, 2027–2037, doi:10.1080/02640414.2016.1149608.

38. De Meester, A.; Stodden, D.; Brian, A.; True, L.; Cardon, G.; Tallir, I.; Haerens, L. Associations among Elementary School Children’s Actual Motor Competence, Perceived Motor Competence, Physical Activity and BMI: A Cross-Sectional Study. *PLoS One* **2016**, *11*, doi:10.1371/journal.pone.0164600.

39. Diamond, A.; Ling, D.S. Conclusions about Interventions, Programs, and Approaches for Improving Executive Functions That Appear Justified and Those That, despite Much Hype, Do Not. *Dev Cogn Neurosci* **2016**, *18*, 34–48, doi:10.1016/j.dcn.2015.11.005.

40. Malina, R.M.; Bouchard, C.; Bar-Or, O. *Growth, Maturation, and Physical Activity*; 2nd ed.; Champaign: Human Kinetics, 2004;
41. Bertalanffy, L. von *Teoria Geral Dos Sistemas - Fundamentos, Desenvolvimento e Aplicações*; 2010; ISBN 9788532636904.
42. da Silva, S.P.; Beunen, G.; de Freitas, D.L.; Maia, J.A.R. Estudos Longitudinais Sobre o Crescimento Somático e Desempenho Motor: Delineamentos, Desafios, Necessidades. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano* **2013**, *15*, 130–143, doi:10.5007/1980-0037.2013v15n1p130.
43. Ferrari, G.L.; Farias, R.M.; Matsudo, S.M.; Matsudo, V.K. Uma Revisão de Três Décadas Do Projeto Misto-Longitudinal de Crescimento, Desenvolvimento e Aptidão Física de Ilhabela. *Revista Brasileira de Ciências da Saúde - USCS* **2013**, *11*, 57–67, doi:10.13037/rbcs.vol11n36.1902.
44. EMCK, C.; BOSSCHER, R.; BEEK, P.; DORELEIJERS, T. Gross Motor Performance and Self-Perceived Motor Competence in Children with Emotional, Behavioural, and Pervasive Developmental Disorders: A Review. *Dev Med Child Neurol* **2009**, *51*, 501–517, doi:10.1111/j.1469-8749.2009.03337.x.
45. Augustijn, M.J.C.M.; D’Hondt, E.; Van Acker, L.; De Guchteneere, A.; Lenoir, M.; Caeyenberghs, K.; Deconinck, F.J.A. Role of Motor Competence and Executive Functioning in Weight Loss: A Study in Children with Obesity. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics* **2018**, *39*, 642–651, doi:10.1097/DBP.0000000000000589.
46. Clark, C.C.T.; Moran, J.; Drury, B.; Venetsanou, F.; Fernandes, J.F.T. Actual vs. Perceived Motor Competence in Children (8–10 Years): An Issue of Non-Veridicality. *J Funct Morphol Kinesiol* **2018**, *3*, doi:10.3390/jfmk3020020.
47. Lopes, V.P.; Utesch, T.; Rodrigues, L.P. Classes of Developmental Trajectories of Body Mass Index: Differences in Motor Competence and Cardiorespiratory Fitness. *J Sports Sci* **2020**, *38*, 619–625, doi:10.1080/02640414.2020.1722024.
48. Augustijn, M.J.C.M.; D’Hondt, E.; Van Acker, L.; De Guchteneere, A.; Lenoir, M.; Caeyenberghs, K.; Deconinck, F.J.A. Role of Motor Competence and Executive Functioning in Weight Loss: A Study in Children with Obesity. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics* **2018**, *39*, 642–651, doi:10.1097/DBP.0000000000000589.
49. Barnett, L.M.; Lai, S.K.; Veldman, S.L.C.; Hardy, L.L.; Cliff, D.P.; Morgan, P.J.; Zask, A.; Lubans, D.R.; Shultz, S.P.; Ridgers, N.D.; et al. Correlates of Gross Motor Competence in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* **2016**, *46*, 1663–1688, doi:10.1007/S40279-016-0495-Z.
50. Bardid, F.; Rudd, J.R.; Lenoir, M.; Polman, R.; Barnett, L.M. Cross-Cultural Comparison of Motor Competence in Children from Australia and Belgium. *Front Psychol* **2015**, *6*, 964, doi:10.3389/fpsyg.2015.00964.
51. Niemistö, D.; Barnett, L.; Cantell, M.; Finni, T.; Korhonen, E.; Sääkslahti, A. Socioecological Correlates of Perceived Motor Competence in 5-7-Year-Old Finnish Children. *Scand J Med Sci Sports* **2019**, 0–2, doi:10.1111/sms.13389.

52. Gallahue, D.L.; Ozmun, J.C.; Goodway, J.D. *Compreendendo o Desenvolvimento Motor [Recurso Eletrônico]: Bebês, Crianças, Adolescentes e Adultos*; 7.; AMGH Editora Ltda: Porto Alegre, 2013;
53. Haywood, K.M.; Getchell, N. *Desenvolvimento Motor Ao Longo Da Vida*; 5ª.; Artmed: Porto Alegre, 2010; ISBN 9788536322469.
54. Lima, R.A.; Pfeiffer, K.A.; Bugge, A.; Møller, N.C.; Andersen, L.B.; Stodden, D.F. Motor Competence and Cardiorespiratory Fitness Have Greater Influence on Body Fatness than Physical Activity across Time. *Scand J Med Sci Sports* **2017**, *27*, 1638–1647, doi:10.1111/sms.12850.
55. Khodaverdi, Z.; Bahram, A.; Stodden, D.; Kazemnejad, A. The Relationship between Actual Motor Competence and Physical Activity in Children: Mediating Roles of Perceived Motor Competence and Health-Related Physical Fitness. *J Sports Sci* **2015**, *0414*, 1–7, doi:10.1080/02640414.2015.1122202.
56. Khodaverdi, Z.; Bahram, A.; Stodden, D.; Kazemnejad, A. The Relationship between Actual Motor Competence and Physical Activity in Children: Mediating Roles of Perceived Motor Competence and Health-Related Physical Fitness. *J Sports Sci* **2016**, *34*, 1523–1529, doi:10.1080/02640414.2015.1122202.
57. Menescardi, C.; Estevan, I. Parental and Peer Support Matters: A Broad Umbrella of the Role of Perceived Social Support in the Association between Children’s Perceived Motor Competence and Physical Activity. *Int J Environ Res Public Health* **2021**, *18*, doi:10.3390/ijerph18126646.
58. Lawson, C.; Eyre, E.L.J.; Tallis, J.; Watts, M.; Duncan, M.J. Identifying Actual and Perceived Motor Competence Based Profiles among Children. *J Sports Sci* **2022**, *40*, 621–629, doi:10.1080/02640414.2021.2009169.
59. Jaakkola, T.; Huhtiniemi, M.; Salin, K.; Seppälä, S.; Lahti, J.; Hakonen, H.; Stodden, D.F. Motor Competence, Perceived Physical Competence, Physical Fitness, and Physical Activity within Finnish Children. *Scand J Med Sci Sports* **2019**, *29*, 1013–1021, doi:10.1111/sms.13412.
60. Estevan, I.; Menescardi, C.; García-Massó, X.; Barnett, L.M.; Molina-García, J. Profiling Children Longitudinally: A Three-Year Follow-up Study of Perceived and Actual Motor Competence and Physical Fitness. *Scand J Med Sci Sports* **2021**, *31*, 35–46, doi:10.1111/sms.13731.
61. Hamari, L.; Heinonen, O.J.; Aromaa, M.; Asanti, R.; Koivusilta, L.; Koski, P.; Laaksonen, C.; Matomäki, J.; Pahkala, K.; Pakarinen, A.; et al. Association of Self-Perceived Physical Competence and Leisure-Time Physical Activity in Childhood—A Follow-Up Study. *Journal of School Health* **2017**, *87*, 236–243, doi:10.1111/josh.12490.
62. Haugen, T.; Johansen, B.T. Difference in Physical Fitness in Children with Initially High and Low Gross Motor Competence: A Ten-Year Follow-up Study. *Hum Mov Sci* **2018**, *62*, 143–149, doi:10.1016/j.humov.2018.10.007.

63. Donnelly, J.E.; Lambourne, K. Classroom-Based Physical Activity, Cognition, and Academic Achievement. *Prev Med (Baltim)* **2011**, *52*, S36–S42, doi:10.1016/j.ypmed.2011.01.021.
64. Tomporowski, P.D.; Lambourne, K.; Okumura, M.S. Physical Activity Interventions and Children’s Mental Function: An Introduction and Overview. *Prev Med (Baltim)* **2011**, *52*, S3–S9, doi:10.1016/j.ypmed.2011.01.028.
65. Howie, E.K.; Pate, R.R. Physical Activity and Academic Achievement in Children: A Historical Perspective. *J Sport Health Sci* **2012**, *1*, 160–169, doi:10.1016/j.jshs.2012.09.003.
66. Tomporowski, P.D.; McCullick, B.; Pendleton, D.M.; Pesce, C. Exercise and Children’s Cognition: The Role of Exercise Characteristics and a Place for Metacognition. *J Sport Health Sci* **2015**, *4*, 47–55, doi:10.1016/j.jshs.2014.09.003.
67. Lima, R.A.; Drenowatz, C.; Pfeiffer, K.A. Expansion of Stodden et al.’s Model. *Sports Medicine* **2022**, *52*, 679–683, doi:10.1007/s40279-021-01632-5.
68. Pesce, C.; Stodden, D.F.; Lakes, K.D. Editorial: Physical Activity “Enrichment”: A Joint Focus on Motor Competence, Hot and Cool Executive Functions. *Front Psychol* **2021**, *12*, doi:10.3389/fpsyg.2021.658667.
69. Macdonald, K.; Milne, N.; Orr, R.; Pope, R. Relationships Between Motor Proficiency and Academic Performance in Mathematics and Reading in School-Aged Children and Adolescents: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health* **2018**, *15*, 1603, doi:10.3390/ijerph15081603.
70. Tsuda, E.; Goodway, J.D.; Famelia, R.; Brian, A. Relationship Between Fundamental Motor Skill Competence, Perceived Physical Competence and Free-Play Physical Activity in Children. *Res Q Exerc Sport* **2020**, *91*, 55–63, doi:10.1080/02701367.2019.1646851.
71. Stodden, D.F.; Gao, Z.; Goodway, J.D.; Langendorfer, S.J. Dynamic Relationships between Motor Skill Competence and Health-Related Fitness in Youth. *Pediatr Exerc Sci* **2014**, *26*, 231–241, doi:10.1123/pes.2013-0027.
72. Malina, R.M. Top 10 Research Questions Related to Growth and Maturation of Relevance to Physical Activity, Performance, and Fitness. *Res Q Exerc Sport* **2014**, *85*, 157–173, doi:10.1080/02701367.2014.897592.
73. Grusec, J.E. Socialization Processes in the Family: Social and Emotional Development. *Annu Rev Psychol* **2011**, *62*, 243–269, doi:10.1146/annurev.psych.121208.131650.
74. United Nations Development Programme Human Development: Definition, Concept and Larger Context. In; 2002; pp. 15–23.
75. Nakano, T.D.C.; Moraes, I.D.T. de; Oliveira, A.W. de Relationship between Intelligence and Socio-Economic Competences in Children and Adolescents. *Revista de Psicologia (Peru)* **2019**, *37*, 407–424, doi:10.18800/psico.201902.002.
76. Clark, J.E. Pentimento: A 21st Century View on the Canvas of Motor Development. *Kinesiology Review* **2017**, *6*, 232–239, doi:10.1123/kr.2017-0020.

77. Strong, W.B.; Malina, R.M.; Blimkie, C.J.R.; Daniels, S.R.; Dishman, R.K.; Gutin, B.; Hergenroeder, A.C.; Must, A.; Nixon, P.A.; Pivarnik, J.M.; et al. Evidence Based Physical Activity for School-Age Youth. *J Pediatr* **2005**, *146*, 732–737, doi:10.1016/j.jpeds.2005.01.055.
78. Basso, L.; Júnior, C.M.; Oliveira, J.A.; Lúcia De Moraes Forjaz, C.; Andréa De Souza, J.; Prista, A.; António, J.; Maia, R.; Tani, G. Crescimento e Desenvolvimento Motor de Escolares de Muzambinho: Um Estudo Com Implicações Acadêmicas, Sociais e de Política Interinstitucional. *Revista Portuguesa Ciências do Desporto* **2009**, *9*, 247–257.
79. Freitas, D.; Beunen, G.; Maia, J.; Claessens, A.; Thomis, M.; Marques, A.; Gouveia, É.; Lefevre, J. Tracking of Fatness during Childhood, Adolescence and Young Adulthood: A 7-Year Follow-up Study in Madeira Island, Portugal. *Ann Hum Biol* **2012**, *39*, 59–67, doi:10.3109/03014460.2011.638322.
80. Katzmarzyk, P.T.; Barreira, T. V.; Broyles, S.T.; Champagne, C.M.; Chaput, J.P.; Fogelholm, M.; Hu, G.; Johnson, W.D.; Kuriyan, R.; Kurpad, A.; et al. The International Study of Childhood Obesity, Lifestyle and the Environment (ISCOLE): Design and Methods. *BMC Public Health* **2013**, *13*, doi:10.1186/1471-2458-13-900.
81. Souza, M.C. de; Chaves, R.N. de; dos Santos, F.K.; Gomes, T.N.Q.F.; Santos, D.V. e.; Borges, A.S.; Pereira, S.I.S.; Forjaz, C.L. de M.; Eisenmann, J.; Maia, J.A.R. The Oporto Mixed-Longitudinal Growth, Health and Performance Study. Design, Methods and Baseline Results. *Ann Hum Biol* **2017**, *44*, 11–20, doi:10.3109/03014460.2016.1165866.
82. Himes, J.H. Long-Term Longitudinal Studies and Implications for the Development of an International Growth Reference for Children and Adolescents. *Food Nutr Bull* **2006**, *27*, S199–S211.
83. Daelmans, B.; Black, M.M.; Lombardi, J.; Lucas, J.; Richter, L.; Silver, K.; Britto, P.; Yoshikawa, H.; Perez-Escamilla, R.; MacMillan, H.; et al. Effective Interventions and Strategies for Improving Early Child Development. *BMJ* **2015**, doi:10.1136/bmj.h4029.
84. Shankar, K.; Pivik, R.; Johnson, S.L.; Ommen, B. van; Demmer, E.; Murray, R. Environmental Forces That Shape Early Development: What We Know and Still Need to Know. *Curr Dev Nutr* **2018**, 1–10, doi:10.1093/cdn/nzx002.
85. Brasil - Ministério da Saúde *Saúde Da Criança - Acompanhamento Do Crescimento e Desenvolvimento Infantil*; 2002; Vol. 54; ISBN 853340509X.
86. WHO *Child and Adolescent Health and Development: Progress Report 2009: Highlights*; Geneva, 2010;
87. WHO Adolescent Health and Development Available online: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/adolescent-health-and-development> (accessed on 16 April 2023).
88. Logan, S.W.; Ross, S.M.; Chee, K.; Stodden, D.F.; Robinson, L.E. Fundamental Motor Skills: A Systematic Review of Terminology. *J Sports Sci* **2018**, *36*, 781–796, doi:10.1080/02640414.2017.1340660.

89. Barnett, L.M.; Stodden, D.; Cohen, K.E.; Smith, J.J.; Lubans, D.R.; Lenoir, M.; Iivonen, S.; Miller, A.D.; Laukkanen, A.; Dudley, D.; et al. Fundamental Movement Skills: An Important Focus. *Journal of Teaching in Physical Education* **2016**, *35*, 219–225, doi:10.1123/jtpe.2014-0209.
90. Crane, J.R.; Naylor, P.J.; Cook, R.; Temple, V.A. Do Perceptions of Competence Mediate the Relationship between Fundamental Motor Skill Proficiency and Physical Activity Levels of Children in Kindergarten? *J Phys Act Health* **2015**, *12*, 954–961, doi:10.1123/jpah.2013-0398.
91. Rodrigues, D.; Leal, E.; José, A.; Barela, A. Proficiency of Fundamental Motor Skills in Children of a Public School in the City of São Paulo. *Brazilian Journal of Motor Behavior* **2015**, *9*, 1–9, doi:10.20338/bjmb.2015-0003.
92. Luz, L.G.O.; Valente-dos-Santos, J.; Luz, T.D.D.; Sousa-e-Silva, P.; Duarte, J.P.; Machado-Rodrigues, A.; Seabra, A.; Santos, R.; Cumming, S.P.; Coelho-e-Silva, M.J. Biocultural Predictors of Motor Coordination Among Prepubertal Boys and Girls. *Percept Mot Skills* **2018**, *125*, 21–39, doi:10.1177/0031512517744471.
93. Lopes, L.; Santos, R.; Moreira, C.; Pereira, B.; Lopes, V.P. Sensitivity and Specificity of Different Measures of Adiposity to Distinguish between Low/High Motor Coordination. *J Pediatr (Rio J)* **2015**, *91*, 44–51, doi:10.1016/j.jped.2014.05.005.
94. Webster, E.K.; Martin, C.K.; Staiano, A.E. Fundamental Motor Skills, Screen-Time, and Physical Activity in Preschoolers. *J Sport Health Sci* **2019**, *8*, 114–121, doi:10.1016/j.jshs.2018.11.006.
95. Laukkanen, A.; Pesola, A.; Havu, M.; Sääkslahti, A.; Finni, T. Relationship between Habitual Physical Activity and Gross Motor Skills Is Multifaceted in 5- to 8-Year-Old Children. *Scand J Med Sci Sports* **2014**, *24*, doi:10.1111/sms.12116.
96. Veldman, S.L.C.; Jones, R.A.; Okely, A.D. Efficacy of Gross Motor Skill Interventions in Young Children: An Updated Systematic Review. *BMJ Open Sport Exerc Med* **2016**, *2*.
97. Lopes, L.; Santos, R.; Coelho-E-Silva, M.; Draper, C.; Mota, J.; Jidovtseff, B.; Clark, C.; Schmidt, M.; Morgan, P.; Duncan, M.; et al. A Narrative Review of Motor Competence in Children and Adolescents: What We Know and What We Need to Find Out. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *15*, 18, doi:10.3390/ijerph1801.
98. Logan, S.W.; Robinson, L.E.; Wilson, A.E.; Lucas, W.A. Getting the Fundamentals of Movement: A Meta-Analysis of the Effectiveness of Motor Skill Interventions in Children. *Child Care Health Dev* **2012**, *38*, 305–315, doi:10.1111/j.1365-2214.2011.01307.x.
99. Holfelder, B.; Schott, N. Relationship of Fundamental Movement Skills and Physical Activity in Children and Adolescents: A Systematic Review. *Psychol Sport Exerc* **2014**, *15*, 382–391, doi:10.1016/j.psychsport.2014.03.005.
100. Hulteen, R.M.; Morgan, P.J.; Barnett, L.M.; Stodden, D.F.; Lubans, D.R. Development of Foundational Movement Skills: A Conceptual Model for Physical Activity Across the Lifespan. *Sports Medicine* **2018**, *48*, 1533–1540, doi:10.1007/s40279-018-0892-6.

101. Wick, K.; Leeger-Aschmann, C.S.; Monn, N.D.; Radtke, T.; Ott, L. V.; Rebholz, C.E.; Cruz, S.; Gerber, N.; Schmutz, E.A.; Puder, J.J.; et al. Interventions to Promote Fundamental Movement Skills in Childcare and Kindergarten: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine* **2017**, *47*, 2045–2068, doi:10.1007/s40279-017-0723-1.
102. Barnett, L.M.; Telford, R.M.; Strugnell, C.; Rudd, J.; Olive, L.S.; Telford, R.D. Impact of Cultural Background on Fundamental Movement Skill and Its Correlates. *J Sports Sci* **2019**, *37*, 492–499, doi:10.1080/02640414.2018.1508399.
103. Hallal, P.C.; Andersen, L.B.; Bull, F.C.; Guthold, R.; Haskell, W.; Ekelund, U.; Alkandari, J.R.; Bauman, A.E.; Blair, S.N.; Brownson, R.C.; et al. Global Physical Activity Levels: Surveillance Progress, Pitfalls, and Prospects. *The Lancet* **2012**, *380*, 247–257, doi:10.1016/S0140-6736(12)60646-1.
104. Herrington, S.; Brussoni, M. Beyond Physical Activity: The Importance of Play and Nature-Based Play Spaces for Children’s Health and Development. *Curr Obes Rep* **2015**, *4*, 477–483, doi:10.1007/s13679-015-0179-2.
105. Barela, J.A. Fundamental Motor Skill Proficiency Is Necessary for Children’s Motor Activity Inclusion. *Motriz. Revista de Educacao Fisica* **2013**, *19*, 548–551, doi:10.1590/S1980-65742013000300003.
106. Hnatiuk, J.; Salmon, J.; Campbell, K.J.; Ridgers, N.D.; Hesketh, K.D. Early Childhood Predictors of Toddlers’ Physical Activity: Longitudinal Findings from the Melbourne InFANT Program. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* **2013**, *10*, 1–9, doi:10.1186/1479-5868-10-123.
107. Vandorpe, B.; Vandendriessche, J.; Vaeyens, R.; Pion, J.; Matthys, S.; Lefevre, J.; Philippaerts, R.; Lenoir, M. Relationship between Sports Participation and the Level of Motor Coordination in Childhood: A Longitudinal Approach. *J Sci Med Sport* **2012**, *15*, 220–225, doi:10.1016/j.jsams.2011.09.006.
108. Spanou, M.; Stavrou, N.; Dania, A.; Venetsanou, F. Children’s Involvement in Different Sport Types Differentiates Their Motor Competence but Not Their Executive Functions. *Int J Environ Res Public Health* **2022**, *19*, doi:10.3390/ijerph19095646.
109. Nicolai Ré, A.H.; Okely, A.D.; Logan, S.W.; da Silva, M.M.L.M.; Cattuzzo, M.T.; Stodden, D.F. Relationship between Meeting Physical Activity Guidelines and Motor Competence among Low-Income School Youth. *J Sci Med Sport* **2020**, *23*, 591–595, doi:10.1016/j.jsams.2019.12.014.
110. Alves, M.D. de J.; Santos, J.R. Dos; Silva, D.D.S.; Sampaio, R.A.C.; Ribas, M.C. de S.; Silva, R.J.D.S. Physical Activity Level in Overweight Adolescents at School: A Systematic Review. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano* **2021**, *23*, doi:10.1590/1980-0037.2021v23e82375.
111. Utesch, T.; Dreiskämper, D.; Naul, R.; Geukes, K. Understanding Physical (in-) Activity, Overweight, and Obesity in Childhood: Effects of Congruence between Physical Self-Concept and Motor Competence. *Sci Rep* **2018**, *8*, 1–10, doi:10.1038/s41598-018-24139-y.

112. Spessato, B.C.; Gabbard, C.; Valentini, N.; Rudisill, M. Gender Differences in Brazilian Children's Fundamental Movement Skill Performance. *Early Child Dev Care* **2013**, *183*, 916–923, doi:10.1080/03004430.2012.689761.
113. Venetsanou, F.; Kambas, A. Motor Proficiency in Young Children: A Closer Look at Potential Gender Differences. *Sage Open* **2016**, *6*, 1–10, doi:10.1177/2158244015626226.
114. Bull, F.; Saad Al-Ansari, S.; Biddle, S.; Borodulin, K.; Buman, M.; Cardon, G.; Carty, C.; Chaput, J.-P.; Chastin, S.; Chou, R.; et al. World Health Organization 2020 Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour. *Br J Sports Med* **2020**, *54*, 1451–1462, doi:10.1136/bjsports-2020-102955.
115. Caspersen, C.J.; Powell, Kenneth E.; Christenson, G.M. Physical Activity, Exercise, and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research. *Public Health Rep* **1985**, *100*, 195–202.
116. Pitanga, F.J.G. Epidemiologia, Atividade Física e Saúde. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento* **2002**, *10*, 49–54.
117. Condello, G.; Puggina, A.; Aleksovska, K.; Buck, C.; Burns, C.; Cardon, G.; Carlin, A.; Simon, C.; Ciarapica, D.; Coppinger, T.; et al. Behavioral Determinants of Physical Activity across the Life Course: A “DEterminants of DIet and Physical ACTivity” (DEDIPAC) Umbrella Systematic Literature Review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* **2017**, *14*, doi:10.1186/s12966-017-0510-2.
118. Guthold, R.; Stevens, G.A.; Riley, L.M.; Bull, F.C. Global Trends in Insufficient Physical Activity among Adolescents: A Pooled Analysis of 298 Population-Based Surveys with 1.6 Million Participants. *Lancet Child Adolesc Health* **2020**, *4*, 23–35, doi:10.1016/S2352-4642(19)30323-2.
119. Sallis, J.F. Measuring Physical Activity Environments. A Brief History. *Am J Prev Med* **2009**, *36*, S86–S92, doi:10.1016/j.amepre.2009.01.002.
120. Bouchard, C. *Atividade Física e Obesidade*; Halpern, A., Costa, R.F., Eds.; 1^a.; São Paulo: Editora Manole, 2003;
121. Katzmarzyk, P.T.; Denstel, K.D.; Beals, K.; Carlson, J.; Crouter, S.E.; McKenzie, T.L.; Pate, R.R.; Sisson, S.B.; Staiano, A.E.; Stanish, H.; et al. Results from the United States 2018 Report Card on Physical Activity for Children and Youth. *J Phys Act Health* **2018**, *15*, S422–S424, doi:10.1123/JPAH.2018-0476.
122. WHO *Global Status Report on Physical Activity 2022: Country Profiles*; Geneva: Geneva, 2022;
123. World Health Organization Global Recommendations on Physical Activity for Health. In Proceedings of the Geneva: World Health Organization, 2010.; 2010.
124. Guthold, R.; Stevens, G.A.; Riley, L.M.; Bull, F.C. Worldwide Trends in Insufficient Physical Activity from 2001 to 2016: A Pooled Analysis of 358 Population-Based Surveys with 1.9 Million Participants. *Lancet Glob Health* **2018**, *6*, e1077–e1086, doi:10.1016/S2214-109X(18)30357-7.

125. Sisson, S.B.; Church, T.S.; Martin, C.K.; Smith, S.R.; Bouchard, C.; Earnest, C.P.; Rankinen, T.; Jr, R.L.N.; Katzmarzyk, P.T. Profiles of Sedentary Behavior in Children and Adolescents: The U.S National Health and Nutrition Examination Survey, 2001-2006. *International Journal of Pediatric Obesity* **2010**, *4*, 353–359, doi:10.3109/17477160902934777.Profiles.
126. Gu, X.; Tamplain, P.M.; Chen, W.; Zhang, T.; Keller, M.J.; Wang, J. A Mediation Analysis of the Association between Fundamental Motor Skills and Physical Activity during Middle Childhood. *Children* **2021**, *8*, doi:10.3390/children8020064.
127. Zhu, Z.; Tang, Y.; Zhuang, J.; Liu, Y.; Wu, X.; Cai, Y.; Wang, L.; Cao, Z.B.; Chen, P. Physical Activity, Screen Viewing Time, and Overweight/Obesity among Chinese Children and Adolescents: An Update from the 2017 Physical Activity and Fitness in China - The Youth Study. *BMC Public Health* **2019**, *19*, doi:10.1186/s12889-019-6515-9.
128. Silva, D.A.S.; Christofaro, D.G.D.; De Moraes Ferrari, G.L.; Da Silva, K.S.; Nardo, N.; Dos Santos Silva, R.J.; Fernandes, R.A.; Filho, V.C.B. Results from Brazil's 2018 Report Card on Physical Activity for Children and Youth. *J Phys Act Health* **2018**, *15*, S323–S325, doi:10.1123/JPAH.2018-0421.
129. Silva, D.A.S.; Pelegrini, A.; Christofaro, D.G.D.; Ferrari, E.P.; Ferrari, G.; Silva, K.S.; Lima, L.R.A. de; Nardo Júnior, N.; Silva, R.J. dos S.; Filho, V.C.B. Results from Brazil's 2022 Report Card on Physical Activity for Children and Adolescents. *Int J Environ Res Public Health* **2022**, *19*, doi:10.3390/ijerph191610256.
130. Martins, R.C.; Ricardo, L.I.C.; Mendonça, G.; De Rosa, D.L.; Da Gama Bastos, L.L.A.; De Vargas Nunes Coll, C.; Bielemann, R.M. Temporal Trends of Physical Activity and Sedentary Behavior Simultaneity in Brazilian Students. *J Phys Act Health* **2018**, *15*, 331–337, doi:10.1123/jpah.2016-0700.
131. De Araújo, L.G.M.; Turi, B.C.; Locci, B.; Mesquita, C.A.A.; Fonsati, N.B.; Monteiro, H.L. Patterns of Physical Activity and Screen Time among Brazilian Children. *J Phys Act Health* **2018**, *15*, 457–461, doi:10.1123/jpah.2016-0676.
132. González, S.A.; Barnes, J.D.; Nader, P.A.; Tenesaca, D.S.A.; Brazo-Sayavera, J.; Galaviz, K.I.; Herrera-Cuenca, M.; Katewongsa, P.; López-Taylor, J.; Liu, Y.; et al. Report Card Grades on the Physical Activity of Children and Youth from 10 Countries with High Human Development Index: Global Matrix 3.0. *J Phys Act Health* **2018**, *15*, S284–S297, doi:10.1123/jpah.2018-0391.
133. Ministério da Saúde *GUIA DE ATIVIDADE FÍSICA PARA A POPULAÇÃO BRASILEIRA*; Brasília - DF, 2021;
134. Chaput, J.P.; Willumsen, J.; Bull, F.; Chou, R.; Ekelund, U.; Firth, J.; Jago, R.; Ortega, F.B.; Katzmarzyk, P.T. 2020 WHO Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour for Children and Adolescents Aged 5–17 Years: Summary of the Evidence. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* **2020**, *17*.
135. Florindo, A.A.; Hallal, P.C. *Epidemiologia Da Atividade Física*; São Paulo: Editora Atheneu, 2011;

136. Bauman, A.E.; Reis, R.S.; Sallis, J.F.; Wells, J.C.; Loos, R.J.F.; Martin, B.W.; Alkandari, J.R.; Andersen, L.B.; Blair, S.N.; Brownson, R.C.; et al. Correlates of Physical Activity: Why Are Some People Physically Active and Others Not? *The Lancet* **2012**, *380*, 258–271, doi:10.1016/S0140-6736(12)60735-1.
137. Farooq, A.; Martin, A.; Janssen, X.; Wilson, M.G.; Gibson, A.M.; Hughes, A.; Reilly, J.J. Longitudinal Changes in Moderate-to-Vigorous-Intensity Physical Activity in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Obesity Reviews* **2020**, *21*, doi:10.1111/obr.12953.
138. Knuth, A.G.; Hallal, P.C. School Environment and Physical Activity in Children and Adolescents: Systematic Review. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde* **2012**, *17*, 463–473, doi:10.12820/2317.
139. Hohl III, H.W.; Castelli, D.M.; Chen, A.; Eyler, A.A.; Going, S.; Greenberg, J.D.; Hillman, C.H. *Educating the Student Body: Taking Physical Activity and Physical Education to School*; 2013; ISBN 9780309283137.
140. Böhme, M.T.S. Aptidão Física - Aspectos Teóricos. *Revista Brasileira de Educação Física e* **1993**, *7*, 52–65.
141. Ortega, F.B.; Ruiz, J.R.; Castillo, M.J.; Sjöström, M. Physical Fitness in Childhood and Adolescence: A Powerful Marker of Health. *Int J Obes* **2008**, *32*, 1–11, doi:10.1038/sj.ijo.0803774.
142. Äijö, M.; Kauppinen, M.; Kujala, U.M.; Parkatti, T. Physical Activity, Fitness, and All-Cause Mortality: An 18-Year Follow-up among Old People. *J Sport Health Sci* **2016**, *5*, 437–442, doi:10.1016/j.jshs.2015.09.008.
143. Ruiz, J.R.; Ortega, F.B.; Gutierrez, A.; Meusel, D.; Sjöström, M.; Castillo, M.J. Health-Related Fitness Assessment in Childhood and Adolescence: A European Approach Based on the AVENA, EYHS and HELENA Studies. In Proceedings of the Journal of Public Health; October 2006; Vol. 14, pp. 269–277.
144. Pereira, S.; Katzmarzyk, P.T.; Gomes, T.N.; Souza, M.; Chaves, R.N.; Santos, F.K. dos; Santos, D.; Hedeker, D.; Maia, J.A.R. Multilevel Modelling of Somatotype Components: The Portuguese Sibling Study on Growth, Fitness, Lifestyle and Health. *Ann Hum Biol* **2017**, *44*, 316–324, doi:10.1080/03014460.2016.1243727.
145. Hafsteinsson Östenberg, A.; Enberg, A.; Pojskic, H.; Gilic, B.; Sekulic, D.; Alricsson, M. Association between Physical Fitness, Physical Activity Level and Sense of Coherence in Swedish Adolescents; An Analysis of Age and Sex Differences. *Int J Environ Res Public Health* **2022**, *19*, doi:10.3390/ijerph191912841.
146. Hruby, A.; Chomitz, V.R.; Arsenault, L.N.; Must, A.; Economos, C.D.; McGowan, R.J.; Sackeck, J.M. Predicting Maintenance or Achievement of Healthy Weight in Children: The Impact of Changes in Physical Fitness. *Obesity* **2012**, *20*, 1710–1717, doi:10.1038/oby.2012.13.
147. Mello, J.B.; Nagorny, G.A.K.; De Castro Haiachi, M.; Gaya, A.R.; Gaya, A.C.A. Projeto Esporte Brasil: Perfil Da Aptidão Física Relacionada Ao Desempenho Esportivo de

Crianças e Adolescentes. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano* **2016**, *18*, 658–666, doi:10.5007/1980-0037.2016v18n6p658.

148. Dumith, S.C.; Ramires, V.V.; Souza, M.J.A.; Moraes, D.S.; Petry, F.G.; Oliveira, E.S.; Ramires, S.V.; Marques, A.C. Aptidão Física Relacionada Ao Desempenho Motor Em Escolares de Sete a 15 Anos. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte* **2010**, *24*, 5–14, doi:10.1590/S1807-55092010000100001.

149. Pedretti, A.; Mello, J.B.; Gaya, A.R.; Pedretti, A.; Cezar Araujo Gaya, A. Health- and Skill-Related Physical Fitness Profile of Brazilian Children and Adolescents: A Systematic Review. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde* **2020**, *25*, 1–10, doi:10.12820/rbafs.25e0131.

150. da Silva Junior, M.C.P.; Menezes, E.C.; Mendonça, G.; de Lima, L.R.A. Muscle Endurance of Brazilian Children and Adolescents: A Systematic Review of the Literature. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano* **2022**, *24*, doi:10.1590/1980-0037.2022v24e84728.

151. Gomes, T.N.; dos Santos, F.K.; Katzmarzyk, P.T.; Maia, J. Active and Strong: Physical Activity, Muscular Strength, and Metabolic Risk in Children. *American Journal of Human Biology* **2017**, *29*, 1–8, doi:10.1002/ajhb.22904.

152. Guerra, P.H.; Farias Júnior, J.C.; Florindo, A.A. Sedentary Behavior in Brazilian Children and Adolescents: A Systematic Review. *Rev Saude Publica* **2016**, *50*, 1–15, doi:10.1590/S1518-8787.2016050006307.

153. Tomkinson, G.; Olds, T. Secular Changes in Pediatric Aerobic Fitness Test Performance: The Global Picture. *Med Sport Sci* **2007**, *50*, 46–66, doi:10.1159/000101075.

154. Ruiz, J.R.; Castro-Piñero, J.; Artero, E.G.; Ortega, F.B.; Sjöström, M.; Suni, J.; Castillo, M.J. Predictive Validity of Health-Related Fitness in Youth: A Systematic Review. *Br J Sports Med* **2009**, *43*, 909–923, doi:10.1136/bjsm.2008.056499.

155. Rodrigues, L.P.; Leitão, R.; Lopes, V.P. Physical Fitness Predicts Adiposity Longitudinal Changes over Childhood and Adolescence. *J Sci Med Sport* **2013**, *16*, 118–123, doi:10.1016/j.jsams.2012.06.008.

156. Schubert, A.; Januário, R.S.B.; Casonatto, J.; Sonoo, C.N. Physical Fitness and Sports Activities for Children and Adolescents. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* **2016**, *22*, 142–146, doi:10.1590/1517-869220162202103473.

157. Casonatto, J.; Fernandes, R.A.; Batista, M.B.; Cyrino, E.S.; Coelho-e-Silva, M.J.; de Arruda, M.; Vaz Ronque, E.R. Association between Health-Related Physical Fitness and Body Mass Index Status in Children. *Journal of Child Health Care* **2016**, *20*, 294–303, doi:10.1177/1367493515598645.

158. Raine, L.B.; Lee, H.K.; Saliba, B.J.; Chaddock-Heyman, L.; Hillman, C.H.; Kramer, A.F. The Influence of Childhood Aerobic Fitness on Learning and Memory. *PLoS One* **2013**, *8*, doi:10.1371/journal.pone.0072666.

159. Cui, J.; Zou, L.; Herold, F.; Yu, Q.; Jiao, C.; Zhang, Y.; Chi, X.; Müller, N.G.; Perrey, S.; Li, L.; et al. Does Cardiorespiratory Fitness Influence the Effect of Acute Aerobic Exercise on Executive Function? *Front Hum Neurosci* **2020**, *14*, doi:10.3389/fnhum.2020.569010.
160. Cazorla-González, J.; García-Retortillo, S.; Gacto-Sánchez, M.; Muñoz-Castro, G.; Serrano-Ferrer, J.; Román-Viñas, B.; López-Bermejo, A.; Font-Lladó, R.; Prats-Puig, A. Effects of Crawling before Walking: Network Interactions and Longitudinal Associations in 7-Year-Old Children. *Int J Environ Res Public Health* **2022**, *19*, doi:10.3390/ijerph19095561.
161. Plowman, S.; Meredith, MD. *Fitnessgram/Activitygram Reference Guide*; 4h edition.; Dallas, TX: The Cooper Institute, 2013;
162. Adam, C.; Klissouras, V.; Ravazzolo, M.; Renson, R.; Tuxworth, W.; Kemper, HCG.; van Mechelen, W.; Hlobil, H.; Beunen, G.; Levarlet-Joye, H. *EUROFIT: European Test of Physical Fitness—Handbook*; Committee for the Development of Sport, Council of Europe: Rome, Italy, 1988;
163. AAHPERD, A.A.F.H.& D. *Physical Best: A Physical Fitness Education & Assessment Program*; The Alliance, 1988;
164. Gaya, A.C.A.; Gaya, A. *Projeto Esporte Brasil: Manual de Testes e Avaliação*; Ed Perfil.; Porto Alegre: UFRGS 78p, 2016;
165. Oliveira, L.; Braga, F.; Lemes, V.; Dias, A.; Brand, C.; Mello, J.; Gaya, A.; Gaya, A. Effect of an Intervention in Physical Education Classes on Health Related Levels of Physical Fitness in Youth. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde* **2017**, *22*, doi:10.12820/rbafs.v.22n1p46-53.
166. Iglesias-soler, E.; Rúa-alonso, M.; Rial-vázquez, J.; Corral, M.R.; Carballeira-fernández, E. Percentiles and Principal Component Analysis of Physical Fitness From a Big Sample of Children and Adolescents Aged 6-18 Years: The DAFIS Project. *Front Psychol* **2021**, *12*, 1–21, doi:10.3389/fpsyg.2021.627834.
167. Júdice, P.B.; Silva, A.M.; Berria, J.; Petroski, E.L.; Ekelund, U.; Sardinha, L.B. Sedentary Patterns, Physical Activity and Health-Related Physical Fitness in Youth: A Cross-Sectional Study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* **2017**, *14*, 1–10, doi:10.1186/s12966-017-0481-3.
168. Babic, M.J.; Morgan, P.J.; Plotnikoff, R.C.; Lonsdale, C.; White, R.L.; Lubans, D.R. Physical Activity and Physical Self-Concept in Youth: Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine* **2014**, *44*, 1589–1601, doi:10.1007/s40279-014-0229-z.
169. Reddon, H.; Meyre, D.; Cairney, J. Physical Activity and Global Self-Worth in a Longitudinal Study of Children. *Med Sci Sports Exerc* **2017**, *49*, 1606–1613, doi:10.1249/MSS.0000000000001275.
170. Harter, S. Perceptions of Competence and Incompetence across the Life-Span. In *Competence considered*; Sternberg RJ, Kolligian JJ, Eds.; New Haven: Yale University Press, 1990; pp. 420–445.
171. Harter, S. The Self-Perception Profile for Children. *Department of Psychology* **1985**.

172. Marsh, H.W. The Structure of Academic Self-Concept : The Marsh / Shavelson Model. *J Educ Psychol* **1990**, *82*, 623–636.
173. Eccles, J.; Wigfield, A.; Harold, R.D.; Blumenfeld, P.; Age and, P. Age and Gender Differences in Children’s Self-and Task Perceptions during Elementary School. *Child Dev* **1993**, *64*, 830–847.
174. Harter, S. Self-Perception Profile for Children: Manual and Questionnaires. *University of Denver* **2012**, 44.
175. Ensrud-Skraastad, O.K.; Haga, M. Associations between Motor Competence, Physical Self-Perception and Autonomous Motivation for Physical Activity in Children. *Sports* **2020**, *8*, doi:10.3390/sports8090120.
176. Nobre, G.C.; Valentini, N.C. Self-Perception of Competence: Concept, Changes in Childhood, and Gender and Age-Group Differences. *Journal of Physical Education (Maringa)* **2019**, *30*, 1–10, doi:10.4025/jphyseduc.v30i1.3008.
177. Ruiz-Montero, P.J.; Chiva-Bartoll, O.; Baena-Extremera, A.; Hortigüela-Alcalá, D. Gender, Physical Self-Perception and Overall Physical Fitness in Secondary School Students: A Multiple Mediation Model. *Int J Environ Res Public Health* **2020**, *17*, 1–14, doi:10.3390/ijerph17186871.
178. Pesce, C.; Masci, I.; Marchetti, R.; Vannozzi, G.; Schmidt, M. When Children’s Perceived and Actual Motor Competence Mismatch: Sport Participation and Gender Differences. *J Mot Learn Dev* **2018**, *6*, S440–S460, doi:10.1123/jmld.2016-0081.
179. Visser, E.L.; Mazzoli, E.; Hinkley, T.; Lander, N.J.; Utesch, T.; Barnett, L.M. Are Children with Higher Self-Reported Wellbeing and Perceived Motor Competence More Physically Active? A Longitudinal Study. *J Sci Med Sport* **2020**, *23*, 270–275, doi:10.1016/j.jsams.2019.09.005.
180. Hallett, M.; Grafman, J. Executive Function and Motor Skill Learning. *Int Rev Neurobiol* **1997**, *41*, 297–323, doi:10.1016/s0074-7742(08)60357-8.
181. Gomez-Pinilla, F.; Hillman, C. The Influence of Exercise on Cognitive Abilities. *Compr Physiol* **2013**, *3*, 403–428, doi:10.1002/cphy.c110063.
182. Leisman, G.; Moustafa, A.A.; Shafir, T. Thinking, Walking, Talking: Integratory Motor and Cognitive Brain Function. *Front Public Health* **2016**, *4*, doi:10.3389/fpubh.2016.00094.
183. Barker, J.E.; Semenov, A.D.; Michaelson, L.; Provan, L.S.; Snyder, H.R.; Munakata, Y. Less-Structured Time in Children’s Daily Lives Predicts Self-Directed Executive Functioning. *Front Psychol* **2014**, *5*, doi:10.3389/fpsyg.2014.00593.
184. Donnelly, J.E.; Hillman, C.H.; Castelli, D.; Etnier, J.L.; Lee, S.; Tomporowski, P.; Lambourne, K.; Szabo-Reed, A.N. Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *Med Sci Sports Exerc* **2016**, *48*, 1197–1222, doi:10.1249/MSS.0000000000000901.
185. Diamond, A.; Lee, K. Interventions Shown to Aid Executive Function Development in Children 4 to 12 Years Old. *Science (1979)* **2011**, *333*, 959–964, doi:10.1126/science.1204529.

186. Buszard, T.; Farrow, D.; Verswijveren, S.J.J.M.; Reid, M.; Williams, J.; Polman, R.; Ling, F.C.M.; Masters, R.S.W. Working Memory Capacity Limits Motor Learning When Implementing Multiple Instructions. *Front Psychol* **2017**, *8*, doi:10.3389/fpsyg.2017.01350.
187. Usai, M.C. Inhibitory Abilities in Girls and Boys: More Similarities or Differences? *J Neurosci Res* **2022**, doi:10.1002/jnr.25034.
188. Wu, M.; Liang, X.; Lu, S.; Wang, Z. Infant Motor and Cognitive Abilities and Subsequent Executive Function. *Infant Behav Dev* **2017**, *49*, 204–213, doi:10.1016/j.infbeh.2017.09.005.
189. Stad, F.E.; Wiedl, K.H.; Vogelaar, B.; Bakker, M.; Resing, W.C.M. The Role of Cognitive Flexibility in Young Children’s Potential for Learning under Dynamic Testing Conditions. *European Journal of Psychology of Education* **2019**, *34*, 123–146, doi:10.1007/s10212-018-0379-8.
190. Khan, N.A.; Hillman, C.H. The Relation of Childhood Physical Activity and Aerobic Fitness to Brain Function and Cognition: A Review. *Pediatr Exerc Sci* **2014**, *26*, 138–146, doi:10.1123/pes.2013-0125.
191. Westfall, D.R.; Kao, S.-C.; Scudder, M.R.; Pontifex, M.B.; Hillman, C.H. The Association between Aerobic Fitness and Congruency Sequence Effects in Preadolescent Children. *Brain Cogn* **2017**, *113*, 85–92, doi:10.1016/j.bandc.2016.12.005.
192. de Greeff, J.W.; Bosker, R.J.; Oosterlaan, J.; Visscher, C.; Hartman, E. Effects of Physical Activity on Executive Functions, Attention and Academic Performance in Preadolescent Children: A Meta-Analysis. *J Sci Med Sport* **2018**, *21*, 501–507, doi:10.1016/j.jsams.2017.09.595.
193. Pesce, C.; Croce, R.; Ben-Soussan, T.D.; Vazou, S.; McCullick, B.; Tomporowski, P.D.; Horvat, M. Variability of Practice as an Interface between Motor and Cognitive Development. *Int J Sport Exerc Psychol* **2019**, *17*, 133–152, doi:10.1080/1612197X.2016.1223421.
194. Roebbers, C.M.; Röthlisberger, M.; Neuenschwander, R.; Cimeli, P.; Michel, E.; Jäger, K. The Relation between Cognitive and Motor Performance and Their Relevance for Children’s Transition to School: A Latent Variable Approach. *Hum Mov Sci* **2014**, *33*, 284–297, doi:10.1016/j.humov.2013.08.011.
195. Mora-Gonzalez, J.; Esteban-Cornejo, I.; Cadenas-Sanchez, C.; Migueles, J.H.; Molina-Garcia, P.; Rodriguez-Ayllon, M.; Henriksson, P.; Pontifex, M.B.; Catena, A.; Ortega, F.B. Physical Fitness, Physical Activity, and the Executive Function in Children with Overweight and Obesity. *J Pediatr* **2019**, *208*, 50-56.e1, doi:10.1016/j.jpeds.2018.12.028.
196. Geserick, M.; Vogel, M.; Gausche, R.; Lipek, T.; Spielau, U.; Keller, E.; Pfäffle, R.; Kiess, W.; Körner, A. Acceleration of BMI in Early Childhood and Risk of Sustained Obesity. *New England Journal of Medicine* **2018**, *379*, 1303–1312, doi:10.1056/nejmoa1803527.
197. Blüher, M. Obesity: Global Epidemiology and Pathogenesis. *Nat Rev Endocrinol* **2019**, *15*, 288–298.
198. Poitras, V.J.; Gray, C.E.; Borghese, M.M.; Carson, V.; Chaput, J.P.; Janssen, I.; Katzmarzyk, P.T.; Pate, R.R.; Connor Gorber, S.; Kho, M.E.; et al. Systematic Review of the

Relationships between Objectively Measured Physical Activity and Health Indicators in School-Aged Children and Youth. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism* **2016**, *41*, S197–S239, doi:10.1139/apnm-2015-0663.

199. Saunders, T.J.; Gray, C.E.; Poitras, V.J.; Chaput, J.P.; Janssen, I.; Katzmarzyk, P.T.; Olds, T.; Connor Gorber, S.; Kho, M.E.; Sampson, M.; et al. Combinations of Physical Activity, Sedentary Behaviour and Sleep: Relationships with Health Indicators in School-Aged Children and Youth. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism* **2016**, *41*, S283–S293, doi:10.1139/apnm-2015-0626.

200. Taxová Braunerová, R.; Kunešová, M.; Heinen, M.M.; Rutter, H.; Hassapidou, M.; Duleva, V.; Pudule, I.; Petrauskienė, A.; Sjöberg, A.; Lissner, L.; et al. Waist Circumference and Waist-to-Height Ratio in 7-Year-Old Children—WHO Childhood Obesity Surveillance Initiative. *Obesity Reviews* **2021**, *22*, doi:10.1111/obr.13208.

201. Bibiloni, M.D.M.; Gallardo-Alfaro, L.; Gómez, S.F.; Wärnberg, J.; Osés-Recalde, M.; González-Gross, M.; Gusi, N.; Aznar, S.; Marín-Cascales, E.; González-Valeiro, M.; et al. Combined Body Mass Index and Waist-to-Height Ratio and Its Association with Lifestyle and Health Factors among Spanish Children: The PASOS Study. *Nutrients* **2022**, *14*, doi:10.3390/nu14020234.

202. Di Cesare, M.; Sorić, M.; Bovet, P.; Miranda, J.J.; Bhutta, Z.; Stevens, G.A.; Laxmaiah, A.; Kengne, A.P.; Bentham, J. The Epidemiological Burden of Obesity in Childhood: A Worldwide Epidemic Requiring Urgent Action. *BMC Med* **2019**, *17*, doi:10.1186/s12916-019-1449-8.

203. Carvalho, E.A. de A.; Simão, M.T.J.; Fonseca, M.C.; Andrade, R.G. de; Ferreira, M.S.G.; Silva, A.F.; Souza, I.P.R. de; Fernandes, B.S. Obesidade: Aspectos Epidemiológicos e Prevenção. *Revista Médica de Minas Gerais* **2013**, *23*, 74–82, doi:10.5935/2238-3182.20130012.

204. Abarca-Gómez, L.; Abdeen, Z.A.; Hamid, Z.A.; Abu-Rmeileh, N.M.; Acosta-Cazares, B.; Acuin, C.; Adams, R.J.; Aekplakorn, W.; Afsana, K.; Aguilar-Salinas, C.A.; et al. Worldwide Trends in Body-Mass Index, Underweight, Overweight, and Obesity from 1975 to 2016: A Pooled Analysis of 2416 Population-Based Measurement Studies in 128·9 Million Children, Adolescents, and Adults. *The Lancet* **2017**, *390*, 2627–2642, doi:10.1016/S0140-6736(17)32129-3.

205. Ferreira, C.M.; Reis, N.D. dos; Castro, A. de O.; Höfelmann, D.A.; Kodaira, K.; Silva, M.T.; Galvao, T.F. Prevalence of Childhood Obesity in Brazil: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Pediatr (Rio J)* **2021**, *97*, 490–499, doi:10.1016/j.jpmed.2020.12.003.

206. Skinner, A.C.; Perrin, E.M.; Skelton, J.A. Prevalence of Obesity and Severe Obesity in US Children, 1999–2014. *Obesity* **2016**, *24*, 1116–1123, doi:10.1002/oby.21497.

207. Wang, Y.; Zhao, L.; Gao, L.; Pan, A.; Xue, H. Health Policy and Public Health Implications of Obesity in China. *Lancet Diabetes Endocrinol* **2021**, *9*, 446–461, doi:10.1016/S2213-8587(21)00118-2.

208. Abeso Mais de 6 Milhões de Crianças Estão Com Excesso de Peso No Brasil Available online: <https://abeso.org.br/mais-de-6-milhoes-de-criancas-estao-com-excesso-de-peso-no-brasil/> (accessed on 9 January 2023).
209. Sahoo, Krushnapriya Sahoo, B.; Choudhury, Ashok Kumar Sofi, N.Y.; Kumar, R.; Bhadoria, A.S. Childhood Obesity: Causes and Consequences. *J Family Med Prim Care* **2015**, *4*, 187–192, doi:10.4103/2249-4863.154628.
210. Cheng, J.; East, P.; Blanco, E.; Kang Sim, E.; Castillo, M.; Lozoff, B.; Gahagan, S. Obesity Leads to Declines in Motor Skills across Childhood. *Child Care Health Dev* **2016**, *42*, 343–350, doi:10.1111/cch.12336.
211. Ahmed, J.; Laghari, A.; Naseer, M.; Mehraj, V. Prevalence of and Factors Associated with Obesity among Pakistani Schoolchildren: A School-Based, Cross-Sectional Study. *Eastern Mediterranean Health Journal* **2013**, *19*, 242–247.
212. Yuksel, H.S.; Şahin, F.N.; Maksimovic, N.; Drid, P.; Bianco, A. School-Based Intervention Programs for Preventing Obesity and Promoting Physical Activity and Fitness: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health* **2020**, *17*, doi:10.3390/ijerph17010347.
213. Reyes, A.C.; Chaves, R.; Baxter-Jones, A.D.G.; Vasconcelos, O.; Tani, G.; Maia, J. A Mixed-Longitudinal Study of Children’s Growth, Motor Development and Cognition. Design, Methods and Baseline Results on Sex-Differences. *Ann Hum Biol* **2018**, *45*, 376–385, doi:10.1080/03014460.2018.1511828.
214. Martin, A.; Booth, J.N.; Laird, Y.; Sproule, J.; Reilly, J.J.; Saunders, D.H. Physical Activity, Diet and Other Behavioural Interventions for Improving Cognition and School Achievement in Children and Adolescents with Obesity or Overweight. *Cochrane Database of Systematic Reviews* **2018**, *1*, doi:10.1002/14651858.CD009728.pub3.

6 METODOLOGIA GERAL

6.1 Aspectos éticos

A presente tese é resultante do projeto de pesquisa longitudinal-misto intitulado “Relação entre Atividade Física, Competência Motora, Indicadores de Saúde, Capacidades Cognitivas e Desempenho Escolar em Crianças e Adolescentes de três aos 12 anos”. O projeto teve como objetivo primário investigar as relações entre atividade física, competência motora, indicadores de saúde, capacidades cognitivas e desempenho escolar de crianças e adolescentes. O objetivo secundário foi analisar a associação entre os níveis de atividade física, cognição, metacognição e desempenho acadêmico ao longo do tempo.

O estudo foi conduzido de acordo com as diretrizes da Declaração de Helsinque e das normas da Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos da Universidade Federal de Viçosa, sob o número de registro CAAE: 62155016.8.0000.5153 e parecer 1.888.177, em 10 de janeiro de 2017 (Anexo A).

Todas as crianças participaram do estudo mediante a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice A) pelos responsáveis legais. A participação no estudo foi voluntária, sendo preservadas as informações de caráter pessoal. Além disso, foi conferida a criança ou à família o direito de recusar-se a participar ou retirar-se do estudo a qualquer momento, sem qualquer prejuízo.

6.2 Delineamento do Estudo

Trata-se de um estudo epidemiológico de base escolar, tendo como objeto de estudo a frequência, a distribuição e os determinantes de saúde em populações humanas, bem como a aplicação desses estudos no controle dos eventos relacionados com a saúde [1]. Além disso, o presente estudo apresenta um delineamento de coortes, em que um grupo específico de indivíduos (sendo as unidades de estudo) são acompanhados durante certo período [1].

6.2.1 Casuística

Iniciado em 2017, o estudo foi realizado com crianças de ambos os sexos, acompanhadas ao longo de dois anos, com idade inicial de seis e oito anos, regularmente

matriculadas no primeiro e terceiro ano do ensino fundamental, de uma escola municipal da cidade de Santo Antônio do Grama, Minas Gerais, Brasil.

Inicialmente foi realizado um contato com a escola, a qual foi informada sobre os objetivos e metodologia do projeto. Em seguida, solicitou-se o consentimento para divulgar e executar a pesquisa nas turmas de primeiro e terceiro ano. Após o aceite da direção executiva escolar foram realizadas visitas nas turmas de primeiro e terceiro ano do ensino fundamental para explicação dos objetivos e procedimentos da pesquisa às crianças, assim como foi realizado o convite para participar do estudo. Todas as crianças receberam o TCLE, que deveriam ser assinados pelos responsáveis legais, e devolvidos.

6.2.2 Critérios de elegibilidade

Considerou-se os seguintes critérios de inclusão:

- Estar regularmente matriculado (a) no primeiro e terceiro ano na respectiva escola;
- Aceitar participar voluntariamente do projeto com a assinatura do TCLE pelos responsáveis legais;
- Não possuir algum tipo de doença, e apresentar deficiência física e/ou cognitiva que comprometesse as avaliações.

6.2.3 Seleção da amostra

Para compor a amostra, no início do estudo, 133 crianças foram convidadas a participarem da pesquisa por estarem matriculadas no primeiro e terceiro ano (anos selecionados para o estudo de coortes). Desse montante, 89 crianças aceitaram participar da pesquisa e retornaram com o TCLE assinado pelo responsável legal. Foram realizadas seis avaliações ao longo do tempo. Após a conferência das informações completas em todos os momentos de avaliação, 67 crianças (36 crianças com seis anos e 31 crianças com oito anos de idade) de ambos os sexos (26 meninas, 41 meninos) foram divididas em duas coortes. A primeira coorte iniciou o estudo com seis anos e terminou aos oitos anos de idade, e a segunda coorte iniciou a pesquisa com oito anos e finalizou com 10 anos de idade. No total foram dois anos de acompanhamento, com início em 2017 (linha de base – T0), seguimento em 2018 (T1) e 2019 (última avaliação – T2) (Figura 1).

O cálculo amostral não foi realizado por dois motivos: primeiramente, a cidade não apresentava outras escolas que ofertavam o ensino fundamental I, pelo simples fato de que a única escola existente conseguia atender às demandas referente ao número de escolares

matriculados do município; segundo, ao contactar a direção executiva da escola, informamos o interesse de avaliar todas as crianças matriculadas no primeiro e terceiro ano para compor o estudo de coortes. Com aceite favorável da direção escolar, todas as crianças foram convidadas a participar da pesquisa e, assim, obtivemos um percentual de participação no estudo de 78% de todas as crianças convidadas.

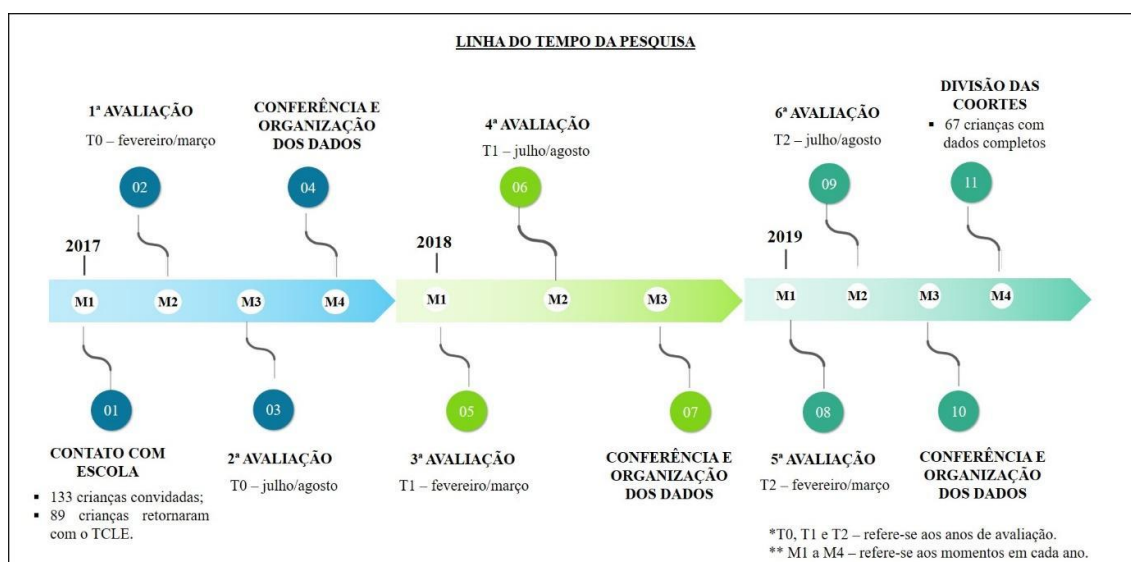


Figura 1 - Linha do tempo da pesquisa referente ao período das avaliações.

Fonte: autoria própria.

6.2.4 Caracterização do local do estudo

O município de Santo Antônio do Gramma encontra-se localizada na Zona da Mata de Minas Gerais, na microrregião de Ponte Nova. A cidade possui uma área de 130,213 km² e está geograficamente localizada nas coordenadas de latitude 20°18'52" S e longitude 42°36'31" O. A cidade de Santo Antônio do Gramma encontra-se a 210 km de Belo Horizonte (capital do estado de Minas Gerais) e distante 920 km da capital federal do Brasil (Brasília). O acesso ao município pode ser feito pela BR-040, partindo de Belo Horizonte, seguindo a rodovia BR-356 até a cidade de Ouro Preto, passando pela cidade de Ponte Nova e/ou através da rodovia BR-262, até o trevo de Rio Casca, onde tem o acesso à rodovia MG-329 [2].

A população gramense contava com 4085 habitantes no último censo (2010) e uma densidade demográfica de 31,37 habitantes/km² [3]. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população estimada era de 3861 habitantes no ano de 2021. Cerca de 82,36% dos habitantes estavam localizados em área urbana e 17,64% em área rural. Além disso, aproximadamente 82,23% da população é atendida com abastecimento de água, 98,42% da população é atendida com esgotamento sanitário, 80,29% da população é atendida

com coleta de Resíduos Domiciliares e possui coleta seletiva de Resíduos Sólidos, e recupera 33,33% do total de resíduos coletados no município [4]. O município possui como setores econômicos o Serviço e a Agropecuária.

Atualmente, a cidade de Santo Antônio do Grama possui duas escolas municipais, das quais uma oferece apenas o serviço de creche, que atende crianças no intervalo etário entre um ano de idade até cinco anos e 11 meses. A outra escola municipal atende crianças de três aos 10 anos e 11 meses de idade, que corresponde aos anos iniciais da educação básica e ensino fundamental I. O município também conta uma escola estadual e não existe nenhuma escola privada [2].

6.3 Coleta de dados

A coleta de dados ocorreu em 2017, 2018 e 2019. As avaliações ocorreram duas vezes por ano, sempre nos respectivos meses de fevereiro-março e julho-agosto. O período de coleta ocorreu no intervalo de 12 meses, ou seja, uma dada criança que foi avaliada em fevereiro-março de 2017, foi reavaliada no período compreendido entre fevereiro-março dos anos de 2018 e 2019. O mesmo procedimento ocorreu para a coleta das informações nos meses de julho-agosto. Ressalta-se que a divisão para esses respectivos meses de coleta ocorreu em função da logística e disponibilidade da escola para realização das avaliações em sua dependência.

No primeiro encontro, as crianças receberam informações relacionadas à pesquisa e seus procedimentos, e foram convidados a participar por meio do TCLE (Figura 2). No segundo encontro, as crianças deveriam retornar com o termo assinado, e com base nos critérios de elegibilidade do projeto as crianças foram selecionadas. No início da pesquisa, a escola tinha três turmas de primeiro ano (A, B e C) e três turmas de terceiro ano (A, B e C), com média de 19 crianças em cada turma. Todas as seis turmas foram avaliadas. As avaliações ocorreram conforme o turno (matutino e vespertino) escolar.

As estações de antropometria e das funções executivas ocorreram em salas diferentes e simultaneamente, ou seja, enquanto coletava-se a antropometria em um grupo de até cinco crianças, o outro grupo (até cinco) era avaliado nas funções executivas, e ao finalizar de cada estação, era realizada a troca entre elas. Na sala da antropometria foi determinado espaço reservado para avaliações de meninos e meninas separadamente, e foram tomados todos os cuidados para que as crianças fossem avaliadas por avaliadores do mesmo sexo. As salas onde ocorreram a avaliação das funções executivas foram equipadas para atender a criança e o avaliador, e o espaço não continha desenhos, mapas e/ou figuras que pudessem desviar a

atenção da criança. O tempo de execução das avaliações em ambas as estações (antropometria e funções executivas) para cada grupo de crianças foi de aproximadamente 60 minutos.

Na quadra poliesportiva da escola, as crianças foram avaliadas conforme os protocolos de aptidão física e competência motora real. Os testes de avaliação das componentes da aptidão física ocorreram sempre após as coletas da antropometria e funções executivas e antes do intervalo do recreio, para que a criança não sentisse nenhum desconforto no momento de execução dos testes (dado o tempo espaçado entre a refeição e o teste). O tempo de execução da aptidão física foi de aproximadamente 30 minutos para um grupo de até 10 crianças.

Após o intervalo do recreio, era realizada a avaliação da competência motora das crianças. Duas estações foram montadas (uma de habilidades de locomoção e a outra com as habilidades de controle de objetos). Cada estação avaliava duas crianças por vez. Ao término das avaliações, ocorria o rodízio entre as estações. O tempo gasto na avaliação da competência motora real para um grupo de até quatro crianças foi de aproximadamente 30 minutos.

A aplicação dos questionários para avaliar a competência motora percebida (escala pictográfica), atividade física e de caracterização da amostra foram alocados em um espaço reservado da quadra, com um tempo de execução de aproximadamente 30 minutos para cada criança. A aplicação ocorreu após o intervalo do recreio no mesmo momento da avaliação da competência motora com as crianças que estavam aguardando para serem avaliadas em uma das estações da competência motora ou com as crianças que já tinham finalizado as duas estações.

A estimativa direta da atividade física foi a última etapa da coleta de dados, e ocorreu em período posterior à semana de coleta, em virtude do número de instrumentos (pedômetros e acelerômetros) disponíveis, assim como o tempo despendido (período de sete dias) para a avaliação de criança. Em média, gastou-se 15 dias para avaliar a atividade física das crianças consoante a turma escolar.

As coletas foram realizadas por 10 avaliadores (profissionais e/ou estudantes de Educação Física), que foram previamente capacitados com a rotina de testes. Houve o cuidado para que os avaliadores fossem do mesmo sexo que os avaliados, visando deixar as crianças mais à vontade e menos constrangidas durante a avaliação das medidas corporais. A cada seis meses (especificamente uma semana antes de iniciar as avaliações), foram realizadas novas capacitações a fim de recordar os procedimentos de avaliação. O período de execução das avaliações na escola em cada momento de coleta foi de cinco dias úteis (segunda a sexta-feira).

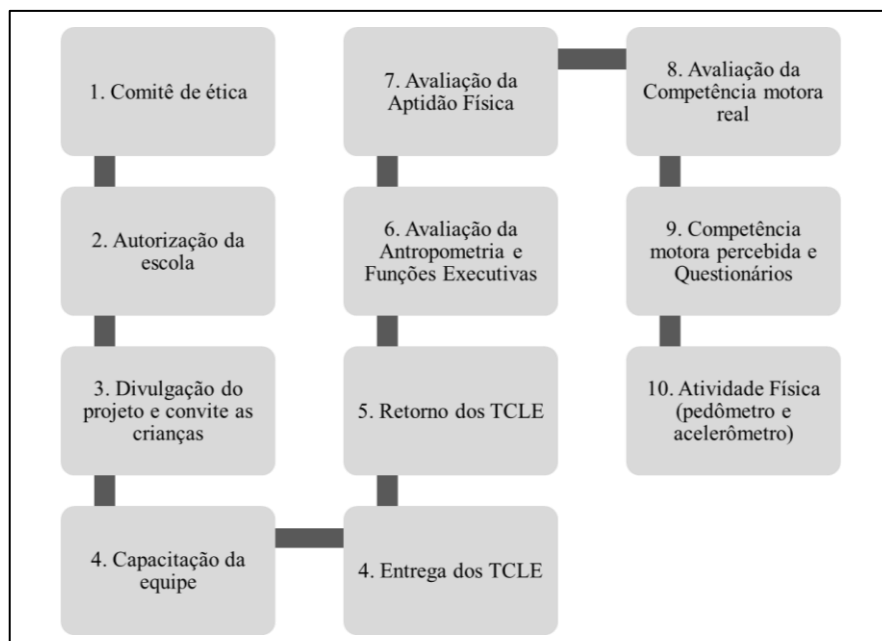


Figura 2 - Fluxograma do projeto.

Fonte: Autoria própria.

6.4 Variáveis do Estudo

6.4.1 Questionário para Caracterização da Amostra

O questionário para caracterização da amostra foi dividido em três partes: i) relacionada aos dados demográficos da criança (sexo, idade, local onde mora; escolaridade, etc.); ii) referente às atividades esportivas realizadas no ambiente escolar; iii) associada com a experiência esportiva formal (em clube ou escolinha esportiva) da criança. As crianças que não eram capazes de preencher o questionário, por não saberem ler ou compreender as perguntas, foram acompanhadas por um avaliador de forma a esclarecer as dúvidas das crianças e registrar as respostas (Apêndice B). Apenas as informações da primeira parte do questionário (dados demográficos) foram utilizadas nas análises da presente tese.

6.4.2 Indicadores de Crescimento

A estatura e a massa corporal foram consideradas no estudo com indicadores de crescimento.

Para a medição da estatura foi utilizado um estadiômetro portátil (Sanny®, Brasil) de alta precisão (0,1 cm), onde a criança deveria permanecer em posição anatômica, com os pés

descalços sobre a base do estadiômetro e a cabeça posicionada no plano de *Frankfurt* [5]. Duas medidas foram realizadas, e admitiu-se variação máxima de 0,5 cm entre as medidas, sendo utilizada a média como resultado final. Caso a aferição das medidas ultrapassasse a variação de 0,5cm, foram realizadas novas medidas até se obter medidas no intervalo aceitável (Apêndice C). A massa corporal foi medida, com precisão de 0,1 kg, com uma balança digital (TEC-117, Tech Line). A criança deveria permanecer imóvel em cima da balança, descalça e com roupas leves [5] (Apêndice B).

6.4.3 Indicadores de adiposidade

Os indicadores de adiposidade considerados no estudo foram o IMC, PGC e RCE.

O IMC foi calculado a partir da fórmula estandardizada [IMC = massa corporal (kg)/estatura (m²)]. A partir desse índice, as crianças foram classificadas quanto ao estado nutricional, utilizando as curvas IMC/idade da Organização Mundial da Saúde [6], cujos valores encontram-se descritos no quadro 1.

Quadro 1 - Classificação do estado nutricional em escore-Z.

Classificação do Estado Nutricional	Valores de referência
Abaixo do peso	< Escore-z -2
Normoponderal	≥ Escore-z -2 e < Escore-z +1
Sobrepeso	≥ Escore-z + 1 e < Escore-z +2
Obesidade	≥ Escore-z +2

Fonte: Organização Mundial da Saúde [6].

Para determinação do PCG foram mensuradas as dobras cutâneas tricipital e subescapular através de um adipômetro (Mitutoyo, modelo BFG308, Cerscorf®), seguindo os padrões internacionais para avaliação antropométrica [5]. A dobra cutânea tricipital foi obtida na região posterior do braço, no ponto médio entre o acrômio e o radial médio. A dobra cutânea subescapular foi obtida medialmente abaixo do vértice inferior da escápula, a 2 cm da borda inferior da escápula, conforme orientação dos arcos costais. Duas medidas foram realizadas para cada dobra cutânea, e em caso de diferença superior a 2mm entre elas, uma terceira medida foi realizada, sendo utilizado o valor médio (Apêndice C). O PGC foi estimado pela equação de Lohman [7], adotando as constantes conforme sexo e idade. A classificação PGC (muito baixo, baixo, ótimo, moderado/alto, alto, e muito alto) seguiu os pontos de corte propostos por Lohman [8], de acordo com o sexo.

A circunferência da cintura foi mensurada no ponto medial entre o rebordo costal inferior e a crista ilíaca superior, utilizando uma fita métrica (Sany®, Brasil) com precisão de 0,1 cm. Foram realizadas duas mensurações, e em caso de diferença maior que 0,5 cm entre as medidas, uma terceira medida foi realizada, utilizando-se o valor médio das mensurações realizadas (Apêndice C). Posteriormente, foi realizado o cálculo da RCE (divisão da circunferência da cintura pela medida da estatura em centímetros), e sua respectiva classificação ($<0,5$ ideal e $\geq 0,5$ risco de saúde), conforme os pontos de corte propostos por Ashwell e Hsieh [9].

6.4.4 Atividade Física

A atividade física foi estimada através de questionário, uso de pedômetro e acelerômetro.

O questionário de Atividade Física Habitual de Baecke [10], foi aplicado às crianças através de entrevista realizadas pelos avaliadores (Anexo B). O questionário contém 16 questões distribuídas em três seções distintas, cada uma procurando estabelecer estimativas quanto a uma dimensão específica do nível de prática habitual de atividade física dos avaliados. A seção I refere-se as atividades físicas ocupacionais (prática de atividade física na escola/trabalho); a seção II compreende as atividades físicas esportivas (relacionado com a prática esportiva, exercícios físicos e lazer ativo) e; seção III relacionada às atividades físicas de deslocamento (referente ao tempo livre e locomoção). As opções de respostas são codificadas em uma escala *likert* de cinco pontos, com exceção da questão 1 (relacionada a principal ocupação do avaliado) e questão 9 (refere-se à modalidade esportiva que pratica, quando for o caso). Com base nas respostas das questões, estima-se o escore de cada seção e o escore total da atividade física habitual.

O pedômetro (Yamax, Digi-Walker, modelo SW 200), foi utilizado para estimar a atividade física das crianças. O instrumento é válido e fiável para a medição da atividade física em crianças [11]. As crianças foram instruídas a utilizá-lo durante o tempo desperto, por sete dias consecutivos, incluindo ao menos dois dias de fim de semana. Foram consideradas “elegíveis” para compor a amostra do estudo as crianças que apresentaram informações de registro de pedômetro de, pelo menos, quatro dias (informações acerca do número de passos), incluindo um dia de final de semana. A classificação do nível de atividade física foi realizada a partir do número médio de passos total, consoante o sexo (feminino 11.000 passos/dia e

masculino 13.000 passos/dia), proposta por Tudor-Locke et al. [12], sendo as crianças classificadas como “atinge as recomendações” e “não atinge as recomendações”.

As crianças utilizaram o acelerômetro por sete dias consecutivos, sendo válidos pelo menos quatro dias, dos quais ao menos um deveria ser referente a um dia do final de semana. O acelerômetro *ActiGraph* (modelo GT3X) foi usado para monitorar o tempo gasto em diferentes intensidades de atividade física [leve (AFL), moderada a vigorosa (AFMV) (min.dia^{-1})], e o comportamento sedentário (min.dia^{-1}). O *software ActiLife* (versão 6.13.4) (*ActiGraph, LLC, Fort Walton Beach, EUA*) foi utilizado para realizar a extração dos dados dos acelerômetros. O acelerômetro foi inicializado para coletar dados a uma taxa de amostragem de 30 Hz, com filtro normal, em *epochs* de 1s e depois os dados foram reintegrados em *epochs* de 15s. O tempo de não-uso foi definido como zero *counts*/minuto consecutivos que durasse pelo menos 20 minutos. Para serem incluídos na análise, foi necessário que os participantes atingissem um mínimo de 10 h.dia^{-1} de "tempo de uso". Com base na média semanal, as crianças foram classificadas de acordo com categorias de comportamentos específicos. A classificação do tempo gasto em comportamento sedentário, AFL e AFMV foi realizada com base nos pontos de corte propostos por Evenson et al. [13], que estão apresentados no Quadro 2. De acordo com os valores propostos pela Organização Mundial da Saúde, as crianças foram classificadas como ativas (ao atingir as recomendações) ao realizar pelo menos 60 minutos diários AFMV ou inativas (não atingir as recomendações) quando não atingiram os 60 minutos diários de AFMV [14].

Os pedômetros e os acelerômetros foram colocados no quadril, lado direito, presos em um cinto elástico, e as crianças foram instruídas a não mudar sua rotina diária. Além disso, os responsáveis legais, assim como as crianças foram orientadas a remover os aparelhos para atividades aquáticas, como tomar banho e nadar, e ao dormir. Os responsáveis pelos avaliados receberam um diário de uso do equipamento, no qual deveriam anotar, diariamente, o horário que colocavam os monitores e o horário que retiravam a noite (Apêndice D).

Quadro 2 - Classificação dos níveis de atividade física e comportamento sedentário.

Atividade	Ponto de corte
Comportamento sedentário	< 100 <i>counts</i>
Atividade Leve	≥ 100 e < 2295 <i>counts</i>
Atividade Física Moderada a Vigorosa	≥ 2296 <i>counts</i>

Fonte: Adaptado de Evenson et al. [13].

6.4.5 Aptidão Física

A aptidão física foi estimada através de avaliação de diferentes componentes (força de preensão manual, força de membros superiores, força de membros inferiores, resistência abdominal, velocidade, agilidade, flexibilidade e aptidão cardiorrespiratória), de acordo com protocolos do EUROFIT, FITNESSGRAM, AAHPERD, PROESP-BR (Apêndice C) [15–18].

Força de preensão manual (EUROFIT): foi mensurada com dinamômetro digital (JAMAR[®], modelo 5030, J1). O procedimento foi conduzido com ambas as mãos. A criança deveria estar na posição de pé, segurando o dinamômetro com a mão, o braço estendido e ligeiramente afastado do corpo, e ao comando do avaliador deveria apertar o aparelho com força máxima. Foram registradas duas tentativas para cada mão. A partir do melhor resultado obtido para cada uma das mãos (dominante e não dominante), foi calculada a média e considerado nas análises [15].

Força de membros superiores (*push up*) (FITNESSGRAM): as crianças tinham que se posicionar em decúbito ventral, manter os cotovelos estendidos e as mãos ao solo e na linha dos ombros. Ao sinal do avaliador, as crianças deveriam baixar o tronco até cinco centímetros do solo, de modo que os cotovelos completarem um ângulo de 90° graus, e na sequência deveriam realizar a extensão de cotovelos, retornando à posição inicial. Para as meninas adotou-se seis apoios (mãos, joelhos e pés) e para os meninos quatro apoios (mãos e pés). O número máximo de flexões foi registrado e incluído nas análises [16].

Força de membros inferiores (salto horizontal) (PROESP-BR): uma linha de partida foi determinada, e as crianças, posicionadas atrás desta linha, com os pés paralelos ao solo, deveriam saltar o mais distante possível, sendo permitido a movimentação de braços e o tronco. A finalização do movimento consistia na aterrissagem com os dois pés no solo e sem perder o equilíbrio. O registro da distância ocorreu entre a linha de partida e o ponto de contato mais próximo desta linha. Duas tentativas foram registradas e o melhor desempenho de ambas foi incluído nas análises [17].

Resistência abdominal (*curl up*) (FITNESSGRAM): deitado em decúbito dorsal, com as mãos posicionadas atrás da nuca, com os joelhos flexionados e os pés apoiados no solo, ao comando do avaliador, a criança deveria retornar à posição sentada, levando os cotovelos para frente de forma a tocar nos joelhos (as mãos deveriam permanecer juntas, atrás da nuca, durante todo o exercício) e depois retornar à posição em decúbito dorsal. O maior número de repetições que a criança conseguiu realizar durante 30 segundos foi registrado e considerado nas análises [16].

Velocidade (*Shuttle run* 10 x 5 metros) (EUROFIT): duas linhas paralelas no solo, com 1,20 cm, e distantes cinco metros uma da outra foram determinadas com cones. Ao sinal do avaliador, as crianças deveriam correr o mais rápido entre uma linha e outra, completando 10 voltas. O tempo (em segundos) de cada criança foi registrado ao final da última volta, e considerado nas análises [15].

Agilidade (teste do quadrado) (EUROFIT): uma linha de partida foi delimitada. A criança deveria percorrer um percurso delimitado de quatro por quatro metros o mais rápido. No percurso, cada ângulo do quadrado foi sinalizado por um cone para orientar o trajeto. A criança deveria tocar com uma das mãos cada um dos cones que demarcam o percurso. O tempo (em segundos) despendido pela criança foi registrado na tentativa válida e considerado nas análises [15].

Flexibilidade (teste de sentar e alcançar) (AAHPERD): a criança deveria estar sentada no solo, sem calçado e com os pés apoiado no banco de madeira (banco de *Wells*). Ao sinal do avaliador, deveria alcançar com ambas as mãos a distância máxima no banco de *Wells* através da flexão do tronco. Duas tentativas foram realizadas e registradas, e o melhor resultado de ambas as tentativas foi considerado [18].

Aptidão cardiorrespiratória (teste de corrida e caminhada 6 minutos) (PROESP-BR): as crianças tinham que caminhar e/ou correr durante seis minutos em um percurso delimitado (18 x 9 metros). O resultado foi determinado pela distância final (em metros), considerando duas casas decimais [17]. A classificação da aptidão cardiorrespiratória (zona de risco à saúde e zona saudável) foram propostos por Gaya e Gaya [17].

6.4.6 Competência Motora Real

A competência motora real foi avaliada através da bateria de teste de Desenvolvimento Motor Grosso (TGMD-2) [19]. O teste foi usado para avaliar 12 habilidades motoras fundamentais, sendo seis habilidades locomotoras (correr, pular de um pé, deslocar lateralmente, galopar, saltar um obstáculo e saltar horizontalmente) e seis habilidades de controle de objetos (rebater uma bola estacionária, driblar, pegar, chutar, arremessar e rolar por baixo). Antes de cada tentativa da criança, o avaliador fornecia as instruções e executava a habilidade. Para cada habilidade, a criança recebeu uma tentativa de prática e duas tentativas válidas para posterior avaliação. Conforme o protocolo do teste, o desempenho das habilidades motoras fundamentais é pontuado com base na presença (1) ou ausência (0) de três a cinco critérios específicos de cada habilidade. As somas dessas pontuações em ambas as tentativas

para as 12 habilidades (locomoção e controle de objetos) fornecem uma pontuação bruta para cada subteste locomoção (varia de 0 a 48 pontos) e controle de objetos (0 a 48 pontos), e resulta no escore bruto total do teste (entre 0 e 96 pontos) (Anexo C). A partir dos subtestes e escores padronizados obteve-se o Quociente Motor Geral, com base nas tabelas normativas para idade e sexo das crianças. As crianças foram classificadas em: muito superior, superior, acima da média, média, abaixo da média, pobre e muito pobre.

6.4.7 Competência Motora Percebida

A Escala Pictográfica de Avaliação da Competência Percebida em Habilidades Motoras [20] foi utilizada para avaliar competência motora percebida das crianças [21] (Anexo D). O instrumento é composto por 12 tarefas pictográficas (que correspondem as habilidades avaliadas da competência motora real, através da bateria TGMD-2), sendo seis tarefas relacionadas às habilidades de locomoção e seis voltadas para as habilidades controle de objetos. A escala apresenta uma variável de resposta de escala *likert* de quatro pontos (intervalo de um a quatro). As crianças responderam a escala individualmente (consoante o folheto específico do seu sexo) com um avaliador treinado. Para cada tarefa, foram mostradas às crianças duas ilustrações, sendo uma criança realizando a habilidade com competência e a outra ilustração com ausência de competência. A criança tinha de apontar/responder para qual das ilustrações mais se parecia com ela. O avaliador registrava a resposta da criança (Apêndice B). As pontuações para a escala total variam entre 12 e 48 pontos, os valores próximos a 12 representam baixa competência motora e valores próximos de 48 demonstram alta competência motora.

6.4.8 Funções Executivas

As funções executivas centrais avaliadas foram o controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva (Anexo E).

O controle inibitório foi avaliado através da bateria de testes Cinco Dígitos. O teste consiste em tarefa neuropsicológica utilizada para avaliar o efeito *Stroop* através de informações conflitantes sobre os números. O instrumento possui quatro etapas, que consiste na leitura, contagem, escolha e alternância dos cinco primeiros algarismos arábicos (1, 2, 3, 4 e 5). Os algarismos são apresentados dentro de vários quadrados dispostos em uma página (figura 3). Os números variam aleatoriamente em cada quadrado. Na primeira etapa, é solicitada

à criança que leia os números arábicos que estão dispostos nos quadrados. Na segunda etapa, a criança deve contar a quantidade de asteriscos que há em cada quadrado. Na terceira etapa, deve-se contar a quantidade de números dentro de cada quadrado (não há coincidências entre algarismos e a quantidade de números apresentados em cada quadrado). Na última etapa, executa-se a mesma tarefa da etapa 3, no entanto é acrescentado um novo estímulo, em que alguns quadrados apresentam uma borda mais espessa, o que indica que a criança deve alterar a regra, e invés disso ler os números. Assim, as duas primeiras etapas são medidas de atenção automática e velocidade de processamento, e as duas últimas avaliam a atenção controlada (controle inibitório) e atenção executiva. Para as análises foi utilizada a terceira etapa do instrumento, e as pontuações mais altas indicavam pior desempenho [22].

Etapa 1 – Decodificação: “ Ler apenas os números que contém dentro do quadrado.”

1	2 2	4 4 4 4	3 3 3	5 5 5 5 5
---	--------	------------	-------------	-----------------

Etapa 2 – Contagem: “Contar quantos asteriscos (estrelas) tem em cada quadrado.”

* * * * *	* *	* * *	* * * * *	*
-----------------	--------	-------------	-----------------	---

Etapa 3 – Inibição: “Contar quantos números tem em cada quadrado.”

3	4 4	1 1 1 1	5 5 5	2 2 2 2 2
---	--------	------------	-------------	-----------------

Etapa 4 – Alternância: “Contar os números como fez na parte anterior, mas agora, quando chegar ao quadrado com a moldura mais escura, você deve alterar a regra e, em vez disso, ler os números.”

3	4 4	1 1 1 1	5 5 5	2 2 2 2 2
---	--------	------------	-------------	-----------------

Figura 3 - Etapas da bateria de teste Cinco Dígitos. Adaptado Sedó, De Paula e Malloy-Diniz [22].

A memória de trabalho foi avaliada através do teste de Dígitos. O teste é um subteste da Escala Wechsler de Inteligência para Crianças (WISC IV), que avalia a inteligência de crianças e adolescentes entre seis e 16 anos. O teste consiste em reproduzir oito sequências de números em duas ordens: ordem direta (exemplo de uma sequência, 8 – 10 – 12), e ordem inversa (12 – 10 – 8). Primeiro, aplica-se a ordem direta, seguida pela ordem inversa, tendo duas tentativas

válidas para cada ordem. Além disso, há aumento gradual da quantidade de dígitos para cada sequência. Pontuações mais altas resultam em melhor desempenho [23].

A flexibilidade cognitiva foi estimada através do teste de Fluência Verbal. A tarefa de fluência verbal avalia a capacidade de associação semântica e requer uma busca focalizada na memória das informações armazenadas. O teste consiste em produzir o maior número de palavras semanticamente relacionadas nas categorias determinadas “Animais” e “Frutas”, em um período de 60 segundos. Primeiro pediu-se à criança para falar o maior número de nomes de animais que conhece no tempo estabelecido. Em segundo momento, pediu-se à criança para falar o maior número de frutas conhecidas por ela. E na sequência, última etapa do teste, pediu-se à criança para falar pares (um animal e uma fruta). O número de palavras produzidas corretas, erradas e corrigidas na execução de cada etapa são registradas. As pontuações mais altas indicam melhor desempenho no teste [24,25].

6.5 Análise Estatística

O banco de dados da presente tese foi elaborado no Microsoft Office Excel®, versão 16. As análises estatísticas foram realizadas nos programas RStudio *software* versões 4.2.1 e 4.3.1 (R Core Team, Viena, Áustria, 2022 e 2023); *Statistical Package for the Social Sciences* - SPSS® (IBM SPSS, Inc., Chicago, IL, USA), versão 22. O intervalo de confiança foi fixado em 95% (95%IC). As análises foram conduzidas através de estatísticas descritivas e inferenciais.

Os testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk foram utilizados para verificar a normalidade da distribuição dos dados, para posterior aplicação de testes apropriados às características das variáveis investigadas (paramétricas ou não paramétricas) [26].

Estatísticas descritivas foram empregadas separadamente através de frequência (absoluta e relativa), medidas de tendência central (estimativas de média e mediana) e de dispersão (desvio padrão e intervalo interquartil).

O coeficiente alfa de Cronbach foi utilizado para estimar a confiabilidade entre avaliadores da competência motora nos diferentes momentos de coleta das informações (T0, T1 e T2). As correlações $\geq 0,70$ corresponde a níveis aceitáveis de consistência interna; 0,80 a 0,89 denotam um bom nível de significância clínica e $\geq 0,90$ é considerado excelente [27].

O coeficiente de correlação intraclassa (ICC), e respectivos intervalos de confiança, foi utilizado para avaliar a consistência interna dos subtestes locomoção e controle de objetos, e quociente motor geral nos três momentos de avaliação [28]. Assim, foi realizada uma análise

do ICC usando modelo de efeitos mistos de duas vias em que os participantes foram definidos como efeitos aleatórios e as medidas múltiplas como efeitos fixos, e estão descritos na Tabela 1 [29,30]. Adotou-se os seguintes critérios para as correlações intraclasse: coeficientes $\leq 0,40$ representa um baixo nível de confiabilidade, entre 0,40 e 0,59 denota um coeficiente razoável, entre 0,60 e 0,74 coeficiente bom, e entre 0,75 e 1,00 representa um coeficiente excelente [27].

Tabela 1 - Consistência interna e coeficientes de confiabilidade do coeficiente de correlação intraclasse (ICC) e os correspondentes intervalos de confiança de 95% da competência motora consoante aos tempos de avaliação.

Competência Motora	T0		T1		T2	
	α	ICC [95%]	α	ICC [95%]	α	ICC [95%]
Locomoção	0,75	0,75 [0,64 – 0,83]	0,87	0,87 [0,82 – 0,91]	0,89	0,89 [0,83 – 0,90]
Controle de objetos	0,98	0,98 [0,97 – 0,99]	0,95	0,95 [0,93 – 0,96]	0,95	0,95 [0,86 – 0,98]
QMG	0,88	0,88 [0,64 – 0,99]	0,90	0,90 [0,82 – 0,96]	0,90	0,90 [0,83 – 0,98]

Legenda: QMG = quociente motor geral; T0 = tempo zero; T1 = tempo um; T2 = tempo dois; α = alfa de Cronbach; ICC = coeficiente de correlação intraclasse.

O teste *t* de independência de *Student* e o teste U de *Mann-Whitney* foram utilizados no artigo 1 para comparar as diferenças entre os sexos para as variáveis de crescimento, saúde, atividade física, aptidão física, competência motora real e percebida e funções executivas. No artigo 2, o teste *t* de independência de *Student* e o teste U de *Mann-Whitney* foram empregados para estimar as diferenças entre os sexos para os indicadores de saúde, atividade física, aptidão física, competência motora percebida e real e funções executivas [26]. O tamanho de efeito é uma estatística descritiva complementar ao teste de significância, e foi utilizado para descrever a magnitude dos efeitos observados no artigo 1 e artigo 2 [26,31].

O teste Qui-quadrado de *Pearson* foi empregado no artigo 1 para verificar a associação da prevalência dos indicadores de adiposidade (estado nutricional, percentual de gordura e relação cintura/estatura), atividade física (cumprimento com as recomendações do número de passos diário e da AFMV), aptidão física (aptidão cardiorrespiratória) e competência motora entre meninos e meninas. O tamanho de efeito do Qui-quadrado foi calculado através da estatística denominada razão de chances (*odds ratio*) [26].

A Análise de Variância de Medidas Repetidas (ANOVA-MR) foi utilizada no artigo 3 para avaliar se houve ou não diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos grupos de alta e baixa competência motora para as variáveis: composição corporal, atividade física, componentes da aptidão física (força de preensão manual, força de membros inferiores,

força de membros superiores, resistência abdominal, velocidade, agilidade, flexibilidade e aptidão cardiorrespiratória), e funções executivas (memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva) [26]. Nos casos de rejeição da hipótese nula, utilizou-se o teste *post-hoc* de *Bonferroni* para identificar quais grupos eram diferentes [26].

A Análise de Rede foi utilizada para avaliar as associações não lineares entre as variáveis de interesse [32]. No artigo 2, a Análise de Rede foi empregada com o objetivo de analisar a associação dinâmica e não linear entre variáveis de saúde, biológicas, comportamentais e cognitivas em crianças acompanhadas ao longo do tempo. No artigo 3, a Análise de Rede foi utilizada para examinar as interações dinâmicas entre a composição corporal, atividade física, aptidão física e funções executivas em crianças com diferentes níveis de competência motora.

6.5.1 Estimativa da estrutura da rede

As etapas “estrutura” e “descrição da rede” seguiram os procedimentos referenciados no estudo de Burger et al. [33].

Uma rede é uma coleção de nós e bordas ou arestas, onde os nós representam as diferentes variáveis observadas, e as arestas são usadas para representar a força das associações entre dois nós (variáveis), depois de controlar todas as outras variáveis no conjunto de dados [32,34].

Para análise geral, todos os participantes que continham dados completos foram incluídos. A seleção das variáveis e instrumentos utilizados foram descritos previamente na seção 6.4. Os nós e arestas considerados em cada artigo estão descritos a seguir.

Para o artigo 2, os nós da rede foram: o sexo, PGC, RCE, atividade física (passos e questionário), oito componentes da aptidão física (força de prensão manual, força de membros superiores, força de membros inferiores, resistência abdominal, velocidade, agilidade, flexibilidade e aptidão cardiorrespiratória), competência motora percebida, competência motora e as três funções executivas centrais (controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva).

No artigo 3, os nós das redes emergidas foram: idade, sexo, PGC, atividade física (passos), aptidão física (score geral), competência motora, e funções executivas (controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva).

Em ambos os artigos, as arestas representam o método de correlação, a partir da matriz de adjacências [32,33]. A natureza das variáveis utilizadas em ambos os artigos está descrita no quadro 3.

6.5.2 Descrição da rede

A Análise de Rede realizada nos artigos 2 e 3, classifica-se como não-direcionada (sem direcionalidade definida, ou seja, a causalidade não é determinada) e ponderada (que busca identificar qual a magnitude/força das relações) [32,33].

O Campo Aleatório de Markov representa um modelo gráfico de uma distribuição de probabilidade conjunta, no qual inclui o modelo de rede denominado de Modelo Gráfico Gaussiano (GGM) – também denominado de redes de correlação parcial para dados contínuos e categóricos [33,35].

A estrutura de rede adotada em ambos os artigos foi estimada através do método “*Graphical Least Absolute Shrinkage and Selection Operator*” (GLASSO) que estima uma solução de máxima verossimilhança penalizada com base no Critério *Bayesiano* de Informação Estendida (EBIC) [36]. O estimador EBICglasso pode ser utilizado nas condições em que a natureza da variável é contínua, ordinal e dicotômica; além de se adequar em situações em que o N amostral é pequeno; quando as variáveis são de diferentes naturezas; em condições em que as variáveis não apresentam uma distribuição normal [36]. Dessa forma, foi possível estimar redes parcimoniosas ("esparsas") que respondem pela maior parte da variância com o menor número de arestas [36,37].

A estimativa de rede EBICglasso requer um hiperparâmetro (γ) de ajuste [33,36]. O hiperparâmetro (γ) determina o quanto o EBIC seleciona modelos esparsos e, portanto, o hiperparâmetro foi ajustado para 0,25 (variação de 0 a 0,50), valor mais parcimonioso em redes exploratórias [35–37]. Além disso, a Análise de Rede utiliza algoritmos de operador de seleção e contração mínima absoluta regularizada (LASSO) na obtenção da matriz de precisão (matriz de peso) [35]. Nesse sentido, o método de regularização EBICglasso implementado no pacote de *software R bootnet* versão 1.5.3 foi considerado nas análises, e para a visualização da estrutura da rede foi utilizado o pacote de *software R qgraph* versão 1.9.5 [35].

A colocação dos nós dentro da rede é baseada no algoritmo de *Fruchterman-Reingold*, o qual os nós que apresentam as associações mais fortes são colocados mais no centro da rede e nós com associações mais fracas na periferia da rede [38].

A precisão e estabilidade das estimativas das arestas foi avaliada por meio dos procedimentos de reamostragem de 1.000 *bootstrap*, implementado no pacote *bootnet* do R. Desse modo, o *bootstrap* possibilitou aproximar a distribuição amostral dos parâmetros na população [35].

A Análise de Centralidade foi realizada através do pacote *qqgraph* no R com a finalidade de computar o papel de cada nó em uma rede. Os índices de centralidade foram calculados como *scores-Z* padronizados e foram considerados: i) *betweenness* (intermediação) – estimada a partir do número de vezes que um nó faz parte do caminho mais curto entre todos os outros pares de nós conectados à rede; ii) *closeness* (proximidade) – determinada a partir do inverso da distância de um nó a todos os outros; iii) *strength* (força) – representa a soma de todos os pesos dos caminhos que liga um nó aos demais; e iv) *expected influence* (influência esperada) – indica as variáveis mais influentes no padrão de rede emergido [33,35].

As relações positivas foram expressas pelas cores azul ou verde, e as relações negativas foram expressas pela cor vermelha. Além disso, a espessura e a intensidade da borda indicam a magnitude das associações em todas as redes emergidas [33,35].

A “comparação” entre as redes na perspectiva da complexidade torna-se mais fidedigna quando se usa o indicador denominado entropia, que representa o grau de desordem de um sistema (ao longo do tempo) [33,39]. Desse modo, quanto menor o valor de entropia, mais auto-organizado é o sistema. A entropia foi calculada através do pacote *EGAnet* 1.2.3 no R.

A partir da estrutura topológica de rede é possível ver os *clusters* que se formam em cada estrutura de rede emergida. Assim, a análise de agrupamento refere-se à tendência de uma rede em exibir grupos de nós (*clusters*) que surgem de suas interconexões específicas. Desse modo, foi empregado método de agrupamento ao executar as análises [33,35,39].

6.5.3 Operacionalização das variáveis

Nos artigos, as variáveis consideradas foram operacionalizadas consoante a natureza das variáveis, a fim de responder os objetivos propostos de cada estudo. No quadro 3, estão apresentadas todas as variáveis incluídas nos artigos que compõem a presente tese.

Quadro 3 - Natureza das variáveis incluídas nos artigos.

Variáveis	Natureza da variável		
	Artigo 1	Artigo 2	Artigo 3
Sociodemográficas			
Sexo	• Dicotômica	• Dicotômica	• Dicotômica
Idade	• Contínua	• Contínua	• Contínua
Indicadores de adiposidade			
IMC	• Politômica nominal e contínua	X	X
RCE	• Dicotômica • Contínuo	• Contínua	X
PGC	• Politômica ordinal • Contínua	• Contínua	• Dicotômica e contínua
Atividade Física			
a) Escore	• Contínua	• Contínua	X
b) Passos	• Dicotômica e contínua	• Contínua	• Dicotômica e contínua
c) AFL, AFMV e CS	• Dicotômica e contínua	X	X
Aptidão Física			
a) Força manual	• Contínua	• Contínua	• Contínua
b) Força de membros superiores	• Contínua	• Contínua	• Contínua
c) Força de membros inferiores	• Contínua	• Contínua	• Contínua
d) Resistência abdominal	• Contínua	• Contínua	• Contínua
e) Velocidade	• Contínua	• Contínua	• Contínua
f) Agilidade	• Contínua	• Contínua	• Contínua
g) Flexibilidade	• Contínua	• Contínua	• Contínua
h) Aptidão cardiorrespiratória	• Dicotômica e contínua	• Contínua	• Contínua
i) Escore geral de aptidão	X	X	• Dicotômica
Competência Motora Real			
QMG	• Dicotômica e contínua	• Contínua	• Dicotômica e contínua
Competência Motora Percebida			
Escala Pictográfica	• Contínua	• Contínua	X
Funções Executivas			
a) Controle inibitório	• Contínua	• Contínua	• Contínua
b) Memória de trabalho	• Contínua	• Contínua	• Contínua
c) Flexibilidade cognitiva	• Contínua	• Contínua	• Contínua

Legenda: AFL = atividade física leve; AFMV = atividade física moderada a vigorosa intensidade; CS = comportamento sedentário; IMC = índice de massa corporal; PGC = percentual de gordura corporal; QMG = quociente motor geral; RCE = relação cintura/estatura.
Fonte: Autoria própria.

REFERÊNCIAS

1. Thomas, J.R.; Nelson, J.K.; Silverman, S.J. *Métodos de Pesquisa Em Atividade Física [Recurso Eletrônico]*; 6 ed.; Artmed: Porto Alegre, **2012**; ISBN 9788536327143.
2. Prefeitura Municipal de Santo Antônio do Gramma Aspectos Geográficos - Localização e Acesso Available online: www.santoantoniogramma.mg.gov.br/a-cidade/aspectos-geograficos (accessed on 9 June **2022**).
3. IBGE Panorama Geral de Santo Antônio Do Gramma Available online: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/santo-antonio-do-gramma/panorama> (accessed on 19 October **2022**).
4. Municípios e Saneamento Beta Santo Antônio Do Gramma (MG) Available online: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/mg/santo-antonio-do-gramma#:~:text=Santo%20Ant%C3%B4nio%20do%20Gramma%20%C3%A9%20um%20dos%20853,enquanto%20o%20estado%20tem%2C%20em%20m%C3%A9dia%2036%2C51%20hab%2Fkm%C2%B2>. (accessed on 28 June **2023**).
5. Stewart, A.D.; Marfell-Jones, M.; Olds, T.; Al., E. International Standards for Anthropometric Assessment. *Lower Hutt, New Zealand: International Society for the Advancement of Kinanthropometry* **2011**, 1–139.
6. De Onis, M.; Onyango, A.W.; Borghi, E.; Siyam, A.; Nishida, C.; Siekmann, J. Development of a WHO Growth Reference for School-Aged Children and Adolescents. *Bull World Health Organ* **2007**, *85*, 660–667, doi:10.2471/BLT.07.043497.
7. Lohman, T.G. Applicability of Body Composition Techniques and Constants for Children and Youths. *Exerc Sport Sci Rev.* **1986**, *14*, 325–357.
8. Lohman, T.G. The Use of Skinfolts to Estimate Body Fatness on Children and Youth. *J Phys Educ Recreat Dance* **1987**, *58*, 67–69, doi:10.1080/07303084.1987.10604383.
9. Ashwell, M.; Hsieh, S.D. Six Reasons Why the Waist-to-Height Ratio Is a Rapid and Effective Global Indicator for Health Risks of Obesity and How Its Use Could Simplify the International Public Health Message on Obesity. *Int J Food Sci Nutr* **2005**, *56*, 303–307, doi:10.1080/09637480500195066.
10. Baecke, J.A.H.; Burema, J.; Frijters, J.E. A Short Questionnaire for the Measurement of Habitual Physical Activity in Epidemiological Studies¹2. **1982**.
11. Clemes, S.A.; Biddle, S.J.H. The Use of Pedometers for Monitoring Physical Activity in Children and Adolescents: Measurement Considerations. *J Phys Act Health* **2013**, *10*, 249–262, doi:10.1123/jpah.10.2.249.
12. Tudor-Locke, C.; Craig, C.L.; Beets, M.W.; Belton, S.; Cardon, G.M.; Duncan, S.; Hatano, Y.; Lubans, D.R.; Olds, T.S.; Raustorp, A.; et al. How Many Steps/Day Are Enough? For Children and Adolescents. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* **2011**, *8*, 1–14, doi:10.1186/1479-5868-8-78.

13. Evenson, K.R.; Wen, F.; Hales, D.; Herring, A.H. National Youth Sedentary Behavior and Physical Activity Daily Patterns Using Latent Class Analysis Applied to Accelerometry. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* **2016**, *13*, doi:10.1186/s12966-016-0382-x.
14. Bull, F.; Saad Al-Ansari, S.; Biddle, S.; Borodulin, K.; Buman, M.; Cardon, G.; Carty, C.; Chaput, J.-P.; Chastin, S.; Chou, R.; et al. World Health Organization 2020 Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour. *Br J Sports Med* **2020**, *54*, 1451–1462, doi:10.1136/bjsports-2020-102955.
15. Adam, C.; Klissouras, V.; Ravazzolo, M.; Renson, R.; Tuxworth, W.; Kemper, HCG.; van Mechelen, W.; Hlobil, H.; Beunen, G.; Levarlet-Joye, H. *EUROFIT: European Test of Physical Fitness—Handbook*; Committee for the Development of Sport, Council of Europe: Rome, Italy, **1988**.
16. Plowman, S.; Meredith, MD. *Fitnessgram/Activitygram Reference Guide*; 4h edition.; Dallas, TX: The Cooper Institute, **2013**.
17. Gaya, A.; Gaya, A.R. Projeto Esporte Brasil: Manual de Testes e Avaliação Versão 2016. <https://www.ufrgs.br/proesp/arquivos/manual-proesp-br-2016.Pdf> **2016**, 25.
18. AAHPERD, A.A.F.H.& D. *Physical Best: A Physical Fitness Education & Assessment Program*; The Alliance, **1988**.
19. Ulrich, D. *Test of Gross Motor Development: Second Edition: Examiner's Manual*; 2nd ed.; Prod-Ed: Austin, TX, USA, **2000**.
20. Barnett, L.M.; Ridgers, N.D.; Zask, A.; Salmon, J. Face Validity and Reliability of a Pictorial Instrument for Assessing Fundamental Movement Skill Perceived Competence in Young Children. *J Sci Med Sport* **2015**, *18*, 98–102, doi:10.1016/j.jsams.2013.12.004.
21. Valentini, N.; Barnett, L.; Bandeira, P.F.; Nobre, G.C.; Zanell, L.W.; Sartori, R.F. The Pictorial Scale of Perceived Movement Skill Competence: Determining Content and Construct Validity for Brazilian Children Authors: *J Mot Learn Dev* **2017**, 1–26, doi:10.1123/ijssp.2014-0539.
22. Sedó, M.; De Paula, J.J.; Malloy-Diniz, L.F. *FDT - Teste Dos Cinco Dígitos.*; Hogrefe: São Paulo, **2015**.
23. Wechsler, D. *Escala Wechsler de Inteligência Para Crianças: WISC IV. Manual Técnico / Tradução Do Manual Original*; 4th ed.; Caso do Psicólogo: São Paulo, **2013**.
24. Lezak, M.D.; Howieson, D.B.; Bigler, E.D. *Neuropsychological Assessment*; Fifth.; Oxford University press: New York, **2012**.
25. Strauss, E.; Sherman, E.; Spreen, O. *A Compendium of Neuropsychological Tests*; 3rd ed.; Oxford University press: New York, **2006**.
26. Field, A. *Discovering Statistics Using SPSS*; **2009**; ISBN 9781847879066.
27. Cicchetti, D. V; Sparrow, S.S. Assessment of Adaptive Behavior in Young Children. In *Developmental assessment in clinical child psychology: A handbook.*; Pergamon general

psychology series, 163.; Pergamon Press: Elmsford, NY, US, **1990**; pp. 173–196 ISBN 0-08-036446-2 (Hardcover).

28. Cronbach, L.J. Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests. *Psychometrika* **1951**, *16*, 297–334, doi:10.1007/BF02310555.
29. Weir, J.P. Quantifying Test-Retest Reliability Using the Intraclass Correlation Coefficient and the Sem. *J Strength Cond Res* **2005**, *19*, 231–240.
30. McGraw, K.O.; Wong, S.P. Forming Inferences about Some Intraclass Correlation Coefficients. *Psychol Methods* **1996**, *1*, 30–46, doi:10.1037/1082-989X.1.1.30.
31. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*; Routledge, **2013**; ISBN 9781134742707.
32. Borsboom, D.; Deserno, M.K.; Rhemtulla, M.; Epskamp, S.; Fried, E.I.; McNally, R.J.; Robinaugh, D.J.; Perugini, M.; Dalege, J.; Costantini, G.; et al. Network Analysis of Multivariate Data in Psychological Science. *Nature Reviews Methods Primers* **2021**, *1*, doi:10.1038/s43586-021-00055-w.
33. Burger, J.; Isvoranu, A.-M.; Lunansky, G.; Haslbeck, J.M.B.; Epskamp, S.; Hoekstra, R.H.A.; Fried, E.I.; Borsboom, D.; Blanken, T.F. Reporting Standards for Psychological Network Analyses in Cross-Sectional Data. *Psychol Methods* **2022**, doi:10.1037/met0000471.
34. Hevey, D. Network Analysis: A Brief Overview and Tutorial. *Health Psychol Behav Med* **2018**, *6*, 301–328, doi:10.1080/21642850.2018.1521283.
35. Epskamp, S.; Cramer, A.O.J.; Waldorp, L.J.; Schmittmann, V.D.; Borsboom, D. Qgraph: Network Visualizations of Relationships in Psychometric Data. *J Stat Softw* **2012**, *48*, doi:10.18637/jss.v048.i04.
36. Chen, J.; Chen, Z. Extended Bayesian Information Criteria for Model Selection with Large Model Spaces. *Biometrika* **2008**, *95*, 759–771, doi:10.1093/biomet/asn034.
37. Foygel, R.; Drton, M. Extended Bayesian Information Criteria for Gaussian Graphical Models. **2010**.
38. Fruchterman, T.M.J.; Reingold, E.M.; Wiley, J. Graph Drawing by Force-Directed Placement. **1991**, *21*, 1129–1164.
39. Epskamp, S.; Borsboom, D.; Fried, E.I. Estimating Psychological Networks and Their Accuracy: A Tutorial Paper. *Behav Res Methods* **2018**, *50*, 195–212, doi:10.3758/s13428-017-0862-1.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 ARTIGO ORIGINAL 1: Longitudinal-mixed study of growth, development, and health of children from Zona da Mata Mineira: Design, methods, and baseline results

Elenice de Sousa Pereira^{1*}, Mabliny Thuany², Thayse Natacha Q. F. Gomes^{3,4}, Fernanda Karina dos Santos¹

¹ Department of Physical Education, Federal University of Viçosa, Viçosa 36570-900, MG, Brazil.

² Faculty of Sports, University of Porto, 4200-450 Porto, Portugal.

³ Department of Physical Education, Federal University of Sergipe, São Cristóvão 49100-000, SE, Brazil

⁴ Department of Physical Education and Sport Sciences, Physical Activity for Health Research Cluster, Health Research Institute, University of Limerick, V94 T9PX Limerick, Ireland

* Correspondence: elenice.sousa@ufv.br.

Abstract

Background: Child growth and development are often studied through a linear approach, which considers the unidirectional relationship between variables. Since child growth and development are complex systems, in which different variables interact over time, studies need to take into account these characteristics. **Aim:** To present the conceptual framework, methods, and baseline results of the project entitled “Longitudinal-mixed study of growth, development, and health of children from Zona da Mata Mineira: Design, methods, and baseline results”. **Methods:** A total of 67 children (61.2% boys), aged between six to 10 years, were sampled and split into two cohorts and followed for two years. Growth and adiposity indicators, physical activity and physical fitness, actual and perceived motor competence, and executive function were assessed. A Chi-square test, Student t-tests, and/or Mann-Whitney U-test were used. **Results:** About 30% of girls and 34% of boys were overweight. Boys were more physically active compared to girls but also more likely to have motor competence below average; 22% of the sample was classified as into the health risk zone for cardiorespiratory fitness. On average, girls had higher values for body fat percentage than boys; while boys presented higher values for physical fitness, physical activity, and inhibitory control. **Conclusions:** Overall, the study's results highlight the importance of promoting healthy lifestyles in children from an early age to prevent negative health outcomes. Future analysis of longitudinal data will allow for a

detailed exploration of important factors that influence child growth and development trajectories.

Keywords: childhood; motor competence; adiposity indicators; cognition; growth and development.

1. Introduction

Physical activity [1,2], adiposity indicators (such as nutritional status, body fat percentage, and waist-to-height ratio) [3,4], motor competence [5–7], physical fitness [8–10], and executive functions [11,12] are important issues for child health, since low levels of these variables are associated with an increase in health risk factors [2,13–16]. In addition, poor adiposity indicators and low levels of physical activity, motor competence, and executive function may negatively affect child's growth and development, with long-term consequences, since it can track from childhood to adolescence and adulthood [17].

Childhood is a period of life with a huge amount of changes in physical growth, biological maturation, and learning [18]. Moreover, it is an important period for the acquisition and development of skills (motor, cognitive and social), behaviours, and habits [19]. Special attention has been given to the second childhood (from six to 10 years of age) because this is the moment of the child's insertion into the school environment, with several changes in the child's life/routine/relationships, and new motor, behavioural, and social skills are learned [20]. In this context, monitoring behaviours and lifestyle during second childhood is of relevance to identify growth and developmental deficits that increase the likelihood of developing health risk factors [18,20].

Despite several studies have investigated youth growth, development, and health [21–24], there is still a lack of research addressing the complex and dynamic relationship established between these variables over time. In order to address these limitations, the research project entitled “Longitudinal-mixed study of growth, development, and health of children from Zona da Mata Mineira” was designed. The purpose of the project was to understand the relationship between physical activity levels, actual and perceived motor competence, physical fitness, executive function, and health in children from a longitudinal perspective.

In order to understand the dynamic and complex process of child growth and development, the project was based on two theoretical models. The first model, proposed by Stodden et al. [5], includes a wide range of information on physical activity, actual and perceived motor competence, physical fitness, and adiposity indicators. The model proposes that the relationship between actual motor competence and physical activity may be influenced

by mediating variables such as perceived motor competence and physical fitness. The variables interact with each other and can influence children's engagement in physical activity, which can have important implications for their physical health (as represented by the risk of obesity) and well-being [5]. The second model, proposed by Tomporowski et al. [25], is adapted from the model proposed by Howie and Pate [26], which suggests that physical activity can modify children's cognitive abilities (attention, memory, and intelligence), and that improvements in cognition can lead to improvements in academic performance. Thus, Tomporowski et al. model [25] proposes the inclusion of metacognition as a mediator in the relationship between physical activity and academic achievement.

Based on the aforementioned theoretical models, the focus of the present project was to understand children's growth and health, biological, behavioural, and cognitive variables, using a complex system approach to a deeper understanding of how these to each other, and how these relationships occur over time [27]. It is expected that the results of this research contribute to a better understanding of the complex interactions between physical activity, physical fitness, actual and perceived motor competence, adiposity indicators, and cognitive abilities (executive function) in children. This information may contribute to filling some gaps regarding the subject studied, and also to understanding the role of these interactions in the expression of children's growth and developmental trajectories.

Thus, the present study aims to present the key points and methodological domains of the longitudinal-mixed design study from Zona da Mata - MG; and to describe the baseline results, by sex, for children's growth, health, physical activity, physical fitness, actual and perceived motor competence, and executive function indicators.

2. Materials and Methods

2.1 Ethical aspects

A larger research project with a longitudinal-mixed design entitled "Relationship between Physical Activity, Motor Competence, Cognitive Skills and School Performance in Children and Adolescents from three to 12 years old", was conducted following the guidelines of the Declaration of Helsinki, and all procedures were approved by the Ethics Committee in Research involving human beings of the Federal University of Viçosa, under process number 1.888.177.

2.2 Design and sample

The present study is school-based epidemiological research, resulting from a larger research project with a longitudinal-mixed. The present study has a cross-sectional design is school-based epidemiological research, resulting from a larger research project with a longitudinal-mixed.

The eligibility criteria for the study were: i) children should be enrolled in school; ii) agree to participate in the project (Consent Form signed by their legal guardians), and iii) have no physical and/or cognitive disabilities that could impair the measurements.

A public school in the city of Santo Antônio do Grama, in the Zona da Mata region of Minas Gerais, was selected to participate in the project. All children enrolled in the 1st and 3rd grades of primary school were invited to participate in the study. Given the joint interest of the school board and parents, the response rate was about 78%. A total of 133 children (enrolled in 1st and 3rd grades, aged between six and eight) were invited to take part in the study (Table 1). Of those, 89 children agreed to participate in the research and returned the Consent Form signed by their legal guardians. Six assessments were conducted over two years. The children's complete data were reviewed after the last assessment. Children with missing data were excluded during data analysis, and the final sample comprised 67 children of both sexes, split into two cohorts.

Table 1. Sample size by grade, age, and sex group at baseline (2017).

Grades	Girls	Boys	Total
1st	20	37	57
3rd	22	34	56
Total	42	71	113

The study included two birth cohorts (children born in 2009 and 2011), with the first cohort being followed from six to eight years of age, and the second cohort from eight to 10 years of age. In total, there were two years of follow-up, starting in 2017 (baseline – T0) and followed in 2018 (T1) and 2019 (final assessment – T2). Measurements were conducted twice a year, in the months of February-March and July-August (Figure 1). The data collection took place in a 12-month interval from the closest previous one, i.e., child "x" who was assessed in February-March 2017, was reassessed in the period between February-March of the year 2018 and the year 2019.

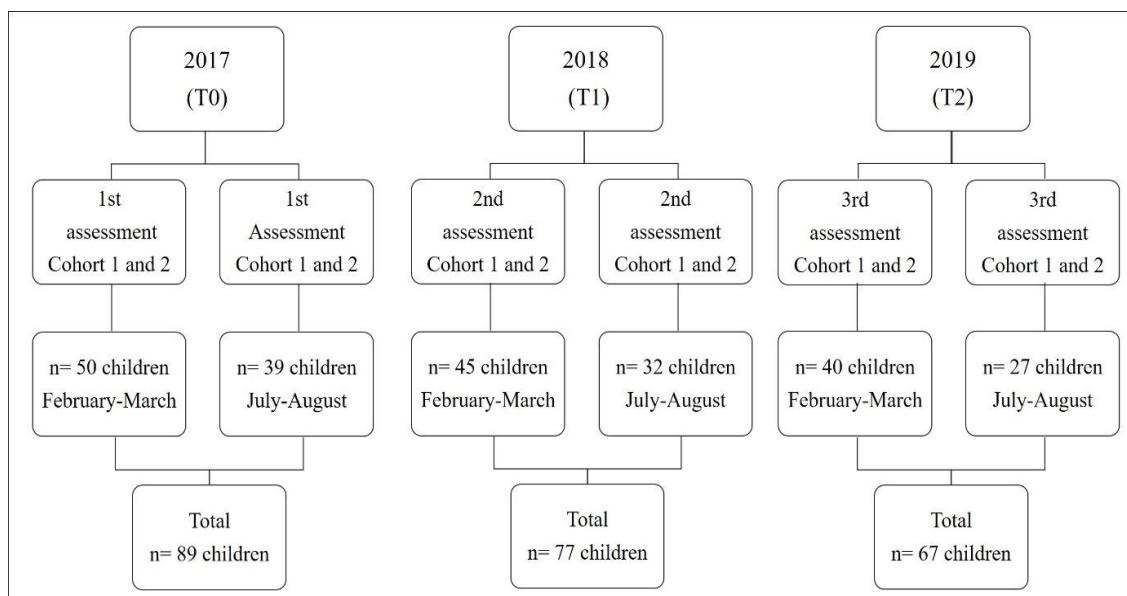


Figure 1. Evaluations of the children by time (T0, T1, and T2), cohort, and month.

The municipality had only one school that offered primary I education. For this reason, we contacted the school executive board and informed them of our interest in evaluating all children enrolled in the first and third grades to form the cohort study. Therefore, it was not necessary to perform a sample calculation.

2.3 Instruments

To characterize the sample, age and sex were recorded. The decimal age of the children was computed based on birthdate and the date of the measurements.

2.3.1 Growth indicators

Height was assessed with a portable, highly accurate (0.1 cm) stadiometer (Sanny®, Brazil), and body mass was measured with a digital scale (TEC-117, Tech Line) with an accuracy of 0.1 kg. Both measurements followed the standardized procedures of Lohman, Roche, and Martorell [28].

2.3.2 Adiposity indicators

Body mass index (BMI), body fat percentage, and waist-to-height ratio were considered adiposity indicators. BMI was measured from the standardized formula [BMI=body mass (kg)/height (m²)]. Children's nutritional status was defined based on the growth curves of the World Health Organization [29], and they were classified into four categories: underweight (< -2SD), normal weight (< +1SDP), overweight ($\geq +1SD$ and < +2SD), and obese ($\geq +2SD$).

The triceps and subscapular skinfolds were measured using a calliper (Mitutoyo, model BFG308, Cerscorf®) to determine body fat percentage according to international standards for anthropometric assessment [30]. The classification of body fat percentage used was: low (including very and low), acceptable, and high (including moderate/high, high, and very high), following the cut-off points proposed by Lohman, Roche, and Martorell [28].

Waist circumference was measured at the midpoint between the last rib and the border of the iliac crest using a tape (Sany®, Brazil) with an accuracy of 0.1 cm. The waist-to-height ratio was estimated, and the classification was performed using the cut-off points proposed by Ashwell and Hsieh [31] (<0.5 ideal and ≥ 0.5 health risk).

2.3.3 Physical activity

Physical activity was estimated using questionnaire, pedometer, and accelerometer. The Baecke Habitual Physical Activity Questionnaire [32] was applied through an interview. The questionnaire contains 16 questions divided into three categories: i) occupational physical activity (physical activity at school/job); ii) sports physical activity (related to sports practice, physical exercise, and active leisure time); and iii) leisure (occupation on free time). Responses are coded on a five-point Likert scale, except for questions 1 and 9. The answers to the questions, the score for each category, and the total score for habitual physical activity were estimated, and later included in the analyses.

A pedometer (Yamax, Digi-Walker, model SW 200) was used to estimate children's physical activity [33]. The children were instructed to use it during waking hours for seven consecutive days, including at least two weekend days. Children who provided pedometer data for at least four days (number of steps), including one weekend day, were considered "eligible" for the study sample. The classification of physical activity level was based on the average number of total steps by sex (11.000 steps/day for girls and 13.000 steps/day for boys), as proposed by Tudor-Locke et al. [34], and children were classified as meeting or not meeting the recommendations.

Accelerometer data were used for a subsample of children (n=32) who used the accelerometer for seven consecutive days, with at least four valid days, at least one of which had to be a weekend day. The ActiGraph accelerometer (model GT3X) was used to monitor time spent in physical activity [at different intensities - light (LPA), moderate (MPA), vigorous (VPA) ($\text{min}\cdot\text{day}^{-1}$)] and sedentary behaviour ($\text{min}\cdot\text{day}^{-1}$). ActiLife software (version 6.13.4) (ActiGraph, LLC, Fort Walton Beach, EUA) was used to extract accelerometer data.

The accelerometer was initialized to collect data at a sampling rate of 30 Hz, with a normal filter, at 1s epochs, and then the data was re-recorded at 15s epochs. Non-use time was defined as zero consecutive counts/minutes for at least 20 minutes. To be included in the analysis, participants had to achieve a minimum of 10 h.day⁻¹ of "use time". Based on WHO guidelines for physical activity, children were classified as meeting the recommendations (active) if they achieved at least 60 minutes of moderate-to-vigorous physical activity (MVPA) daily, and as not meeting the recommendations (inactive) if they did not achieve at least 60 minutes/day of MVPA [35].

The children wore the monitors (pedometer and accelerometer) on their right hip, attached to an elastic belt, and were instructed not to change their daily routine, and only remove the devices when performing water activities such as shower and swimming. The legal guardians received a device use diary in which they had to record the time the child put the monitors on in the morning and took them off each night, or when performing water-based activities.

2.3.4 Physical fitness

Physical fitness was assessed through different components (handgrip strength, upper limb strength, lower limb strength, abdominal resistance, speed, agility, flexibility, and cardiorespiratory fitness) according to the EUROFIT, FITNESSGRAM, AAHPERD, PROESP-BR protocols [36–39].

i) Handgrip strength: was measured using a digital dynamometer (JAMAR®, Model 5030, J1). The child should stand with the dominant hand, arm extended and slightly away from the body, and squeeze the device with maximum force when instructed to do so by the evaluator. The same procedure was performed with the non-dominant hand. Two trials were recorded for each hand and the highest value was considered. The average between the best score for each hand (dominant and non-dominant) was calculated and used in the analyses [36].

ii) Upper limb strength (push up): the children had to position themselves in a prone position, keep their elbows extended and their hands on the ground and in line with their shoulders. At the signal of the evaluator, the children had to lower their trunks to five centimeters above the ground so that their elbows were at a 90-degree angle, then perform an elbow extension and return to the starting position. The maximum number of flexions was recorded and included in the analyses [37].

iii) Lower limb strength (horizontal jump): the children positioned behind the starting line, with their feet parallel to the ground, should jump as far as possible (arm and trunk

movements were allowed). The completion of the movement was to land with both feet on the ground without losing balance, and the distance was measured between the start line and the contact point closest to the start line. Two trials were recorded, and the best performance of both trials was used in the analyses [38].

iv) Abdominal resistance (curl up): lying on his back, hands behind his neck, flexed knees, and feet flat on the floor. On the evaluator's command, the child should go to a sitting position, bringing the elbows forward to touch the knees (the hands should remain together, behind the neck, during the entire exercise) and then return to the supine position. The highest number of repetitions the child could complete in 30 seconds was recorded and included in the analyses [37].

v) Speed (*Shuttle run* 10 x 5 metros): Two parallel lines on the ground, five meters apart. At the signal of the evaluator, the child should run as fast as possible from one line to the other, crossing it ten lapses. The time (in seconds) for each child was recorded at the end of the last lap and included in the analyses [36].

vi) Agility (square test): The child had to complete a four-by-four-meter course as quickly as possible. Along the way, each angle of the square was marked by a cone to guide the path. The time (in seconds) spent completing the task was recorded [36].

vii) Flexibility (sit and reach): The child should sit without shoes on the floor with his feet on a wooden bench (Wells bench). At the signal of the evaluator, the child used both hands to reach the maximum distance on the Wells bench by flexing their trunk. Two trials were performed and recorded, and the better result of both trials was used in the analyses [39].

viii) Cardiorespiratory fitness (six-minute run/walk test): the child had to walk and/or run for six minutes on a marked course (18 x 9 meters). The result was determined by the distance covered after 6 minutes [38]. The classification proposed by Gaya and Gaya [38] was used (health risk zone and healthy zone).

2.3.5 *Motor competence*

The Test of Gross Motor Development (TGMD-2) [40] was used to assess 12 fundamental motor skills, including six locomotor skills (running, hopping on one foot, side-shifting, galloping, jumping, and horizontal jumping) and six object control skills (bouncing a stationary ball, dribbling, catching, kicking, throwing, and rolling under). For each test, the child was given one practice trial and two valid trials for further evaluation. Before each trial, the evaluator gave instructions and performed the test. According to the test protocol, the skill assessment presents success criteria (ranging from three to five for each skill) and

corresponding scores. A score of "1" (meets the criterion) or "0" (does not meet the criterion) is given. The sum of the Locomotion skills (ranging from 0 to 48 points) and Object Control (ranging from 0 to 48 points) gives the total raw score for the test (ranging from 0 to 96 points). Based on the normative tables for age and sex, the General Motor Quotient was calculated from the locomotion and object control raw score. The classification of the general motor quotient (very superior, superior, above average, average, below average, poor, and very poor) was recategorized as average (including very superior, superior, above average and average), and below average (including below average, poor and very poor). The raw scores for locomotion and object control and the general motor quotient were used in the analyses.

Intraclass correlation coefficient (ICC) analysis using a two-way mixed-effects model, with participants defined as random effects and multiple measures as fixed effects, was used to assess interrater consistency, with ICC values ranging from 0.75 to 0.98 (locomotion [$\alpha=0.75$, ICC95%: 0.64 – 0.83]; object control [$\alpha=0.98$, ICC95%: 0.97 – 0.99]).

2.3.6 Perceived motor competence

The Pictographic Scale for the Assessment of Perceived Competence in Motor Skills [41] was used to assess children's perceived motor competence. The instrument consists of 12 pictographic tasks, six related to locomotor skills and six to object control. The scale uses a four-point Likert scale response variable (range from one to four). Children completed the scale individually (according to their sex-specific booklet) with a trained researcher. For each task, children were shown two illustrations, with one child performing the skill with motor competence and the other illustration performing the skill without motor competence. Children had to point/answer which of the illustrations most resembled them. Scores on the total scale range from 12 to 48, with scores near 12 indicating low motor competence and scores near 48 indicating high motor competence.

2.3.7 Executive functions

The executive functions of inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility were assessed.

Inhibitory control was assessed by the Five Digits Test. The test is a neuropsychological task designed to assess the Stroop effect of conflicting information about numbers. The instrument has four steps, which consist of reading, counting, selecting, and alternating the first five Arabic numerals. The first two are measures of automatic attention and processing speed, and the last two assess controlled attention (inhibitory control) and executive attention. The

third step of the instrument was used for analysis. Higher scores indicate poorer performance [42].

Working memory was assessed using the Digits Test (Wechsler Intelligence Scale for Children – WISC IV). The instrument is an intelligence assessment battery for children and adolescents aged from six to 16. The subtest used for the Working Memory Index (WMI) consists of reproducing a sequence of digits. The test consists of the reproduction of eight sequences of digits in two orders: direct order (e.g., 2 – 8 – 10) and reverse order (10 – 8 – 2). First, the direct order is applied, followed by the reverse order, with two valid trials for each order. In addition, the number of digits for each sequence is gradually increased. Higher scores result in better performance [43].

Cognitive flexibility was assessed by the Verbal Fluency Test. The test is to produce the highest number of semantically related words in the categories of animals and fruits within a 60-second time limit. The number of words pronounced correct, wrong, and corrected was recorded. Higher scores indicate better performance on the test [44,45].

2.3.8 Data collection procedure

Children were selected based on the inclusion and exclusion criteria of the study. Three 1st grade classes (A, B, and C) and three 3rd grade classes (A, B, and C) with an average of 19 children each were evaluated. According to the school shift (morning and afternoon), the evaluation of the selected class took place on two days. Children were randomly selected within classes.

The anthropometry and executive function stations took place simultaneously in different rooms. While one group of children had their anthropometric measurements taken, the other group was assessed for executive function. After each station was completed, the groups switched places. The room for anthropometric measurements had separate spaces for boys and girls, and every effort was made to ensure that each child was assessed by an evaluator of the same gender. The rooms used for the executive function assessment were set up to accommodate the child and the evaluator, with no drawings, maps, or pictures that might distract the child. The approximate time for each station was 60 minutes.

The children were evaluated in the school gymnasium according to physical fitness and real motor competence real protocols. The physical fitness assessment tests were conducted before the break so that the children would not feel any discomfort during the tests due to the time lapse between their last meal and the test. The approximate time for the physical fitness assessment was 30 minutes for a group of up to 10 children.

After the break time, the children's motor competence was assessed. Two stations were set up, one for locomotor skills and the other for object control skills. Each station assessed two children at a time. At the end of each assessment, the stations were rotated. The approximate time to assess real motor competence for a group of up to four children was 30 minutes.

The assessment of perceived motor competence (pictographic scale), physical activity (questionnaire), and sample characterization questionnaire took place in a reserved area of the multisport court and lasted about 30 minutes per child. The final step of data collection was the direct estimation of physical activity, which occurred later than the data collection week due to the number of available devices. On average, it took 15 days to assess all children.

The research team was composed by 10 professionals and/or students of physical education, who were trained in the measurement protocols (anthropometry, executive functions, actual and perceived motor competence, physical fitness, and physical activity). New training sessions were held every six months, to remind the evaluators of the evaluation procedures and also train new team members. The duration of the evaluations in the school required one week (five working days) for each data collection session.

2.4 Statistical analysis

Mean \pm standard deviation (SD), median (interquartile range), and relative and absolute frequencies were used to present descriptive information for growth and adiposity indicators, physical activity, physical fitness, actual and perceived motor competence, and executive functions. No missing data was observed. The distribution of the data was formally checked using Kolmogorov-Smirnov test. A Chi-square test (χ^2) was used to association the prevalence of adiposity indicators (nutritional status, body fat percentage, waist-to-height ratio), physical activity (steps and MVPA, meeting recommendations), physical fitness (cardiorespiratory fitness), and actual motor competence, between boys and girls. Odds ratio analyzes were conducted. The Student t-tests for independent samples and Mann Whitney U-test were used to identifying sex differences for the variables assessed at baseline. The effect sizes (ES) of the parametric comparisons were also calculated, and established cut-off points were used (up to 0.4 small; 0.5 to 0.8 medium; greater than 0.8 large) [46]. The confidence interval was fixed at 95% (95%CI). The data were analyzed using SPSS statistical software package, version 22 (IBM SPSS, Inc, Chicago, IL, USA).

3. Results

The sample comprised 67 children (61.2% boys). Table 2 shows the prevalence of adiposity indicators (nutritional status, body fat percentage, and waist-to-height ratio), physical activity (steps and MPVA min.day⁻¹, meeting recommendations), physical fitness (cardiorespiratory fitness), and actual motor competence, at baseline. A significant association was found between actual motor competence by sex ($\chi^2(1) = 6.317, p = 0.012$). Analysis of the adjusted standardized residuals showed that the below-average and superior ratings were associated with sex. Odds ratio analyzes showed that boys were 0.22 times more likely to have below-average actual motor competence when compared to girls. No sex differences were observed for the other variables. For physical activity, around 85% of boys and girls did not meet the recommendations for daily steps, and 50% of girls and 68% of boys were considered inactive based on MVPA. Regarding cardiorespiratory fitness, about 15.4% of girls and 7.3% of boys were classified into the “health risk zone” (Table 2).

Table 2. Prevalence of adiposity indicators, physical activity, cardiorespiratory fitness, and actual motor competence.

Variables	Girls (n=26)		Boys (n=41)		χ^2	p-value
	n (%)	95%CI	n (%)	95%CI		
ADIPOSIY INDICATORS						
Nutritional status						
Underweight	--	--	2 (4.9)	0.0 – 12.2	2.463	0.482
Normal weight	18 (69.2)	50.0 – 84.6	25 (61.0)	46.3 – 75.6		
Overweight	6 (23.1)	7.7 – 42.3	9 (22.0)	9.8 – 34.1		
Obesity	2 (7.7)	0.0 – 19.2	5 (12.1)	2.4 – 24.4		
Body Fat Percentage						
Low	2 (7.7)	0.0 – 19.2	9 (22.0)	9.8 – 34.1	2.539	0.281
Acceptable	16 (61.5)	42.3 – 80.8	23 (56.1)	41.5 – 70.7		
High	8 (30.8)	15.4 – 50.0	9 (22.0)	12.2 – 34.1		
Waist-to-Height Ratio						
Ideal	24 (92.3)	80.8 – 100.0	37 (90.2)	80.5 – 97.6	0.085	0.771
Health risk	2 (7.7)	0.0 – 19.2	4 (9.8)	2.4 – 19.5		
PHYSICAL ACTIVITY						
Steps						
Meet recommendations	4 (15.4)	3.8 – 30.8	6 (12.2)	4.9 – 26.8	0.007	0.933
Do not meet recommendations	22 (84.6)	69.2 – 96.2	35 (85.4)	73.2 – 95.1		
MVPA (60 min.day⁻¹) *						
Active	8 (50.0)	25.0 – 75.0	5 (31.2)	12.5 – 56.3	1.174	0.279
Inactive	8 (50.0)	25.0 – 75.0	11 (68.8)	43.8 – 87.5		
PHYSICAL FITNESS						
Cardiorespiratory Fitness						
Ideal	22 (84.6)	69.2 – 96.2	38 (92.7)	85.4 – 100.0	1.075	0.300
Health risk	4 (15.4)	3.8 – 30.8	3 (7.3)	0.0 – 14.6		
ACTUAL MOTOR COMPETENCE						
Motor Competence						
Average	10 (38.5)	19.2 – 57.7	5 (12.2)	2.4 – 24.6	6.317	0.012
Below average	16 (61.5)	42.3 – 80.8	36 (87.5)	75.6 – 97.6		

* Moderate to vigorous physical activity (girls n=16, and boys n=16); 95%CI (95% of Confidence interval); χ^2 (Chi-square test). The value in bold indicates statistical significance at the level of $p < 0.05$.

Descriptive statistics for growth and adiposity indicators, physical activity, physical fitness, actual and perceived motor competence, and executive functions are shown in Table 3. On average, boys had higher scores for physical activity (score) [$t_{65} = -3.314$; $p = 0.002$], physical fitness (handgrip strength [$t_{65} = -2.060$; $p = 0.040$], abdominal resistance [$t_{65} = -3.168$; $p = 0.003$], agility [$t_{65} = 2.415$; $p = 0.019$], cardiorespiratory fitness [$t_{65} = -2.300$; $p = 0.025$]), and executive function (inhibitory control [$U = 349.00$; $p = 0.018$]) than girls. Girls showed higher values for body fat percentage [$t_{(65)} = 4.820$; $p = 0.001$], and better performance on the flexibility component [$t_{(65)} = 2.551$; $p = 0.013$]. Effect size results showed that adiposity indicators, physical activity and abdominal resistance presents a large difference between sexes, while a medium effect difference was shown for most of the physical fitness test.

Table 3. Descriptive characteristics and comparison by sex for growth and adiposity indicators, physical activity, physical fitness, actual and perceived motor competence, and executive function variables.

Variables	Girls (n=26)		Boys (n=41)		Total (n=67)		p-value
	Mean \pm SD	Median (IQR)	Mean \pm SD	Median (IQR)	Mean \pm SD	Median (IQR)	
GROWTH INDICATORS							
Age (year)	7.07 \pm 1.00	6.47 (2.00)	7.31 \pm 0.95	7.77 (1.92)	7.56 \pm 0.99	8.04 (2.05)	0.452 ^a
Height (m)	1.23 \pm 0.07	1.21 (0.15)	1.25 \pm 0.07	1.26 (0.07)	1.26 \pm 0.06	1.25 (0.09)	0.265 ^{b,c}
Body mass (kg)	25.56 \pm 5.84	23.89 (8.78)	26.47 \pm 6.76	26.05 (5.90)	27.45 \pm 7.16	26.25 (9.41)	0.561 ^{b,c}
ADIPOSIY INDICATORS							
BMI (kg/m ²)	16.63 \pm 2.33	16.31 (3.05)	16.51 \pm 2.85	15.92 (3.26)	16.87 \pm 2.98	16.05 (4.76)	0.848 ^{b,c}
Waist-to-height ratio	0.44 \pm 0.03	0.44 (0.05)	0.45 \pm 0.04	0.44 (0.05)	0.45 \pm 0.04	0.44 (0.06)	0.568 ^{b,c}
Body fat percentage (%)	22.78 \pm 6.05	22.00 (10.34)	15.25 \pm 6.49	13.14 (7.78)	19.58 \pm 8.04	18.18 (3.67)	0.001 ^{b,e}
PHYSICAL ACTIVITY – QUESTIONNAIRE AND PEDOMETER							
Score	7.54 \pm 1.07	7.55 (1.03)	8.42 \pm 1.03	8.12 (1.22)	8.08 \pm 1.12	8.00 (1.25)	0.002 ^{b,e}
Steps	7079.47 \pm 3624.59	6514.75 (4766.50)	8075.79 \pm 4252.84	7000.25 (6876.38)	7689.16 \pm 4022.10	6955.25 (6302.25)	0.310 ^{b,c}
PHYSICAL ACTIVITY AND SEDENTARY BEHAVIOUR – ACCELEROMETER (minutes/day) *							
SB	1254.54 \pm 45.88	1249.88 (66.71)	1268.66 \pm 68.23	1260.16 (111.97)	1261.60 \pm 57.64	1255.18 (93.62)	0.498 ^{b,c}
LPA	117.51 \pm 33.70	126.08 (54.17)	111.21 \pm 48.85	102.71 (86.78)	114.36 \pm 41.41	112.15 (74.72)	0.674 ^{b,c}
MVPA	58.36 \pm 17.68	61.44 (24.52)	51.09 \pm 23.89	46.86 (30.36)	54.72 \pm 21.00	52.45 (26.48)	0.336 ^{b,c}
PHYSICAL FITNESS							
Handgrip strength (kg)	10.41 \pm 2.58	10.00 (2.56)	11.81 \pm 1.79	11.00 (4.00)	11.35 \pm 2.65	10.75 (3.25)	0.040 ^{b,d}
Upper strength (rep) limbs	3.50 \pm 3.71	2.50 (6.00)	5.02 \pm 4.04	4.00 (7.00)	4.09 \pm 3.82	3.00 (6.50)	0.117 ^a
Lower strength (cm) limbs	100.47 \pm 14.00	100.50 (24.14)	108.51 \pm 25.55	107.50 (32.85)	104.99 \pm 18.94	103.50 (24.25)	0.102 ^{b,c}
Abdominal resistance (rep)	7.92 \pm 5.12	8.00 (7.00)	11.95 \pm 4.98	12.00 (6.00)	9.50 \pm 5.67	11.00 (7.75)	0.003 ^{b,e}
Speed (s)	24.17 \pm 7.29	26.30 (14.44)	23.54 \pm 6.40	25.40 (7.75)	23.79 \pm 6.71	25.63 (10.05)	0.331 ^a
Agility (s)	8.50 \pm 0.64	8.55 (0.90)	8.06 \pm 0.82	8.03 (1.10)	8.09 \pm 0.73	8.08 (0.73)	0.019 ^{b,d}

Flexibility (cm)	28.81 ± 4.76	29.30 (7.78)	25.49 ± 5.81	26.70 (6.10)	27.83 ± 6.09	28.20 (8.75)	0.013 ^{b,d}
Cardiorespiratory fitness (m)	808.25 ± 116.84	815.63 (152.38)	876.13 ± 119.10	887.62 (164.35)	864.41 ± 125.22	863.07 (177.30)	0.025 ^{b,d}
ACTUAL MOTOR COMPETENCE							
Locomotion (pts)	35.46 ± 5.43	36.75 (8.63)	35.23 ± 4.36	35.50 (6.00)	36.75 ± 3.75	37.25 (4.00)	0.857 ^{b,c}
Object control (pts)	25.88 ± 5.89	27.00 (9.00)	28.48 ± 4.86	28.00 (7.25)	27.18 ± 5.34	28.00 (7.88)	0.066 ^{b,d}
General motor quotient (pts)	83.15 ± 13.89	85.00 (25.50)	77.90 ± 10.81	78.81 (11.24)	79.00 ± 19.50	79.00 (18.00)	0.109 ^{b,c}
PERCEIVED MOTOR COMPETENCE							
Total score	40.42 ± 6.35	40.50 (11.50)	41.00 ± 4.89	41.00 (8.00)	39.96 ± 5.05	40.00 (8.75)	0.695 ^{b,c}
EXECUTIVE FUNCTIONS							
Inhibitory control (s)	115.46 ± 44.45	108.50 (49.00)	94.36 ± 27.11	86.00 (36.00)	92.03 ± 21.99	86.50 (28.25)	0.018 ^a
Working memory (pts)	23.96 ± 7.57	24.00 (5.50)	25.97 ± 14.67	24.00 (7.00)	25.19 ± 12.38	24.00 (4.00)	0.720 ^{b,c}
Cognitive flexibility (pts)	3.65 ± 1.67	4.00 (2.25)	3.92 ± 1.61	4.00 (2.00)	3.90 ± 1.51	4.00 (2.00)	0.900 ^a

Legend: cm – centimetres; SD – standard deviation; IQR – interquartile range; BMI – body mass index; SB – sedentary behaviour; LPA – light physical activity; MPA – moderate physical activity; VPA – vigorous physical activity; MVPA – moderate to vigorous physical activity; pts – points; rep – repetition; s – seconds *Accelerometer physical activity (girls n=16, and boys n=16); ^a Mann Whitney U-test; ^b student t-test for independent sample; ^c small effect; ^d medium effect; ^e large effect.

4. Discussion

The study aimed to present the methods of the longitudinal-mixed design study from Zona da Mata – MG, and describe the baseline results by sex for growth and health, physical activity, physical fitness, actual and perceived motor competence, and executive function indicators in children. The main results showed a significant association between sexes and actual motor competence, with boys having a higher chance of presenting motor competence below average when compared to girls. The comparative analyses showed that girls had a higher body percentage fat and higher performance in the flexibility test when compared to boys. On the other hand, boys performed better in physical activity, physical fitness, and executive function (i.e., inhibitory control).

Among the studied adiposity indicators, about 30% of girls and 34% of boys were overweight, and girls had higher values of body fat percentage compared to their peers. Similar findings were observed by Lima et al. [47] who found a high prevalence of body fatness in children aged six to 13 years. In another study, Shaw et al. [48] evaluated the body fat percentage of 1251 healthy children and adolescents aged five to 18 years from Caucasian, South Asian, and Caribbean ethnic groups and found significant differences between sexes, with girls showing higher values at age five. Sex differences in body composition can be explained by environmental and genetic interactions in diet, linear growth, and body fat percentage [14,49], as well as differences in types of physical activity or metabolism, namely

the production of the hormone leptin, which may favor an early accumulation of fat in girls, consistent with previous evidence [50,51]. Since being overweight before puberty may be associated with a significantly increased risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease in middle age [3,4,49], it is essential to develop strategies to monitor and track adiposity indicators from early ages in order to intervene in acquired habits that may negatively affect health markers.

A high prevalence of inactivity was observed in both sexes. Similar results were found by Gu et al. [52] who found that more than 70% of North American children aged six to 11 do not meet physical activity recommendations. Regular physical activity in children and adolescents has been associated with reduced adiposity, healthy cardiometabolic biomarkers, improved physical fitness and bone health, and positive psychological and cognitive health outcomes [53,54]. In Brazil, about 89% of female adolescents and 78% of male adolescents were physically inactive, according to the Global Status Report on Physical Activity 2022 [1,2], and 80% of adolescents worldwide do not meet the recommendation of at least 60 minutes of moderate-to-vigorous physical activity per day [55]. In addition, we observed that boys had higher scores than girls, which is well-recognized in the literature [7,17,53]. In general, boys (from early ages) are involved in a wider range of activities that allow them to develop a higher variety of physical and motor tasks than girls [6]. Possibly the type of physical activity that takes place outside the school environment may help to understand these results. For example, in our study, about 37% of boys reported practicing "soccer," "futsal," and "karate" with a weekly frequency between 1 and 2 hours, while only 2.6% of girls reported practicing "dance" with a weekly frequency of between 1 and 2 hours, and the other girls didn't report any structured physical activity (data not shown).

Regarding cardiorespiratory fitness, about 22% of children of both sexes were classified as at risk for this component. Previous data indicated that only 32.2% of Brazilian children and adolescents (6 to 19 years old) met the recommendation for cardiorespiratory fitness [56]. In another study, 70% of the children had cardiorespiratory fitness in the health risk zone [8], which indicates a low level of cardiorespiratory fitness in our country [57]. The findings that boys are more physically fit than girls, especially in strength, abdominal endurance, agility, and cardiorespiratory fitness, but not in flexibility, are also widely reported in the literature [9,10,18]. Societal norms and expectations may encourage boys to engage in more physical activity and sports, leading to increased fitness levels [10,58]. Additionally, genetic and environmental factors may also play a role in shaping differences in physical fitness between boys and girls. Studies investigated the physical fitness in children (different ethnicities -

Portuguese, Brazilian, Chinese, Galician) aged six to 18 years and showed that boys performed better than girls in most tests [8–10,59]. Therefore, cultural and social factors must be considered when analyzing physical fitness, because by considering these factors, we can better understand the complex interplay between individual biology and behaviour, and develop more effective strategies for promoting physical fitness and overall health.

Our results for actual motor competence show that both girls and boys have relatively low scores according to the normative tables for age and sex. In addition, boys are 0.22 times more likely than girls to be classified as below average motor competence. There are many factors can influence motor competence, including genetics, environment, diet, and physical activity levels [60,61]. In a recent study, Verbecque et al. [15] evaluated 1037 Ghanaian and South African children aged six to 12 years and found low motor competence in both groups. Evidence shows that a lack of motor competence is a barrier to engagement in various motor and physical activities, resulting in dropout, which can negatively affect children's lifestyles [7,47,62]. In addition, children with low levels of motor competence may be less likely to develop motor skills and physical fitness, which can impair their development [5,7]. We support the development of motor competence from an early age is crucial for a child's overall health and well-being, and can have positive impacts on their physical, cognitive, and social-emotional development [5,7].

High levels of perceived motor competence were observed, which can help some benefits over time, allowing high involvement in the practice of activities that allow the development of motor skills and physical fitness of these children [63,64]. On the other hand, negative aspects should be mentioned, such as frustration when realizing that their actual motor competence in performing activities does not match their perceived motor competence, leading to dropping out of the practice [64]. Therefore, we encourage the development of this construct throughout childhood, because the development of motor competence is not only about acquiring physical skills, but also about developing a positive perception of one's own abilities. It is important to provide practice conditions that allow children to align actual and perceived motor competence, because it can have significant impacts on their motivation, engagement, and long-term physical activity habits.

Boys performed better in inhibitory control (one of the central executive functions). There is evidence to suggest that the cognitive demands of complex motor actions may contribute to the effects that physical activity has on inhibitory control [65,66]. That is, the complexity of the environment (e.g., open skill activities) plays a key role in children's cognitive and motor development [65]. Thus, in our results, we can observe that boys practiced more

open skill activities, such as soccer and futsal, where the basic premise is quick decision-making and instant reactions, and thus this type of practice may have contributed to the development of inhibitory control. Executive functions underlie the ability to plan and achieve goals, exercise self-control, and maintain focus despite distractions [11]. In this sense, we emphasize the relevance of central executive functions in the process of child growth and development, especially given their (indirect) interaction with the other variables studied. Children who have good executive function tend to perform better in multiple life constructs (academic, social, emotional, and motor) [11,67].

The longitudinal mixed design is relevant to the study of dynamic phenomena, highlighting quantitative and qualitative dimensions of change in real time as the phenomenon of interest occurs [68,69]. In this sense, the methodology used in this study, particularly its design and measurement, has made it possible to have a relatively short follow-up period (compared to longitudinal studies), which reduces the problems associated with dropping out. A relevant aspect of this work is the inclusion of a comprehensive range of biological, behavioural, and cognitive information that plays relevant roles in growth, development, and health throughout childhood. The instruments and procedures are consistent with other international studies and were appropriate for the present sample [23,24]. Finally, the integration of the theoretical model, temporal frame, and statistical methods employed will allow the study to provide longitudinal data information for parents, and health professionals, as well as to identify children who are at risk for health problems.

Strengths of the study include a conceptual approach and a wealth of information based on classic theoretical models in the research area. The longitudinal-mixed design and age range make it suitable for analysing changes (intra-individual and inter-individual) and its many facets. In addition, we use direct measurements of body mass and height, waist circumference, and skinfolds, physical activity (estimated through three instruments - questionnaire, pedometer, and accelerometer), physical fitness, motor competence, and executive functions. Another point to be mentioned is the use of cutting-edge statistical analyses with longitudinal data that will be employed in future studies, which will enable the understanding of dynamic and complex interactions that affect the growth, development, and health of children. Thus, the research data will provide important information to families (through lectures, workshops, and educational programs), school, and local health authorities about the status of adiposity indicators, activity levels, actual and perceived motor competence, physical fitness, and executive functions of children from the Zona da Mata - MG. Despite the strengths, some limitations of the present study should be considered. The study was limited to a small sample

from a specific region in Brazil, that is representative of the place, although the data should not be generalized. Subtle differences in lifestyle, environment, and other factors, such as age and sex must be considered, which can lead to different expressions and behaviours related to the processes of growth, development, and health in children. Lastly, we did not evaluate nutritional factors and environment information that might help the understanding of the results.

We understand that the results found are relevant for discussion, to contribute to future research and advances of science in this research area. Thus, patterns of growth and development differ by child sex and the time period under consideration, and we support more longitudinal research that focuses on the complex and dynamic interactions between health, biological, behavioural, and cognitive variables during childhood.

5. Conclusions

The baseline results of the study showed a high prevalence of overweight and physical inactivity in the sample. Boys were more physically active, but more likely to have below-average motor competence than girls. In addition, sex differences were observed in body fat percentage, physical fitness, physical activity, and inhibitory control. Such evidence reinforces the concerns about overweight, physical inactivity, low levels of motor competence and physical fitness in children, worst levels of inhibitory control, and the negative consequences of these behaviours throughout childhood. Future publications with data from this project will focus on presenting more detailed results on the complex and dynamic interactions between health, biological, behavioural, and cognitive variables across development.

Author Contributions

Conceptualization, E.S.P. and F.K.S.; methodology, E.S.P. and F.K.S.; formal analysis, E.SP.; writing – original draft preparation, E.S.P.; writing – review and editing, E.S.P., F.K.S., M.T. and T.N.Q.F.G. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding

This research is partially supported by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – financial code: 001.

Informed Consent Statement

The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki and approved by Ethics Committee of Federal University of Viçosa (protocol code 1.888.177 on 10 January 2017). Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Acknowledgments

We would like to thank the study participants along with their parents, teachers, and school principals for their involvement in the study.

Declaration of Interest

The authors report no declaration of interest.

References

- Silva, D.A.S.; Pelegrini, A.; Christofaro, D.G.D.; Ferrari, E.P.; Ferrari, G.; Silva, K.S.; Lima, L.R.A. de; Nardo Júnior, N.; Silva, R.J. dos S.; Filho, V.C.B. Results from Brazil's 2022 Report Card on Physical Activity for Children and Adolescents. *Int J Environ Res Public Health* **2022**, *19*, doi:10.3390/ijerph191610256.
2. WHO *Global Status Report on Physical Activity 2022: Country Profiles*; Geneva: Geneva, **2022**.
 3. Abarca-Gómez, L.; Abdeen, Z.A.; Hamid, Z.A.; Abu-Rmeileh, N.M.; Acosta-Cazares, B.; Acuin, C.; Adams, R.J.; Aekplakorn, W.; Afsana, K.; Aguilar-Salinas, C.A.; et al. Worldwide Trends in Body-Mass Index, Underweight, Overweight, and Obesity from 1975 to 2016: A Pooled Analysis of 2416 Population-Based Measurement Studies in 128.9 Million Children, Adolescents, and Adults. *The Lancet* **2017**, *390*, 2627–2642, doi:10.1016/S0140-6736(17)32129-3.
 4. Chin, S.H.; Kahathuduwa, C.N.; Binks, M. Physical Activity and Obesity: What We Know and What We Need to Know*. *Obesity Reviews* **2016**, *17*, 1226–1244, doi:10.1111/obr.12460.
 5. Stodden, D.F.; Goodway, J.D.; Langendorfer, S.J.; Robertson, M.A.; Rudisill, M.E.; Garcia, Clersida and Garcia, L.E. A Developmental Perspective on the Role of Motor Skill Competence in Physical Activity: An Emergent Relationship. *Quest* **2008**, *60*, 290–306.
 6. Lopes, L.; Santos, R.; Coelho-E-Silva, M.; Draper, C.; Mota, J.; Jidovtseff, B.; Clark, C.; Schmidt, M.; Morgan, P.; Duncan, M.; et al. A Narrative Review of Motor Competence in Children and Adolescents: What We Know and What We Need to Find Out. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *15*, 18, doi:10.3390/ijerph1801.
 7. Barnett, L.M.; Webster, E.K.; Hulteen, R.M.; De Meester, A.; Valentini, N.C.; Lenoir, M.; Pesce, C.; Getchell, N.; Lopes, V.P.; Robinson, L.E.; et al. Through the Looking Glass: A Systematic Review of Longitudinal Evidence, Providing New Insight for Motor Competence and Health. *Sports Medicine* **2022**, *52*, 875–920, doi:10.1007/s40279-021-01516-8.
 8. Pedretti, A.; Mello, J.B.; Gaya, A.R.; Pedretti, A.; Cezar Araujo Gaya, A. Health- and Skill-Related Physical Fitness Profile of Brazilian Children and Adolescents: A Systematic Review. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde* **2020**, *25*, 1–10, doi:10.12820/rbafs.25e0131.

9. Zhang, F.; Bi, C.; Yin, X.; Chen, Q.; Li, Y.; Liu, Y.; Zhang, T.; Li, M.; Sun, Y.; Yang, X. Physical Fitness Reference Standards for Chinese Children and Adolescents. *Sci Rep* **2021**, *11*, doi:10.1038/s41598-021-84634-7.
10. Iglesias-Soler, E.; Rúa-Alonso, M.; Rial-Vázquez, J.; Lete-Lasa, J.R.; Clavel, I.; Giráldez-García, M.A.; Rico-Díaz, J.; Corral, M.R. Del; Carballeira-Fernández, E.; Dopico-Calvo, X. Percentiles and Principal Component Analysis of Physical Fitness from a Big Sample of Children and Adolescents Aged 6-18 Years: The DAFIS Project. *Front Psychol* **2021**, *12*, doi:10.3389/fpsyg.2021.627834.
11. Diamond, A. Executive Functions. *Annu Rev Psychol* **2013**, *64*, 135–168, doi:10.1146/annurev-psych-113011-143750.
12. Pesce, C.; Stodden, D.F.; Lakes, K.D. Editorial: Physical Activity “Enrichment”: A Joint Focus on Motor Competence, Hot and Cool Executive Functions. *Front Psychol* **2021**, *12*, doi:10.3389/fpsyg.2021.658667.
13. Kansra, A.R.; Lakkunarajah, S.; Jay, M.S. Childhood and Adolescent Obesity: A Review. *Front Pediatr* **2021**, *8*, doi:10.3389/fped.2020.581461.
14. Thomas-Eapen, N. Childhood Obesity. *Primary Care - Clinics in Office Practice* **2021**, *48*, 505–515, doi:10.1016/j.pop.2021.04.002.
15. Verbecque, E.; Coetzee, D.; Ferguson, G.; Smits-Engelsman, B. High Bmi and Low Muscular Fitness Predict Low Motor Competence in School-Aged Children Living in Low-Resourced Areas. *Int J Environ Res Public Health* **2021**, *18*, doi:10.3390/ijerph18157878.
16. Takacs, Z.K.; Kassai, R. The Efficacy of Different Interventions to Foster Children’s Executive Function Skills: A Series of Meta-Analyses. *Psychol Bull* **2019**, doi:10.1037/bul0000195.
17. Malina, R.M.; Katzmarzyk, P.T. Physical Activity and Fitness in an International Growth Standard for Preadolescent and Adolescent Children. *Food and Nutrition Bulletin* **2006**, *27*, 295–313.
18. Malina, R.M. Top 10 Research Questions Related to Growth and Maturation of Relevance to Physical Activity, Performance, and Fitness. *Res Q Exerc Sport* **2014**, *85*, 157–173, doi:10.1080/02701367.2014.897592.
19. Malina, R.M.; Bouchard, C.; Bar-Or, O. *Growth, Maturation, and Physical Activity*; 2nd ed.; Champaign: Human Kinetics, **2004**.
20. GALLAHUE, D.L.; OZMUN, J.C.; GOODWAY, J.D. *Compreendendo o Desenvolvimento Motor: Bebês, Crianças, Adolescentes e Adultos*; Lima, L.B. de, Bittencourt, C., Monticelli, M., Souza, I.O. de, Angeli, G.H., Eds.; 7th ed.; AMGH Editora Ltda: Porto Alegre, **2013**; ISBN 9780073376509.
21. Basso, L.; Júnior, C.M.; Oliveira, J.A.; Lúcia De Moraes Forjaz, C.; Andréa De Souza, J.; Prista, A.; António, J.; Maia, R.; Tani, G. Crescimento e Desenvolvimento Motor de Escolares de Muzambinho: Um Estudo Com Implicações Acadêmicas, Sociais e de Política Interinstitucional. *Revista Portuguesa Ciências do Desporto* **2009**, *9*, 247–257.

22. Freitas, D.; Beunen, G.; Maia, J.; Claessens, A.; Thomis, M.; Marques, A.; Gouveia, É.; Lefevre, J. Tracking of Fatness during Childhood, Adolescence and Young Adulthood: A 7-Year Follow-up Study in Madeira Island, Portugal. *Ann Hum Biol* **2012**, *39*, 59–67, doi:10.3109/03014460.2011.638322.
23. Katzmarzyk, P.T.; Barreira, T. V.; Broyles, S.T.; Champagne, C.M.; Chaput, J.P.; Fogelholm, M.; Hu, G.; Johnson, W.D.; Kuriyan, R.; Kurpad, A.; et al. The International Study of Childhood Obesity, Lifestyle and the Environment (ISCOLE): Design and Methods. *BMC Public Health* **2013**, *13*, doi:10.1186/1471-2458-13-900.
24. Souza, M.C. de; Chaves, R.N. de; dos Santos, F.K.; Gomes, T.N.Q.F.; Santos, D.V. e.; Borges, A.S.; Pereira, S.I.S.; Forjaz, C.L. de M.; Eisenmann, J.; Maia, J.A.R. The Oporto Mixed-Longitudinal Growth, Health and Performance Study. Design, Methods and Baseline Results. *Ann Hum Biol* **2017**, *44*, 11–20, doi:10.3109/03014460.2016.1165866.
25. Tomporowski, P.D.; McCullick, B.; Pendleton, D.M.; Pesce, C. Exercise and Children's Cognition: The Role of Exercise Characteristics and a Place for Metacognition. *J Sport Health Sci* **2015**, *4*, 47–55, doi:10.1016/j.jshs.2014.09.003.
26. Howie, E.K.; Pate, R.R. Physical Activity and Academic Achievement in Children: A Historical Perspective. *J Sport Health Sci* **2012**, *1*, 160–169, doi:10.1016/j.jshs.2012.09.003.
27. Pereira, E. de S.; Thuany, M.; Bandeira, P.F.R.; Gomes, T.N.Q.F.; dos Santos, F.K. How Do Health, Biological, Behavioral, and Cognitive Variables Interact over Time in Children of Both Sexes? A Complex Systems Approach. *Int J Environ Res Public Health* **2023**, *20*, 2728, doi:10.3390/ijerph20032728.
28. Lohman, T.G.; Roche, A.F.; Martorell, R. *Anthropometric Standardization Reference Manual*; Champaign, IL: Human Kinetics Books, **1988**.
29. De Onis, M.; Onyango, A.W.; Borghi, E.; Siyam, A.; Nishida, C.; Siekmann, J. Development of a WHO Growth Reference for School-Aged Children and Adolescents. *Bulletin of the World Health Organization* **2007**, *85*, 660–667, doi:10.2471/BLT.
30. Stewart, A.D.; Marfell-Jones, M.; Olds, T.; Al., E. International Standards for Anthropometric Assessment. *Lower Hutt, New Zealand: International Society for the Advancement of Kinanthropometry* **2011**, 1–139.
31. Ashwell, M.; Hsieh, S.D. Six Reasons Why the Waist-to-Height Ratio Is a Rapid and Effective Global Indicator for Health Risks of Obesity and How Its Use Could Simplify the International Public Health Message on Obesity. *Int J Food Sci Nutr* **2005**, *56*, 303–307, doi:10.1080/09637480500195066.
32. Baecke, J.A.H.; Burema, J.; Frijters, J.E. A Short Questionnaire for the Measurement of Habitual Physical Activity in Epidemiological Studies¹2. **1982**.
33. Clemes, S.A.; Biddle, S.J.H. The Use of Pedometers for Monitoring Physical Activity in Children and Adolescents: Measurement Considerations. *J Phys Act Health* **2013**, *10*, 249–262, doi:10.1123/jpah.10.2.249.
34. Tudor-locke, C.; Craig, C.L.; Brown, W.J.; Clemes, S.A.; Cocker, K. De; Giles-corti, B.; Hatano, Y.; Inoue, S.; Matsudo, S.M.; Mutrie, N.; et al. How Many Steps / Day Are Enough?

For Children and Adolescents. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* **2011**, 8, 1–17, doi:10.1186/1479-5868-8-79.

35. Bull, F.; Saad Al-Ansari, S.; Biddle, S.; Borodulin, K.; Buman, M.; Cardon, G.; Carty, C.; Chaput, J.-P.; Chastin, S.; Chou, R.; et al. World Health Organization 2020 Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour. *Br J Sports Med* **2020**, 54, 1451–1462, doi:10.1136/bjsports-2020-102955.

36. Adam, C.; Klissouras, V.; Ravazzolo, M.; Renson, R.; Tuxworth, W.; Kemper, HCG.; van Mechelen, W.; Hlobil, H.; Beunen, G.; Levarlet-Joye, H. *EUROFIT: European Test of Physical Fitness—Handbook*; Committee for the Development of Sport, Council of Europe: Rome, Italy, **1988**.

37. Plowman, S.; Meredith, MD. *Fitnessgram/Activitygram Reference Guide*; 4th edition.; Dallas, TX: The Cooper Institute, **2013**.

38. Gaya, A.; Gaya, A.R. Projeto Esporte Brasil: Manual de Testes e Avaliação Versão 2016. <https://www.ufrgs.br/proesp/arquivos/manual-proesp-br-2016.Pdf> **2016**, 25.

39. AAHPERD, A.A.F.H.& D. *Physical Best: A Physical Fitness Education & Assessment Program*; The Alliance, **1988**.

40. Ulrich, A.D.A. *Test of Gross Motor Development: Second Edition: Examiner's Manual*; **2000**.

41. Barnett, L.M.; Ridgers, N.D.; Zask, A.; Salmon, J. Face Validity and Reliability of a Pictorial Instrument for Assessing Fundamental Movement Skill Perceived Competence in Young Children. *J Sci Med Sport* **2015**, 18, 98–102, doi:10.1016/j.jsams.2013.12.004.

42. Sedó, M.; de Paula, J.J.; Malloy-Diniz, L.F. *FDT - Teste Dos Cinco Digitos*; Hogrefe: São Paulo, **2015**.

43. Wechsler, D. *Escala Wechsler de Inteligência Para Crianças: WISC IV. Manual Técnico / Tradução Do Manual Original*; Rueda, F.J.M., Noronha, A.P.P., Sisto, F. fernandes, Santos, A.A.A. dos, Castro, N.R., Eds.; 4th ed.; Casa do Psicólogo: São Paulo, **2013**.

44. Lezak, M.D.; Howieson, D.B.; Bigler, E.D.; Tranel, D. *Neuropsychological Assessment*; Fifth Edit.; Oxford University press, **2012**.

45. Strauss, E.; Sherman, E.; Spreen, O. *A Compendium of Neuropsychological Tests*; 3rd ed.; Oxford University press: New York, **2006**.

46. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*; American Press, **2013**.

47. Lima, R.A.; Pfeiffer, K.A.; Bugge, A.; Møller, N.C.; Andersen, L.B.; Stodden, D.F. Motor Competence and Cardiorespiratory Fitness Have Greater Influence on Body Fatness than Physical Activity across Time. *Scand J Med Sci Sports* **2017**, 27, 1638–1647, doi:10.1111/sms.12850.

48. Shaw, N.J.; Crabtree, N.J.; Kibirige, M.S.; Fordham, J.N. Ethnic and Gender Differences in Body Fat in British Schoolchildren as Measured by DXA. *Arch Dis Child* **2007**, 92, 872–875, doi:10.1136/adc.2007.117911.

49. Weihrauch-Blüher, S.; Wiegand, S. Risk Factors and Implications of Childhood Obesity. *Curr Obes Rep* **2018**, *7*, 254–259, doi:10.1007/s13679-018-0320-0.
50. Shah, B.; Tombeau Cost, K.; Fuller, A.; Birken, C.S.; Anderson, L.N. Sex and Gender Differences in Childhood Obesity: Contributing to the Research Agenda. *BMJ Nutr Prev Health* **2020**, *3*, 387–390, doi:10.1136/bmjnp-2020-000074.
51. Gültekin, T.; Akin, G.; Ozer, B.K. Gender Differences in Fat Patterning in Children Living in Ankara. *Anthropol Anz* **2005**, *63*, 427–437, doi:10.1127/anthranz/63/2005/427.
52. Gu, X.; Zhang, T.; Chen, S.; Keller, M.J.; Zhang, X. School-Based Sedentary Behavior, Physical Activity, and Health-Related Outcomes among Hispanic Children in the United States: A Cross-Sectional Study. *Int J Environ Res Public Health* **2020**, *17*, doi:10.3390/ijerph17041197.
53. Poitras, V.J.; Gray, C.E.; Borghese, M.M.; Carson, V.; Chaput, J.P.; Janssen, I.; Katzmarzyk, P.T.; Pate, R.R.; Connor Gorber, S.; Kho, M.E.; et al. Systematic Review of the Relationships between Objectively Measured Physical Activity and Health Indicators in School-Aged Children and Youth. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism* **2016**, *41*, S197–S239, doi:10.1139/apnm-2015-0663.
54. González, S.A.; Barnes, J.D.; Nader, P.A.; Tenesaca, D.S.A.; Brazo-Sayavera, J.; Galaviz, K.I.; Herrera-Cuenca, M.; Katewongsa, P.; López-Taylor, J.; Liu, Y.; et al. Report Card Grades on the Physical Activity of Children and Youth from 10 Countries with High Human Development Index: Global Matrix 3.0. *J Phys Act Health* **2018**, *15*, S284–S297, doi:10.1123/jpah.2018-0391.
55. WHO (2019). To Grow up Healthy, Children Need to Sit Less and Play More. Available online: <https://www.who.int/news/item/24-04-2019-to-grow-up-healthy-children-need-to-sit-less-and-play-more> (accessed on 21 February 2023).
56. Silva, D.A.S.; Christofaro, D.G.D.; de Moraes Ferrari, G.L.; da Silva, K.S.; Nardo, N.; dos Santos Silva, R.J.; Fernandes, R.A.; Filho, V.C.B. Results from Brazil's 2018 Report Card on Physical Activity for Children and Youth. *J Phys Act Health* **2018**, *15*, S323–S325, doi:10.1123/JPAH.2018-0421.
57. Silva, D.A.S.; Tremblay, M.S. It's Time to Take Care of Brazilian Children and Adolescents. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano* **2018**, *20*, 363–366, doi:10.5007/1980-0037.2018v20n4p363.
58. Estevan, I.; Menescardi, C.; García-Massó, X.; Barnett, L.M.; Molina-García, J. Profiling Children Longitudinally: A Three-Year Follow-up Study of Perceived and Actual Motor Competence and Physical Fitness. *Scand J Med Sci Sports* **2021**, *31*, 35–46, doi:10.1111/sms.13731.
59. Santos, R.; Mota, J.; Santos, D.A.; Silva, A.M.; Baptista, F.; Sardinha, L.B. Physical Fitness Percentiles for Portuguese Children and Adolescents Aged 10-18 Years. *J Sports Sci* **2014**, *32*, 1510–1518, doi:10.1080/02640414.2014.906046.
60. Fransen, J.; D'Hondt, E.; Bourgois, J.; Vaeyens, R.; Philippaerts, R.M.; Lenoir, M. Motor Competence Assessment in Children: Convergent and Discriminant Validity between

the BOT-2 Short Form and KTK Testing Batteries. *Res Dev Disabil* **2014**, *35*, 1375–1383, doi:10.1016/j.ridd.2014.03.011.

61. Bremer, E.; Cairney, J. Fundamental Movement Skills and Health-Related Outcomes: A Narrative Review of Longitudinal and Intervention Studies Targeting Typically Developing Children. *Am J Lifestyle Med* **2018**, *12*, 148–159, doi:10.1177/1559827616640196.

62. Melby, P.S.; Elsborg, P.; Nielsen, G.; Lima, R.A.; Bentsen, P.; Andersen, L.B. Exploring the Importance of Diversified Physical Activities in Early Childhood for Later Motor Competence and Physical Activity Level: A Seven-Year Longitudinal Study. *BMC Public Health* **2021**, *21*, doi:10.1186/s12889-021-11343-1.

63. Lawson, C.; Eyre, E.L.J.; Tallis, J.; Watts, M.; Duncan, M.J. Identifying Actual and Perceived Motor Competence Based Profiles among Children. *J Sports Sci* **2022**, *40*, 621–629, doi:10.1080/02640414.2021.2009169.

64. Estevan, I.; García-Massó, X.; Molina García, J.; Barnett, L.M. Identifying Profiles of Children at Risk of Being Less Physically Active: An Exploratory Study Using a Self-Organised Map Approach for Motor Competence. *J Sports Sci* **2019**, *37*, 1356–1364, doi:10.1080/02640414.2018.1559491.

65. Formenti, D.; Trecroci, A.; Duca, M.; Cavaggioni, L.; D'Angelo, F.; Passi, A.; Longo, S.; Alberti, G. Differences in Inhibitory Control and Motor Fitness in Children Practicing Open and Closed Skill Sports. *Sci Rep* **2021**, *11*, doi:10.1038/s41598-021-82698-z.

66. Gerber, M.; Lang, C.; Beckmann, J.; du Randt, R.; Gall, S.; Seelig, H.; Long, K.Z.; Ludyga, S.; Müller, I.; Nienaber, M.; et al. How Are Academic Achievement and Inhibitory Control Associated with Physical Fitness, Soil-Transmitted Helminth Infections, Food Insecurity and Stunting among South African Primary Schoolchildren? *BMC Public Health* **2021**, *21*, doi:10.1186/s12889-021-10779-9.

67. Gomez-Pinilla, F.; Hillman, C. The Influence of Exercise on Cognitive Abilities. *Compr Physiol* **2013**, *3*, 403–428, doi:10.1002/cphy.c110063.

68. Plano Clark, V.L.; Anderson, N.; Wertz, J.A.; Zhou, Y.; Schumacher, K.; Miaskowski, C. Conceptualizing Longitudinal Mixed Methods Designs: A Methodological Review of Health Sciences Research. *J Mix Methods Res* **2015**, *9*, 297–319, doi:10.1177/1558689814543563.

69. Schumacher, K.L.; Plano Clark, V.L.; Eilers, J.; Kigundu, N.; Geary, C.; Kupzyk, K.; Lydiatt, W.M.; Lackner, R.P.; Ly, Q. Methodological Considerations for the Design and Implementation of a Fully Longitudinal Mixed Methods Study. *Res Nurs Health* **2021**, *44*, 571–580, doi:10.1002/nur.22133.

7.2 ARTIGO ORIGINAL 2: How do health, biological, behavioral, and cognitive variables interact over time in children of both sexes? A complex systems approach

Elenice de Sousa Pereira ^{1, *}, Mabliny Thuany ², Paulo Felipe Ribeiro Bandeira ^{3,4}, Thayse Natacha Q. F. Gomes ^{5,6,7} and Fernanda Karina dos Santos ¹

¹ Department of Physical Education, Federal University of Viçosa, Viçosa 36570-900, MG, Brazil; fernandak.santos@ufv.br

² Faculty of Sports, University of Porto, 4200-450 Porto, Portugal; mablinsantos@gmail.com

³ Department of Physical Education, Regional University of Cariri–URCA, Crato 63105-000, CE, Brazil paulo.bandeira@urca.br

⁴ Federal University of Vale do São Francisco – UNIVASF, Petrolina, Pernambuco 48902-300, PE, Brazil.

⁵ Department of Physical Education, Federal University of Sergipe, São Cristóvão 49100-000, SE, Brazil; thayse_natacha@hotmail.com

⁶ Department of Physical Education and Sport Sciences, University of Limerick, V94 T9PX Limerick, Ireland.

⁷ Physical Activity for Health Cluster, Health Research Institute, University of Limerick, V94 T9PX Limerick, Ireland

* Correspondence: elenice.sousa@ufv.br

Abstract: The present study examined gender differences in health, physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function indicators in three time points, and analyzed the dynamic and non-linear association between health, biological, behavioral, and cognitive variables in children followed over time. A total of 67 children (aged between six and 10 years) were followed during two years and split into two cohorts (six to eight years old: C1; eight to 10 years old: C2). Data regarding health, physical activity, real and perceived motor competence, physical fitness, and executive function indicators were obtained according to their respective protocols. Comparison tests and network analysis were estimated. Significant gender differences were found in both cohorts. The emerged networks indicated different topologies in both cohorts. No clusters were observed between the variables in C1, and there was a greater number of interactions at eight years of age. Sparse networks were observed in children aged eight and 10 years in C2, and greater connectivity was observed at nine years of age between health, physical fitness, motor competence, and physical activity

indicators. This study showed that there are non-linear dynamic relationships between health, biological, behavioral, and cognitive variables over time during child development.

Keywords: growth and development; fundamental motor skills; physical activity; health; cognition; complex systems; childhood.

1. Introduction

Children not only undergo changes in physical/biological aspects during the growth and development processes, but also in cognitive, social, and behavioral aspects, which can echo throughout life [1,2]. Physical activity stands out among the variables associated with these changes, and involves a wide range of movements considered essential for independence and interaction with the environment, such as functionality, performance, leisure, and well-being [1,3]. The interaction between movement activities and the environment favors performing motor skills, as well as the underlying mechanisms (motor control and coordination) referred to in the literature as motor competence [4–8], which has been highlighted as important for an active and healthy lifestyle with relevance to child growth and development [9–11].

In addition to physical activity and motor competence, body composition [12], perceived motor competence [13], physical fitness [14], and executive functions [15,16] have been identified as important factors for children's health. In this context, Bremer and Cariney [17] synthesized the literature that examined the impact of movement skills in five health areas (physical activity, physical fitness, body composition, self-perception, and executive functioning), and the results highlight that there is evidence that movement ability can have a positive influence on broad health domains, both over developmental time and through interventions. Similar results were reported in other studies [5,12,18]; however, given the complexity, the mechanisms by which all these variables interact and cooperate to generate healthy movement and behavior patterns in children still seem to be unknown, especially when it comes to different age groups.

There are many studies that have paid attention to understanding the factors (biological, behavioral, and cognitive) associated with human growth and development in both genders [12,16,19]. A general point in common among the works that investigated the relationships between physical activity, real and perceived motor competence, physical fitness, executive function, and adiposity indicators in children is to point out the differences between the genders [20,21], in addition to considering that these relationships are established linearly [13], disregarding dynamic and non-linear synergistic interactions between variables. In this

perspective, cross-sectional studies [22,23] have shown that there are non-linear relationships between movement behavior variables, fundamental motor skills, and screen time in preschoolers (as far as we know, studies that have explored the same relationships in children aged six to 10 are still unknown). On the other hand, longitudinal studies, which can describe in depth the changes resulting from the growth and development process and allow the observation of the non-linear interactions between health, biological, behavioral, and cognitive variables, are scarce especially in second childhood [24]. For example, Cazorla-González et al. [24] explored the impact of crawling before walking on a network of interactions between body composition, cardiovascular system, lung function, motor competence, and physical fitness in children seven years old and evaluated the longitudinal association between the studied variables. The authors observed that the group that crawled before walking presented more links among all the variables studied compared to the group that did not crawl. In this sense, new investigations (cross-sectional, longitudinal, and intervention) are needed to try to fill to this gap.

Since human behavior presents emergent properties as a result of the interaction between different variables [25,26], the use of dynamic systems and complex systems theory can help to better understand the phenomena of change and clarify how behavior (of a given and/or a set of variables) changes over time [27]. Furthermore, the system itself has an intrinsic tendency to create certain patterns [27], which can result in different network configurations and provide useful information about the specific role of components within an integrated network [28]. Thus, the relationship between health, physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function indicators can be better understood through network science [25], rather than just being examined by an analysis of associations separately, as in comparison analyses, which, notwithstanding their relevance, do not allow a deeper understanding about the interactions between multiple variables. Assuming that these variables are mutually related during childhood, and the interactions between them are complex, and that different patterns of networks can emerge, understanding how interactions occur over time can provide relevant answers to existing gaps on the subject [29,30]. In addition, understanding these emerging network patterns can provide insights for future interventions in the most sensitive variables or set of variables in the system. The main objective of this study was to analyze, through network analysis, the dynamic and non-linear association between health, biological, behavioral, and cognitive variables in children monitored over time, and as a secondary objective, to estimate the gender differences in health, physical activity, physical

fitness, real and perceived motor competence, and executive function indicators in three moments.

2 Materials and Methods

2.1. Ethics Declaration

This study was conducted in accordance with the guidelines of the Declaration of Helsinki and all procedures were approved by the Ethics Committee in Research involving human beings of the Federal University of Viçosa, under process number 1.888.177.

2.2. Study Design and Participants

This longitudinal study is part of the research project “Relationship between Physical Activity, Motor Competence, Cognitive Skills and School Performance in Children and Adolescents from three to 12 years old”. The participants were monitored over time and evaluated at three different times one year apart (3 evaluations over 3 years). Thus, the first evaluation (baseline, T0) was performed between February/March and July/August 2017, followed by an evaluation in 2018 (T1), and another in 2019 (T2). Children of both genders aged between six and 10 years, regularly enrolled between the first and fifth grades of the elementary school in the only public elementary school in the city of Santo Antônio do Grama, Minas Gerais, Brazil, were sampled. In the last census, the municipality had a demographic density of 31.37 inhabitants/km² and an average population of 4.085 inhabitants [31].

A total of 113 children were enrolled in the first and third years of an elementary school in the baseline. Of this total, only 89 children agreed to participate in the study. Of the 89 children invited to participate in the study, 22 were excluded (not having complete data in the three moments). A total of 67 healthy school-aged children (41 boys and 26 girls; six to 10 years old) were included in a longitudinal cohort study. The children (N = 36) from cohort 1 started the study at the age of six years and completed it at the age of eight years in the last year of assessment (T2). The children (N = 31) from cohort 2 started the study at the age of eight years and completed the research at the age of 10 years. Subjects were recruited from the same school.

The inclusion criteria were: (1) children between six and 10 years of age; enrolled at their first and third grades of elementary school; (2) being regularly enrolled in school; (3) voluntarily agreeing to participate by the Informed Consent Form signed by the legal guardians;

and (4) not presenting with physical and/or cognitive disability. Exclusion criteria were: (1) not having information on all the variables analyzed for the three years of evaluation.

2.3. Instruments and Procedures

2.3.1. Health Indicators

Waist-to-height ratio (WHtR) and body fat percentage (BFP) were included as health indicators. WHtR was obtained by dividing waist circumference (cm) by height (cm). Height was measured using a portable stadiometer (Sanny[®], Brazil), and waist circumference was taken at the narrowest point between the lower costal margin and the iliac crest with a measuring tape (Sanny[®], Brazil) with a precision of 0.1 cm [32]. The BFP was calculated from the triceps and subscapular skinfolds [33], and measured using an adipometer (Mitutoyo, BGF308, Cescorf[®]).

2.3.2. Physical Activity

Physical activity was measured by applying a questionnaire and using pedometers. Baecke's questionnaire on habitual physical activity [34] was applied to children through direct interviews by the evaluators. The questionnaire consists of 16 questions that are distributed in three different sections and aims to establish estimates of the habitual physical activity level of children. The answers are coded on a five-point Likert scale, except for questions 1 and 9. Scores are obtained based on the answers to the questions grouped in each of the sections equivalent to: occupational physical activity (practices physical activity at school/job); sporting physical activity (related to sports, and physical exercise); and leisure (occupation of free time), in addition to estimating the total score of habitual physical activity, with the latter being considered in the analysis.

The children used pedometers (Yamax, Digi-Walker, SW 200) for eight consecutive days, including two weekend days, attached to their waist in the right mid-axillary line. They were instructed to wear step monitors during their waking time and should only remove them for water activities such as showering and swimming. The children's legal guardians received a diary for using the monitor, in which they should write down the time the device was put on, taken off, and the number of steps recorded on the device's display daily. The children should have used the device with records of the number of steps on at least four days of the week, one of which should be on the weekend, to be considered "eligible" to compose the study sample [35]. The average value of the number of steps was considered in the analysis.

2.3.3. Motor Competence

Motor competence was determined by the Gross Motor Development Test–2 (TGMD–2) [36], consisting of six locomotion skills (running, leaping, hopping, horizontal jump, galloping and sliding) and six object control skills (catching, throwing, kicking, hitting, dribbling, and rolling). Each skill was described and demonstrated once by the evaluator, followed by two tests performed by the child, according to the protocol for administering the TGMD–2 [36]. Video footage of each skill has been edited into single movie clips. In the analysis, each skill was performed twice, and each attempt was scored on the skill criteria as either successful (value 1) or unsuccessful (value 0). The scores from the two trials were added together to obtain a raw score for each skill. Scores for all skills were summed (total skill score range 0–96, locomotor 0–48, object control 0–48). Two evaluators were qualified and trained for the analysis of each of the skills. The inter-rater reliability in locomotion and object control skills was 0.75 and 0.98, respectively.

2.3.4. Physical Fitness

Physical fitness was estimated by evaluating different components (handgrip strength, speed, agility, lower limb strength, upper limb strength, abdominal resistance, flexibility, and cardiorespiratory fitness) from different protocols (EUROFIT, FITNESSGRAM, AAHPERD, and PROESP-BR).

Handgrip strength: measured with a digital dynamometer (JAMAR[®], model 5030, J1). The child should be in a standing position using their dominant hand, arm extended and slightly away from the body, and should press the device with maximum force at the evaluator's command. The same procedure was performed with the non-dominant hand. Two attempts were recorded for each hand, with the highest value being recorded. The average of the best results of each hand (dominant and non-dominant) was used to compose the analysis [37].

Speed: estimated by the Shuttle run 10 × 5 test. Two parallel lines, five meters apart from each other, were drawn. The children had to run as fast as possible between one line and another, crossing it ten times. At the end of the last lap, the time (in seconds) of each child was recorded [37].

Agility: based on the square test, which consists of walking a delimited course of four x four meters as quickly as possible. The time (in seconds) spent on the test by the child was computed [37].

Abdominal muscular resistance: measured by the curl-up test [38]. The child started in the dorsal decubitus position with their hands positioned behind their neck, knees flexed (approximately 90 degrees), feet flat on the ground, and they should return to the sitting position, taking their elbows forward to touch their knees. The child should perform the highest number of repetitions possible in 30 s.

Upper limb strength: estimated from the push-up test [38]. The child started in the ventral decubitus position, keeping their elbows extended, hands resting on the floor and in line with their shoulders, and they should perform as many flexions as possible at approximately 90° degrees and elbow extensions for as long as they could perform the movement correctly.

Lower limb strength: evaluated from the horizontal jump test. The children were initially positioned behind the starting line with their feet parallel to the ground, and they performed a horizontal jump as far as possible, allowing the movement of arms and torso. The child should finish executing the movement with both feet on the ground and without losing balance. The distance was recorded between the starting line and the closest point of contact with the ground to this line. Two attempts were recorded, with the average value considered in the analysis [39].

Flexibility: evaluated by the sit and reach test [40]. The child started by sitting on the floor with their legs extended, without shoes, and should reach the maximum distance possible they could on a wooden bench (Wells bench) with both hands by flexing their trunk. Two trials were computed, and the mean value of both trials was used in the analysis.

Cardiorespiratory fitness: measured from the six-minute running and walking test [39]. The test consists of running and/or walking for six minutes on a defined course (18 × 9 m). The result was determined by the final distance (in meters), considering two decimal places. The raw value of the distance was considered in the analysis.

2.3.5. Perceived Motor Competence

The Pictographic Assessment Scale of Perceived Motor Skills Competence for Children [41] was used to determine perceived motor competence. It consists of 12 pictographic tasks (six tasks related to locomotion skills and six related to object control skills), in which perception in each skill is evaluated from one to four points (four points represent high perception). The perception evaluation process for each skill uses a double and dichotomous process (meaning the child should first point to which of the images best represents them: the picture of a child who is competent in a skill or another child who is not so competent in a skill). Then, in line with the previous choice (competent or not), the children must again choose between two options: for the competent child (four points are assigned for 'really good at' or

three points for ‘very good at’) and for the child who is not as competent (‘good at’ is awarded two points or ‘not so good’—one point). The total score of the scale can range from 12 to 48 points. Higher values denote greater perceived motor competence.

2.3.6. Executive Functions

Central executive functions were assessed, including inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility.

Inhibitory control: The Five Digits Test (FDT) was used to measure inhibitory control [42]. The FDT is a numerical neuropsychological task used to assess the Stroop effect, divided into four components (reading, counting, choosing, and changing). The first two components encompass measures of automatic attention and processing speed. The third component involves a selective attention test (inhibitory control), being estimated in time (seconds). The last component focuses on executive attention (or top-down attentional control). The raw score of the third component, which refers to inhibitory control, was used in the analysis. Higher scores indicate worse performance [42].

Working memory: the Digits test (subtest of the Wechsler Intelligence Scale for Children–Fourth Edition–WISC IV) [43] was used to assess working memory. The test consists of reproducing eight sequences of digits in two basic orders: (i) direct order (example of a sequence, 1-4-8); and (ii) reverse order (example of a sequence, 8-4-1). The participant has two attempts in both sortings, and there is a gradual increase in the number of digits for each sequence. Higher scores indicate better performance.

Cognitive flexibility: the Alternating Semantic Verbal Fluency test was employed to assess cognitive flexibility [44,45]. The verbal fluency task consists of producing the largest number of semantic words in the Animals and Fruits categories in 60 s. The number of words produced correctly, incorrectly, and corrected were computed. The test evaluates information processing speed and requires a focused search in memory (executive functioning). Higher scores indicate better test performance.

2.4. Data Collection Procedures

First, the signatures of the Informed Consent Term were collected from the children’s legal representatives. Next, the data collection dynamics began, which took place in two moments (for all years and/or evaluation time). Evaluations of health, physical fitness, real and perceived motor competence, executive function, and physical activity (questionnaire) indicators took place in the first moment. All information was collected during the period of

one week (in both shifts—morning and afternoon), on the school premises. In the second moment, the children were asked to use the pedometer to estimate their physical activity. It took 30 days to obtain physical activity data. There was a 12-month interval between assessments for the collection of longitudinal data. The collection of information was carried out by a team of researchers (professors, undergraduate, and Master's students at the Federal University of Viçosa), trained to carry out the procedures.

2.5. Statistical Procedures

Descriptive information was presented as mean and standard deviation, median and interquartile range. The normality of the variables was analyzed using the Shapiro–Wilk test. Student's *t*-test of independence and Mann–Whitney U test were used to compare gender differences for health, physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function indicators, according to each cohort. The effect sizes (ES) of the parametric comparisons were computed following the established cutoff points (up to 0.4 small; 0.5 to 0.8 medium; greater than 0.8 large) [46]. Statistical significance was adopted with $p < 0.05$. Analyses were performed using the SPSS version 22 for Windows program (IBM SPSS, Inc., Chicago, IL, USA).

Network analysis was used to assess the association between physical activity, physical fitness components, real and perceived motor competence, and executive function considering gender, WHtR, and BFP for each age within the analyzed cohorts. A network is a collection of nodes and edges, where the nodes represent different variables, and the edges indicate connections between two or more nodes [47]. For example, health indicators, physical fitness components, real and perceived motor competence, and executive functions (inhibitory control, cognitive flexibility, and working memory) represented the nodes in the present study, and the positive and negative relationships between these nodes are the edges. Thus, the role of each variable (node) in the network can be better understood from centrality measures, which are generally used to identify critical areas of the network that can be optimized through intervention processes [47].

Centrality indicators (betweenness, strength, and expected influence) were also reported. Variables with higher betweenness values are more sensitive to change and can act as a hub, connecting other pairs of variables in the network. In other words, betweenness values quantify how often a node is part of the shortest path between all other pairs of nodes connected to the network. The strength indicator is essential for understanding which variables present the most robust connections in the network pattern. Finally, the expected influence is a measure of

centrality that takes into account the signal of the weights of the edges – indicating the most influential variables in the network, meaning it provides inference about how influential the nodes are: positive values indicate that the nodes “turn on” the network (i.e., have a positive influence on other nodes), while negative values indicate that the nodes “turn off” the network (i.e., have a negative influence on other nodes). Centrality values were calculated as standardized z-scores to allow comparison between networks.

The components of a system under study are directly influenced depending on how the network is set up, in the same way that the multiple nature of complex systems makes it difficult to identify the “cause” of why factors (different or similar) can lead to different results, depending on the context and history of the individual [26].

The Fruchterman–Reingold algorithm was used. Data were presented in the relative space of the network in which the variables with stronger associations remained together and the less strongly associated variables were repelled from each other [48]. The “random fields of pair-wise Markov” model was used to improve the network accuracy, which was estimated by the “L1” algorithm (regularized neighborhood regression). The regularization was estimated by a less complete selection and contraction operator (Lasso) that has the purpose of controlling the sparse network, and the Extended Bayesian Information Criterion (EBIC) was used [49]. The hyperparameter (γ) determines how much EBIC selects sparse models, and therefore the hyperparameter was set to 0.25 (range 0 to 0.50), which is a more parsimonious value in exploratory networks [50]. Furthermore, the network analysis uses regularized absolute minimum contraction and selection operator (LASSO) algorithms in obtaining the precision matrix (weight matrix). The network is a graphical representation that includes variables (nodes) and relationships (edges/lines). Positive relationships are expressed by the blue color and negative relationships are expressed by the red color in the network. The thickness and intensity of the edge indicate the magnitude of the associations [51]. The RStudio software version 4.2.1 program (R Core Team, Vienna, Austria, 2022) and qgraph and ggplot2 packages were used to generate the networks.

3. Results

Descriptive information and results of gender comparisons are shown in Table 1. First, 16 girls and 20 boys were evaluated in cohort 1 (Table 1). It was observed that the girls had higher BFG values in the three evaluation moments (T0, $t_{34} = 5.07$, $p < 0.001$; T1, $U = 5.28$, $p < 0.001$; T2, $U = 67.00$, $p = 0.002$). Girls had higher values (steps) for physical activity measured by pedometer than boys in T1, but there was no statistically significant difference.

Significant differences were found at T2, in which boys obtained a greater number of steps ($t_{34} = -3.52, p < 0.001$). It was observed that boys had a relatively higher score regarding physical activity obtained through the questionnaire (points) compared to girls for the evaluation moments T0 ($t_{34} = -2.17, p = 0.037$) and T1 ($t_{34} = -2.60, p = 0.010$). Boys showed higher results for physical fitness components compared to girls for abdominal resistance component at T0 ($t_{34} = -2.17, p = 0.036$); speed at T1 ($t_{34} = 2.67, p = 0.010$); and agility at T2 ($U = 87.00, p = 0.020$). Boys also had higher scores than girls regarding motor competence on object control skills in moments T1 ($t_{34} = -2.79, p = 0.011$) and T2 ($t_{34} = -2.32, p = 0.026$).

Table 1. Descriptive information and results for the comparison tests for cohort 1.

Variables	Cohort 1 (Girls = 16; Boys = 20)											
	T0		t/U	p	T1		t/U	p	T2		t/U	p
	Girls	Boys			Girls	Boys			Girls	Boys		
Age (years)	6.31 ± 0.18	6.39 ± 0.97	-0.93 ^a	0.356 ^c	7.36 ± 0.18	7.44 ± 0.27	-1.01 ^a	0.317 ^c	8.35 ± 0.18	8.45 ± 0.30	-1.14 ^a	0.261 ^c
Health Indicators												
WHtR	0.44 ± 0.02	0.45 ± 0.02	-1.34 ^a	0.187 ^d	0.44 ± 0.03	0.44 ± 0.03	-0.28 ^a	0.782 ^c	0.44 ± 0.04	0.45 ± 0.03	-0.33 ^a	0.744 ^c
BFP (%)	21.31 ± 4.48	13.82 ± 4.34	5.07 ^a	<0.001 ^e	22.16 (6.07)	12.22 (6.87)	5.28 ^b	<0.001 ^c	23.19 (10.31)	12.10 (5.55)	67.00 ^b	0.002
Physical Activity												
Steps	6376.43 ± 2838.16	6916.57 ± 3154.33	-0.53 ^a	0.597 ^c	10322.04 ± 3855.51	8988.12 ± 3044.24	1.16 ^a	0.254 ^c	5996.43 ± 2473.21	10330.91 ± 3154.33	-3.52 ^a	<0.001 ^e
Score	7.38 ± 0.89	8.15 ± 1.16	-2.17 ^a	0.037 ^d	7.67 ± 0.89	8.77 ± 1.48	-2.60 ^a	0.010 ^e	7.83 ± 1.18	8.60 ± 1.35	-1.79 ^a	0.082 ^d
Physical Fitness												
Hand grip strength (kg)	9.42 ± 2.10	10.76 ± 2.57	-1.68 ^a	0.102 ^d	11.62 ± 2.17	11.40 ± 3.46	0.22 ^a	0.822 ^c	12.03 ± 2.32	13.85 ± 4.43	-1.48 ^a	0.148 ^d
Abdominal resistance (rep)	8.43 ± 5.07	11.90 ± 4.45	-2.17 ^a	0.036 ^d	12.50 (6.50)	14.00 (3.75)	114.50 ^b	0.149	13.50 (6.50)	16.00 (6.25)	132.50 ^b	0.386
Upper limb strength (rep)	2.50 (4.75)	4.10 (7.50)	125.50 ^b	0.276	3.50 (10.00)	3.00 (7.25)	157.50 ^b	0.937	3.50 (8.25)	4.50 (8.00)	128.00 ^b	0.249
Speed (sec)	24.84 (14.01)	25.09 (13.83)	143.00 ^b	0.604	25.29 ± 1.48	23.78 ± 1.81	2.67 ^a	0.010 ^e	24.22 ± 1.49	23.71 ± 1.67	0.94 ^a	0.354 ^c
Lower limb strength (cm)	98.50 (29.43)	95.75 (34.00)	154.00 ^b	0.863	105.41 (22.65)	119.17 (29.63)	107.50 ^b	0.095	112.21 ± 15.68	118.29 ± 17.14	-1.09 ^a	0.280 ^c
Flexibility (cm)	28.55 ± 5.32	25.26 ± 6.93	1.56 ^a	0.126 ^d	27.60 ± 6.78	23.62 ± 7.40	1.66 ^a	0.103 ^d	27.28 ± 6.70	23.78 ± 7.71	1.43 ^a	0.160 ^c
Agility (sec)	8.68 ± 0.62	8.59 ± 0.72	0.37 ^a	0.707 ^c	8.14 (1.18)	7.84 (0.79)	101.00 ^b	0.062	7.70 (0.75)	7.21 (0.49)	87.00 ^b	0.020
Cardiorespiratory fitness (m)	805.43 ± 141.08	859.56 ± 135.69	-1.16 ^a	0.253 ^c	820.44 ± 114.05	846.27 ± 100.93	-0.72 ^a	0.483 ^c	778.01 ± 143.15	846.31 ± 146.36	-1.40 ^a	0.169 ^c
Motor Competence												
Locomotion skill (pts)	35.56 ± 6.12	35.37 ± 4.44	0.10 ^a	0.916 ^c	39.12 ± 4.50	38.25 ± 4.29	0.59 ^a	0.558 ^c	40.62 ± 4.12	40.00 ± 3.32	0.50 ^a	0.618 ^c
Object control skill (pts)	25.18 ± 6.43	27.52 ± 5.56	-1.16 ^a	0.251 ^c	29.81 ± 5.10	34.05 ± 4.01	-2.79 ^a	0.011 ^c	36.18 ± 3.35	38.85 ± 3.45	-2.32 ^a	0.026 ^c
Perceived Motor Competence												
Pictographic Scale (pts)	44.50 (8.75)	43.50 (8.75)	131.50 ^b	0.369	41.50 (10.25)	42.50 (9.75)	126.50 ^b	0.290	41.00 (10.25)	37.50 (11.75)	128.00 ^b	0.320
Executive Function												
Inhibitory control (sec)	78.00 (32.25)	71.50 (39.50)	120.00 ^b	0.211	57.50 (26.50)	54.00 (12.50)	114.00 ^b	0.149	45.00 (18.75)	45.00 (21.25)	149.50 ^b	0.741
Cognitive flexibility (pts)	3.00 (2.00)	3.00 (1.71)	135.50 ^b	0.440	4.43 ± 1.71	3.70 ± 1.41	1.41 ^a	0.166 ^c	5.00 (1.75)	5.00 (2.75)	156.50 ^b	0.912
Working memory (pts)	22.00 (4.00)	24.00 (4.25)	159.00 ^b	0.987	20.00 (4.00)	22.00 (18.00)	155.50 ^b	0.888	32.50 (11.00)	30.00 (20.00)	143.00 ^b	0.604

Legend: WHtR—waist-to-height ratio; BFP—body fat percentage; ^a t—independence t test; ^b U—U of Mann–Whitney; ^c small effect; ^d medium effect; ^e large effect; bold value— $p < 0.05$.

The sample in cohort 2 consisted of 10 girls and 21 boys (Table 2). Similarly to cohort 1, girls had the highest BFP values in the three evaluation moments (T0, $t_{29} = 2.83$, $p = 0.008$; T1, $U = 23.00$, $p < 0.001$; and T2, $U = 45.00$, $p = 0.010$) when compared to boys. In turn, boys had higher scores on physical activity (questionnaire) at T0 ($t_{29} = -2.26$, $p = 0.031$) relative to girls. Regarding physical fitness components, girls showed better results for the flexibility component in the three evaluation moments; however, results were statistically significant in T0 ($t_{29} = 2.05$, $p = 0.049$). Boys showed better results when compared to girls for the components: abdominal resistance at T0 ($t_{29} = -2.32$, $p = 0.027$) and T1 ($t_{29} = -2.17$, $p = 0.038$); upper limb strength at T2 ($U = 49.00$, $p = 0.017$); speed at T1 ($t_{29} = 2.48$, $p = 0.019$); agility at T0 ($t_{29} = 2.97$, $p = 0.006$) and T2 ($t_{29} = 3.15$, $p = 0.004$); and cardiorespiratory fitness at T0 ($t_{29} = -2.22$, $p = 0.034$). Boys had higher scores for motor competence on object control skills at T1 ($U = 49.50$, $p = 0.017$) and T2 ($t_{29} = -2.31$, $p = 0.028$). Furthermore, boys had higher scores at all times for perceived motor competence, being statistically significant at T1 ($t_{29} = -2.55$, $p = 0.016$). For executive functions, boys had better levels of inhibitory control at T0 ($t_{29} = 2.19$, $p = 0.036$) when compared to girls. In contrast, girls were better than boys in cognitive flexibility at all times, being statistically significant in T1 ($t_{29} = 2.13$, $p = 0.042$).

Table 2. Descriptive information and results for the comparison tests for cohort 2.

Variables	Cohort 2 (Girls = 10; Boys = 21)											
	T0		t/U	p	T1		t/U	p	T2		t/U	p
	Girls	Boys			Girls	Boys			Girls	Boys		
Age (years)	8.29 ± 0.31	8.19 ± 0.29	0.84 ^a	0.407 ^c	9.32 ± 0.33	9.21 ± 0.29	0.85 ^a	0.400 ^c	10.31 ± 0.32	10.21 ± 0.29	0.87 ^a	0.387 ^c
Health Indicators												
WHtR	0.46 (0.07)	0.43 (0.06)	92.50 ^b	0.603	0.47 (0.09)	0.43 (0.09)	86.50 ^b	0.441	0.45 (0.11)	0.43 (0.09)	92.50 ^b	0.603
BFP (%)	25.12 ± 7.63	16.61 ± 7.90	2.83 ^a	0.008^c	29.30 (14.82)	13.10 (12.73)	23.00 ^b	<0.001	22.63 (15.49)	13.69 (14.91)	45.00 ^b	0.010
Physical Activity												
Steps	8204.40 ± 4558.85	9179.80 ± 4908.90	-0.52 ^a	0.601 ^c	10089.92 ± 4516.06	11580.15 ± 4620.80	-0.84 ^a	0.405 ^c	10264.82 ± 4302.01	11315.41 ± 5836.02	-0.50 ^a	0.617 ^c
Score	7.80 ± 1.33	8.68 ± 0.83	-2.26 ^a	0.031^c	8.07 ± 1.03	8.96 ± 1.18	-2.02 ^a	0.052 ^c	8.19 ± 1.04	8.49 ± 1.18	-0.69 ^a	0.491 ^c
Physical Fitness												
Hand grip strength (kg)	12.00 ± 2.57	12.82 ± 2.67	-0.80 ^a	0.426 ^c	14.45 ± 2.94	16.50 ± 3.70	0.65 ^a	0.137 ^d	16.95 ± 3.13	17.59 ± 3.65	-0.47 ^a	0.636 ^c
Abdominal resistance (rep)	7.10 ± 5.38	12.00 ± 5.54	-2.32 ^a	0.027^c	10.40 ± 4.40	14.28 ± 4.75	-2.17 ^a	0.038^c	12.10 ± 4.28	14.66 ± 5.42	-1.31 ^a	0.200 ^d
Upper limb strength (rep)	4.00 (7.25)	6.00 (7.50)	85.00 ^b	0.416	2.50 (6.25)	5.00 (7.00)	69.00 ^b	0.135	1.50 (4.50)	9.00 (8.00)	49.00 ^b	0.017
Speed (sec)	23.94 (1.05)	23.58 (0.95)	65.00 ^b	0.096	23.97 ± 1.60	22.80 ± 0.99	2.48 ^a	0.019^e	23.51 ± 1.33	22.82 ± 1.61	1.16 ^a	0.253 ^c
Lower limb strength (cm)	103.49 ± 12.67	115.78 ± 19.05	-1.84 ^a	0.075 ^d	112.00 ± 17.76	124.84 ± 21.35	-1.64 ^a	0.111 ^d	120.29 ± 11.69	127.11 ± 21.31	-0.94 ^a	0.354 ^c
Flexibility (cm)	29.23 ± 3.93	25.71 ± 4.67	2.05 ^a	0.049^e	25.81 ± 5.50	24.45 ± 5.52	0.63 ^a	0.529 ^c	27.31 ± 5.29	25.99 ± 6.23	1.88 ^a	0.069 ^c
Agility (sec)	8.21 ± 0.60	7.56 ± 0.55	2.97 ^a	0.006^e	7.36 ± 0.52	7.32 ± 0.42	0.21 ^a	0.830 ^c	7.39 ± 0.43	6.86 ± 0.44	3.15 ^a	0.004^e
Cardiorespiratory fitness (m)	812.75 ± 68.66	891.91 ± 101.69	-2.22 ^a	0.034^c	839.09 ± 120.14	911.00 ± 95.84	-1.80 ^a	0.082 ^d	857.93 ± 67.37	899.02 ± 98.27	-1.19 ^a	0.243 ^c
Motor Competence												
Locomotion skill (pts)	36.25 (8.63)	36.50 (7.25)	101.50 ^b	0.884	39.50 ± 4.74	41.19 ± 2.96	-1.21 ^a	0.233 ^c	42.00 ± 2.70	42.61 ± 2.53	-0.62 ^a	0.539 ^c
Object control skill (pts)	27.00 ± 5.03	29.40 ± 4.02	-1.43 ^a	0.162 ^d	36.00 (6.50)	39.00 (4.00)	49.50 ^b	0.017	38.20 ± 2.57	42.04 ± 4.91	-2.31 ^a	0.028^c
Perceived Motor Competence												
Pictographic Scale (pts)	36.10 ± 5.40	39.80 ± 4.94	-1.89 ^a	0.068 ^d	36.10 ± 4.45	40.23 ± 4.10	-2.55 ^a	0.016^e	36.50 ± 4.35	37.95 ± 4.00	-0.91 ^a	0.366 ^c
Executive Function												
Inhibitory control (sec)	53.50 ± 9.92	45.76 ± 8.79	2.19 ^a	0.036^c	41.00 ± 5.24	37.00 ± 5.33	1.61 ^a	0.118 ^d	37.00 (11.00)	35.00 (9.50)	98.00 ^b	0.787
Cognitive flexibility (pts)	5.00 (2.25)	4.00 (2.00)	72.00 ^b	0.173	6.60 ± 1.83	5.23 ± 1.57	2.13 ^a	0.042^c	6.80 ± 1.47	5.80 ± 2.15	1.30 ^a	0.202 ^d
Working memory (pts)	22.00 (6.75)	24.00 (10.00)	102.50 ^b	0.917	24.00 (8.25)	24.00 (15.00)	95.00 ^b	0.693	32.50 (12.25)	35.00 (18.00)	87.50 ^b	0.466

Legend: WHtR—waist-to-height ratio; BFP—body fat percentage; ^at—independence t test; ^bU—U of Mann–Whitney; ^csmall effect; ^dmedium effect; ^elarge effect; bold value— $p < 0.05$.

The topology of the networks of the first cohort is represented in Figure 1. It can be seen that the relationships between variables are arranged differently for each age over time, and a greater number of interactions is observed at eight years of age. No clusters were found between variables at six and seven years old, while health and physical fitness indicators are directly related at eight years old.

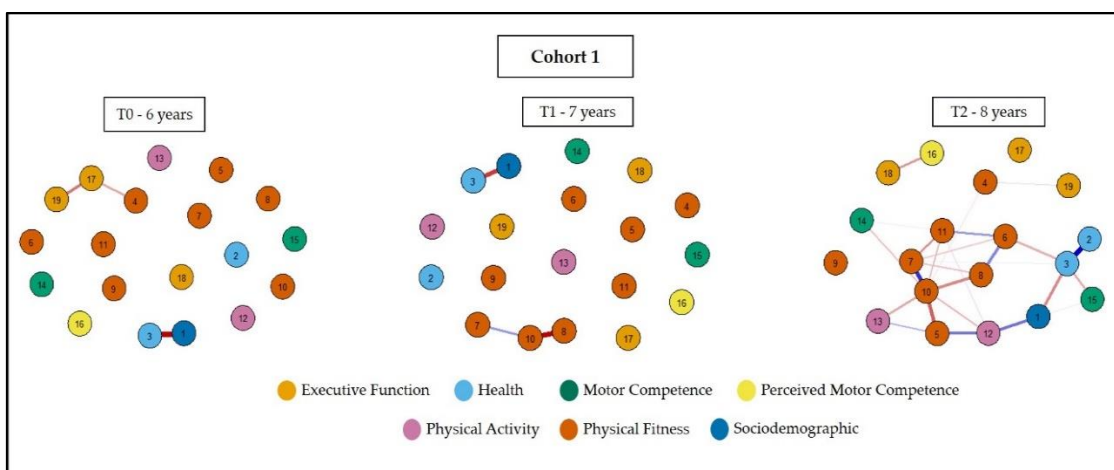


Figure 1. Network of associations between physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function, considering the sex and health variables of cohort 1. Legend: 1 = sex; 2 = WHtR; 3 = BFP; 4 = hand grip strength; 5 = abdominal resistance; 6 = upper limb strength; 7 = velocity; 8 = lower limb strength; 9 = flexibility; 10 = agility; 11 = cardiorespiratory fitness; 12 = physical activity (steps); 13 = physical activity (score); 14 = locomotion skill; 15 = object control skill; 16 = perceived motor competence; 17 = inhibitory control; 18 = cognitive flexibility; and 19 = working memory.

Centrality indicators reflect the relative roles of each variable in the network. The centrality indicators of cohort 1 are presented in Figure 2. It is noteworthy that for the strength indicator, the variables: gender, BFP, inhibitory control, and working memory in the six-year-old network; gender, BFP, lower limb strength, and agility in the seven-year-old network; and BFP, speed, agility, and physical activity (number of steps) for the eight-year-old network were higher, being the variables with more robust connections in the pattern of each network. The variables: inhibitory control in the six-year-old network, agility in the seven-year-old network; BFP, upper limb strength, and agility in the eight-year-old network showed the highest betweenness values. It was observed that speed at seven years old, and WHtR and physical activity (number of steps) were the main variables at eight years old regarding the expected influence (meaning they had the highest values).

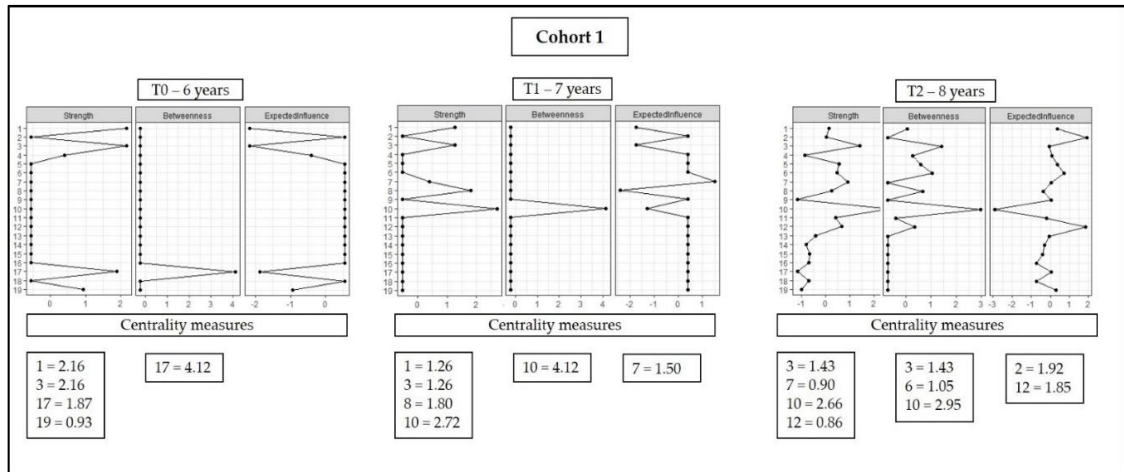


Figure 2. Graphical representation of the centrality indicators of cohort 1.

The networks for cohort 2 are shown in Figure 3. A sparse configuration is observed at eight and 10 years. There was a greater proximity between health, physical fitness, real motor competence, and physical activity indicators at nine years old. Weak relationships can be observed between sociodemographic characteristics and perceived motor competence.

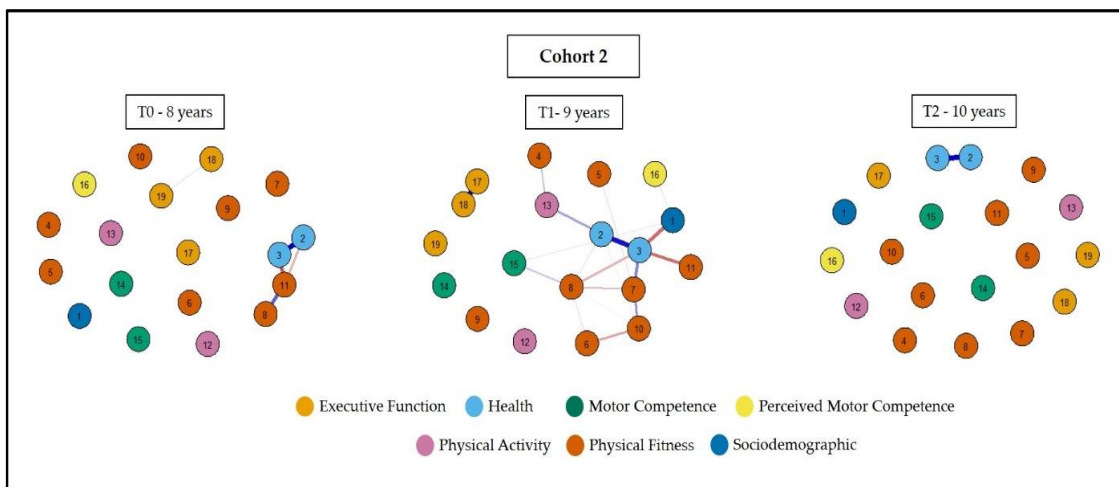


Figure 3. Network of associations between physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function, considering the sex and health variables of cohort 2. Legend: 1 = sex; 2 = WHtR; 3 = BFP; 4 = hand grip strength; 5 = abdominal resistance; 6 = upper limb strength; 7 = velocity; 8 = lower limb strength; 9 = flexibility; 10 = agility; 11 = cardiorespiratory fitness; 12 = physical activity (steps); 13 = physical activity (score); 14 = locomotion skill; 15 = object control skill; 16 = perceived motor competence; 17 = inhibitory control; 18 = cognitive flexibility; and 19 = working memory.

Figure 4 shows the centrality indicators for cohort 2. WHtR and BFP showed the highest values for strength at ages eight, nine and 10, while BFP and cardiorespiratory fitness, and BFP and speed showed the highest values for network connection at eight and nine years old, respectively; there were no betweenness values for the ten-year-old network. It was also

observed that the WHtR and lower limb strength variables had the highest values regarding the expected influence indicator in the eight-year-old network; the WHtR, physical activity (points), inhibitory control, and cognitive flexibility variables were the highest in the nine-year-old network; and the WHtR and BFP variables showed higher values in the ten-year-old network.

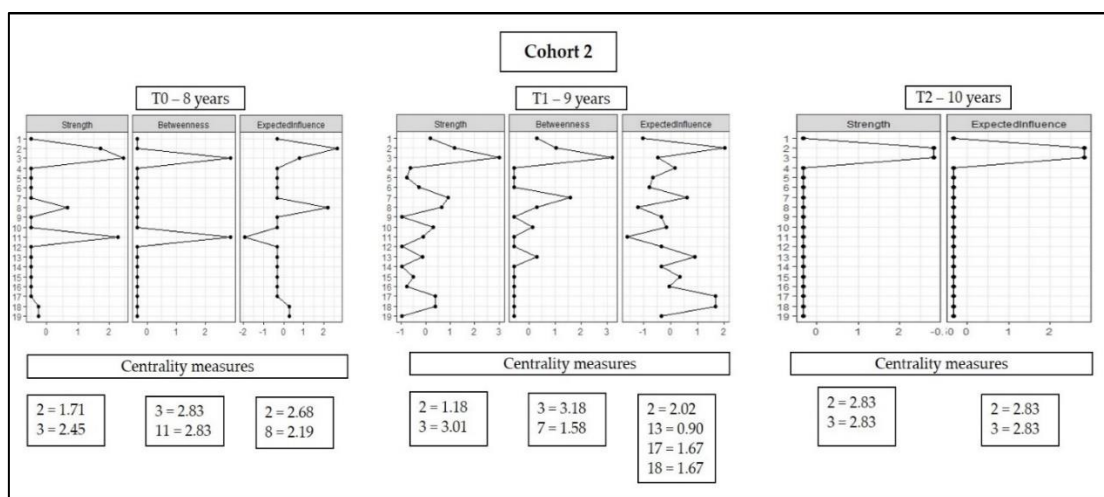


Figure 4. Graphical representation of the centrality indicators of cohort 2.

4. Discussion

The study had the main objective to analyze the dynamic and non-linear association through network analysis between health, biological, behavioral, and cognitive variables in children monitored over time, and as a secondary objective, to estimate the gender differences in health, physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function indicators in three moments.

Results indicated that boys achieved better results for physical fitness, physical activity, and motor competence compared to girls in both evaluation moments (T0 to T2), in both cohorts. Girls had higher values for BFP at all assessment times in both cohorts, and had better results for flexibility and cognitive flexibility ability in the second cohort. The network analysis results indicated different configurations for each age group. Few interactions were observed at six and seven years in cohort 1, and greater interactions between the variables of health, physical activity, real motor competence, and physical fitness at eight years of age. More sparse networks were observed at eight and 10 years of age in cohort 2, and at nine years of age there was a greater interaction between health indicators, motor competence, physical fitness, and physical activity.

Gender differences in physical and motor activities are reported in studies conducted in different countries/cultures [13,20,21,52,53] reporting that boys tend to score higher than girls in a variety of physical and motor tasks [21,54]. Differences between the ages and cohorts analyzed were observed in the present study. Girls had higher BFP values at all ages in both cohorts when compared to boys. These findings in the first cohort may be due to differences in physical activity, nutrition or metabolism, such as the production of the hormone leptin, which may favor an early accumulation of fat in girls, as reported in previous studies [55,56]. Processes related to growth, differences in physical fitness, as well as sexual dimorphism in fat patterning may have occurred in the second cohort [57], as girls showed greater subcutaneous adiposity, which is mainly contributed by the skin fold of the triceps (data not shown). However, it is highlighted that the findings are worrying due to the possible negative implications for health, and the morbidities (hypertension, diabetes, cardiovascular diseases, development of atherosclerosis, among others) associated with accumulating body fat can compromise the whole development of the child [12,53].

Physical activity behavior (number of steps and questionnaire score) varied between genders according to evaluation times and the studied cohorts. The differences between genders for physical activity were accentuated in younger children, as observed in the literature [13,58], which shows that boys tend to be involved in a greater range of activities than girls of the same age group [52] due to factors such as parental influence and physical activity practice [59]. On the other hand, physical activity behavior did not differ significantly between genders among older children (cohort 2); however, boys had relatively higher values than girls. Such results may be related to self-efficacy (confidence in the ability to be active in specific situations), type of habitual physical activity, unstructured physical activity, and/or active participation in the physical education classes that children were involved in [3]. In addition, the observed results can be attributed to the characteristics of each cohort, in which the learning conditions, the context in which children are involved, and even the age group in which they started the study may have provided this scenario, given that younger children tend to present a more active profile as opposed to older ones.

The results of physical fitness in the present study point to better performance of boys. Boys are encouraged from an early age to participate in more vigorous activities involving greater physical contact, as well as team activities, and outdoor games/play that can contribute to improvements in physical fitness [53,60,61]. In contrast, girls tend to engage in more static, collaborative, and domestic activities, which result in low-intensity activities [61]. Thus, activity patterns and selection throughout childhood are established, which reaffirm higher

physical fitness levels among boys [53,62]. However, it is worth mentioning that other factors in recent years such as high exposure to screens (smartphones, tablets, computers, television, etc.), public insecurity, and a lack of leisure spaces can directly impact children's physical fitness and lifestyle [63].

The motor proficiency of locomotor skills in both genders showed similar values. These results are partly in contrast to the literature, in which there is a tendency for girls to be better in locomotor skills compared to boys [9,52]. However, it is noteworthy that the results are positive for locomotor skills and may contribute to better health trajectories in both genders [30]. On the other hand, boys performed better on object control skills than girls in both cohorts. These findings corroborate previous evidence that observed similar results for object control skills [4,52], in addition to the existence of a relationship between object control skills and physical activity in boys. Evidence supports that girls need other stimuli to guide the practice of physical activity (for example, systematic activities and sports programs) to improve their motor competence, especially manipulative skills [21]. In summary, it is emphasized that boys and girls should be permanently encouraged to get involved in varied activities that stimulate the development and improvement of motor competence [5,64].

Additionally, evidence supports that perceived motor competence changes substantially throughout childhood [29]. Boys had higher perceived motor competence values observed in the second cohort in the present study. This result seems to be in line with previous studies [13,65], which show that the tendency as children get older is to align their perception of motor competence with actual motor competence, which seems to be in line with the real motor competence of the boys (both in locomotor skills and object control), which showed good levels. These findings have positive implications for the developmental trajectories of children to keep them engaged in activities that are challenging, and thus contribute to the adoption of a healthy lifestyle [5,8].

Performance on executive function tasks was different for age and gender. It was observed that younger children (cohort 1) do not differ in terms of gender in their executive functions. Previous research has pointed out that the full development of executive functions seems to occur with greater intensity in early childhood or preschool [66,67], and there is a stabilization of cognitive processes during late childhood, but its assessment is still relevant. In addition, executive functions are positively influenced by physical activity and physical fitness [68], which may be related to improved neural connection, structural and functional brain outcomes, neurogenesis, and release of neurotrophic factors [69]. Boys in the second cohort showed better results for inhibitory control, similar to previous studies [70]. A hypothesis for

this difference within the sample may point to the cognitive demand of the task performed, in which boys were quicker to answer the test questions. Inhibition tasks such as reaction time and response accuracy are critical in the developmental process [66], and children with low inhibitory control have difficulty developing responses and paying attention [71], which can negatively impact academic learning and focus on physical and motor activities [15]. Girls showed better results for cognitive flexibility, where potential factors such as differences in motivation, effort, approaches to schoolwork and learning styles, parental expectations, and encouragement may have favored girls [72].

New possibilities for interpreting the associations between health, biological, behavioral, and cognitive variables arise with network analysis. The most robust relationships (which indicate the greatest strength of the network, meaning relationships that were strongly connected with other nodes) in cohort 1 were observed at eight years of age (T2). Based on the topology of the network, a greater commitment to physical activity practice in this phase of life is suggested, aiming at significant contributions to the development of physical fitness [14,73]. It was also observed that physical fitness, specifically the upper limb strength and agility components, together with BFP, acted as a hub in the network at the age of eight due to the greater connectivity with other nodes (variables). Thus, focusing on developing physical fitness [73] may be the best path in future interventions given the connectivity with other health outcomes [20,61].

The WHtR and physical activity variables showed higher expected influence values. From a theoretical perspective, this centrality indicator denotes that these variables are very influential, and better results can generate a positive change in the observed network patterns. From a practical perspective, attention to these variables can shape and plan a given intervention [3,74], meaning that the focus should be on minimizing WHtR values and encouraging children to practice various activities. Given this, the focus on promoting physical activity in this age group is extremely important, as behaviors established during childhood can be perpetuated in adolescence and adult life [74,75]. In addition, WHtR is an indicator of cardiometabolic risk associated with cardiovascular disease, hypertension, and hypercholesterolemia [53]; thus, attention should be paid to this health indicator, especially in childhood.

Cazorla-González et al. [24] recently verified the impact of crawling before walking on network interactions between body composition, cardiovascular system, lung function, motor competence, and physical fitness at seven years of age. The retrospective case-control longitudinal study observed that crawling before walking during child development was a possible modulator in the interaction of networks between body systems at seven years of age,

and this skill improved throughout the children's developmental phase [24]. In general, it was observed that there were greater interactions between physical activity, physical fitness, and health indicators in the present study in cohort 1, but these interactions were different at six (T0), seven (T1), and eight (T2) years of age. However, it is noteworthy that connections with executive functions, real and perceived motor competence, were also observed, but to a lesser extent. Thus, it is assumed that these different interactions may be associated with characteristics resulting from the growth and development process, with direct implications for learning and improving the physical, motor, and cognitive skills of children [16,17,75].

Health indicators showed the greatest strength in all analyzed networks in the second cohort. These findings reinforce the importance of monitoring health indicators (WHtR and BFP) in children. Evidence supports that increased WHtR and BFP indices in childhood tend to perpetuate during adolescence and adulthood [53] and have harmful effects on health and well-being [76]. The greatest interactions were observed between health, physical fitness, physical activity, motor competence, and executive function indicators in the nine-year-old (T1) network. These results may have important practical implications, especially due to the positive association with health and cognitive variables [75]. Encouraging the regular practice of physical activity (whether aerobic, muscle strengthening, or bone strengthening) at this stage of life should be a priority, at least three times a week and 60 min a day [77]. Similar to cohort 1, BFP and cardiorespiratory fitness had high betweenness values. Above all, offering conditions for active practices such as outdoor play, games, structured activities, and active leisure, which enable children to develop and improve their physical fitness levels, can positively impact body adiposity over time [62,73]. Furthermore, WHtR, physical activity, and executive functions (inhibitory control and cognitive flexibility) should not be left out in future interventions as they are very influential variables in the network.

Although the second cohort showed few interactions between investigated variables at eight (T0) years of age, it is noteworthy that the network pattern that emerged was completely different from that observed at eight (T2) years of age in the first cohort. As far as is known, individual characteristics may have contributed to this difference in age overlap; in addition, different activities (or lack thereof) in the after-school shift in both cohorts may have also cooperated with the differences [78]. Even though it is not the focus of the study, the observed results showed that special attention should be given to overlapping ages in future mixed longitudinal studies. Furthermore, few interactions were observed at age 10 (T2). A possible explanation is given to the pre-adolescent period, in which young people's behaviors change,

with reductions in the practice of physical activity associated with a loss of interest in these activities, as well as other adoption of prosocial behavior, making new friendships, etc. [18].

The present study demonstrated different network topologies throughout childhood. These results allow us to infer that the mechanisms behind growth and development are complex, dynamic, and influenced by factors such as time, as children from both cohorts started the research at different ages, and individual (physical and cognitive) and environmental factors should be considered in each age group [26,30]. Thus, integrating several dynamic systems on time scales is not an easy task, and it is even more challenging to be able to investigate this integration during child's growth and development. This is an important challenge because it opens the door to examining different connections and emerging patterns, as observed in this study. Thus, understanding the complex dynamics through which systems interact over time during childhood makes it possible to create individual and collective interventions (if that is the purpose) which help guide children toward positive health outcomes and developmental trajectories. In summary, most studies used a linear approach when dealing with data, so the comparison of the results observed in this study with other studies was not possible. However, a comprehensive understanding of the investigated phenomena was sought.

The study strengths include direct measures of health, physical activity, physical fitness, motor competence, and executive function indicators; it is a longitudinal study, and it comprises a wide age range – six to 10 years old; it employed the use of complex data analysis – network science; to the best of our knowledge, this is the first study to analyze the dynamic and non-linear association between health, physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function variables in children over time from a network perspective.

On the other hand, some limitations are highlighted. The larger the sample size, the more stable and accurate the networks are estimated [47]. Thus, the study was limited to a small sample from a specific region of Brazil, and therefore the results should not be generalized. The number of components (variables) in the network system may have changed the accuracy of the networks; however, it is worth highlighting the importance of evaluating different variables associated with human behavior. The differences observed between genders for health, physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function indicators possibly influenced the interactions observed in networks; however, gender was included (node) in the configuration of networks.

Thus, it seems clear to us that growth and development patterns are different in relation to the specific period that is analyzed and that more longitudinal research focusing on non-

linear relationships can be developed in the future. In addition, information about parental behaviors, socioeconomic status, and peer interactions should be considered in future studies.

5. Conclusions

The present study showed non-linear dynamic relationships between health, physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function indicators observed in different network configurations throughout childhood, and identified gender differences for the investigated variables. The relevance of the results indicates that the interactions between the system components can impact children's development, especially when sociodemographic variables (such as age and gender) are considered. A detailed analysis of network configurations is supported to encourage interventions aimed at promoting physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, executive function, and health indicators of children throughout childhood, with attention to the age at which they presented few interactions.

In addition, the overlapping of ages in mixed-longitudinal studies (although it was not the purpose of the present study) should be reconsidered given the connections established between different variables, directly influencing behavior in childhood. Thus, the present study adds important information to the literature regarding the non-linear, dynamic, and complex relationship between health, biological, behavioral, and cognitive variables of child growth and development over time.

Author Contributions: Conceptualization, E.d.S.P. and F.K.d.S.; methodology, E.d.S.P. and F.K.d.S.; formal analysis, E.d.S.P.; writing – original draft preparation, E.d.S.P.; writing – review and editing, E.d.S.P., M.T., P.F.R.B., T.N.Q.F.G., and F.K.d.S. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research is partially supported by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – financial code: 001, and Paulo Felipe Ribeiro Bandeira - BPI-Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Research Productivity Grant 04-2022.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and approved by the Ethics Committee of Federal University of Viçosa (protocol code 1.888.177 and date of approval on 10 January 2017).

Informed Consent Statement: The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and approved by Ethics Committee of Federal University of Viçosa (protocol code 1.888.177 on 10 January 2017). Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: Due to ethics concerns, the data is available upon request to first author.

Acknowledgments: The authors appreciate all contributors and participants of this research.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

References

1. Malina, R.M.; Katzmarzyk, P.T. Physical Activity and Fitness in an International Growth Standard for Preadolescent and Adolescent Children. *Food Nutr. Bulletin* **2006**, *27*, 295–313.
2. Malina, R.M. Top 10 Research Questions Related to Growth and Maturation of Relevance to Physical Activity, Performance, and Fitness. *Res. Q. Exerc. Sport* **2014**, *85*, 157–173. <https://doi.org/10.1080/02701367.2014.897592>.
3. Bauman, A.E.; Reis, R.S.; Sallis, J.F.; Wells, J.C.; Loos, R.J.F.; Martin, B.W.; Alkandari, J.R.; Andersen, L.B.; Blair, S.N.; Brownson, R.C.; et al. Correlates of Physical Activity: Why Are Some People Physically Active and Others Not? *Lancet* **2012**, *380*, 258–271. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60735-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60735-1).
4. Barnett, L.M.; Salmon, J.; Hesketh, K.D. More Active Pre-School Children Have Better Motor Competence at School Starting Age: An Observational Cohort Study. *BMC Public Health* **2016**, *16*, 1600–1068. <https://doi.org/10.1186/s12889-016-3742-1>.
5. Lopes, L.; Santos, R.; Coelho-E-Silva, M.; Draper, C.; Mota, J.; Jidovtseff, B.; Clark, C.; Schmidt, M.; Morgan, P.; Duncan, M.; et al. A Narrative Review of Motor Competence in Children and Adolescents: What We Know and What We Need to Find Out. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *15*, 18. <https://doi.org/10.3390/ijerph1801>.
6. Barnett, L.M.; Webster, E.K.; Hulteen, R.M.; de Meester, A.; Valentini, N.C.; Lenoir, M.; Pesce, C.; Getchell, N.; Lopes, V.P.; Robinson, L.E.; et al. Through the Looking Glass: A Systematic Review of Longitudinal Evidence, Providing New Insight for Motor Competence and Health. *Sport. Med.* **2022**, *52*, 875–920. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01516-8>.
7. Hulteen, R.M.; Barnett, L.M.; True, L.; Lander, N.J.; del Pozo Cruz, B.; Lonsdale, C. Validity and Reliability Evidence for Motor Competence Assessments in Children and

- Adolescents: A Systematic Review. *J. Sport. Sci.* **2020**, *38*, 1717–1798. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1756674>.
8. Utesch, T.; Bardid, F.; Büsch, D.; Strauss, B. The Relationship Between Motor Competence and Physical Fitness from Early Childhood to Early Adulthood: A Meta-Analysis. *Sport. Med.* **2019**, *49*, 541–551. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01068-y>.
 9. Cattuzzo, M.T.; dos Santos Henrique, R.; Ré, A.H.N.; de Oliveira, I.S.; Melo, B.M.; de Sousa Moura, M.; de Araújo, R.C.; Stodden, D. Motor Competence and Health Related Physical Fitness in Youth: A Systematic Review. *J. Sci. Med. Sport.* **2016**, *19*, 123–129. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.12.004>.
 10. Lima, R.A.; Drenowatz, C.; Pfeiffer, K.A. Expansion of Stodden et al.’s Model. *Sport. Med.* **2022**, *52*, 679–683. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01632-5>.
 11. Stodden, D.F.; Goodway, J.D.; Langendorfer, S.J.; Robertson, M.A.; Rudisill, M.E.; Garcia, C.; Garcia, L.E. A Developmental Perspective on the Role of Motor Skill Competence in Physical Activity: An Emergent Relationship. *Quest* **2008**, *60*, 290–306.
 12. Webster, E.K.; Sur, I.; Stevens, A.; Robinson, L.E. Associations between Body Composition and Fundamental Motor Skill Competency in Children. *BMC Pediatr.* **2021**, *21*, 444. <https://doi.org/10.1186/s12887-021-02912-9>.
 13. de Meester, A.; Stodden, D.; Brian, A.; True, L.; Cardon, G.; Tallir, I.; Haerens, L. Associations among Elementary School Children’s Actual Motor Competence, Perceived Motor Competence, Physical Activity and BMI: A Cross-Sectional Study. *PLoS One* **2016**, *11*, e0164600. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164600>.
 14. García-Hermoso, A.; Ramírez-Campillo, R.; Izquierdo, M. Is Muscular Fitness Associated with Future Health Benefits in Children and Adolescents? A Systematic Review and Meta-Analysis of Longitudinal Studies. *Sport. Med.* **2019**, *49*, 1079–1094. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01098-6>.
 15. Pesce, C.; Stodden, D.F.; Lakes, K.D. Editorial: Physical Activity “Enrichment”: A Joint Focus on Motor Competence, Hot and Cool Executive Functions. *Front. Psychol.* **2021**, *12*, 658667. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.658667>.
 16. Veldman, S.L.C.; Santos, R.; Jones, R.A.; Sousa-Sá, E.; Okely, A.D. Associations between Gross Motor Skills and Cognitive Development in Toddlers. *Early Hum. Dev.* **2019**, *132*, 39–44. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2019.04.005>.
 17. Bremer, E.; Cairney, J. Fundamental Movement Skills and Health-Related Outcomes: A Narrative Review of Longitudinal and Intervention Studies Targeting Typically Developing

Children. *Am. J. Lifestyle Med.* **2018**, *12*, 148–159. <https://doi.org/10.1177/1559827616640196>.

18. Messing, S.; Rütten, A.; Abu-Omar, K.; Ungerer-Röhrich, U.; Goodwin, L.; Burlacu, I.; Gediga, G. How Can Physical Activity Be Promoted among Children and Adolescents? A Systematic Review of Reviews across Settings. *Front. Public Health* **2019**, *7*, 55. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00055>.

19. Schmutz, E.A.; Leeger-Aschmann, C.S.; Kakebeeke, T.H.; Zysset, A.E.; Messerli-Bürgy, N.; Stülb, K.; Arhab, A.; Meyer, A.H.; Munsch, S.; Puder, J.J.; et al. Motor Competence and Physical Activity in Early Childhood: Stability and Relationship. *Front. Public Health* **2020**, *8*, 39. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00039>.

20. hang, F.; Bi, C.; Yin, X.; Chen, Q.; Li, Y.; Liu, Y.; Zhang, T.; Li, M.; Sun, Y.; Yang, X. Physical Fitness Reference Standards for Chinese Children and Adolescents. *Sci. Rep.* **2021**, *11*, 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84634-7>.

21. Luz, L.G.O.; Valente-dos-Santos, J.; Luz, T.D.D.; Sousa-e-Silva, P.; Duarte, J.P.; Machado-Rodrigues, A.; Seabra, A.; Santos, R.; Cumming, S.P.; Coelho-e-Silva, M.J. Biocultural Predictors of Motor Coordination among Prepubertal Boys and Girls. *Percept. Mot. Ski.* **2018**, *125*, 21–39. <https://doi.org/10.1177/0031512517744471>.

22. Bezerra, T.A.; Bandeira, P.F.R.; de Souza Filho, A.N.; Clark, C.C.T.; Mota, J.A.P.S.; Duncan, M.J.; de Lucena Martins, C.M. A Network Perspective on the Relationship between Moderate to Vigorous Physical Activity and Fundamental Motor Skills in Early Childhood. *J. Phys. Act. Health* **2021**, *18*, 774–781. <https://doi.org/10.1123/jpah.2020-0218>.

23. de Martins, C.M.L.; Bandeira, P.F.R.; Lemos, N.B.A.G.; Bezerra, T.A.; Clark, C.C.T.; Mota, J.; Duncan, M.J. A Network Perspective on the Relationship between Screen Time, Executive Function, and Fundamental Motor Skills among Preschoolers. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 8861. <https://doi.org/10.3390/ijerph17238861>.

24. Cazorla-González, J.; García-Retortillo, S.; Gacto-Sánchez, M.; Muñoz-Castro, G.; Serrano-Ferrer, J.; Román-Viñas, B.; López-Bermejo, A.; Font-Lladó, R.; Prats-Puig, A. Effects of Crawling before Walking: Network Interactions and Longitudinal Associations in 7-Year-Old Children. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2022**, *19*, 5561. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095561>.

25. Sammut-Bonnici, T. Complex Adaptive Systems. *Wiley Encycl. Manag.* **2015**, *12*, 1–3. <https://doi.org/10.1002/9781118785317.weom120209>.

26. Spencer, J.P.; Perone, S.; Buss, A.T. Twenty Years and Going Strong: A Dynamic Systems Revolution in Motor and Cognitive Development. *Child Dev. Perspect.* **2011**, *5*, 260–266. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2011.00194.x>.
27. Borsboom, D.; Deserno, M.K.; Rhemtulla, M.; Epskamp, S.; Fried, E.I.; McNally, R.J.; Robinaugh, D.J.; Perugini, M.; Dalege, J.; Costantini, G.; et al. Network Analysis of Multivariate Data in Psychological Science. *Nat. Rev. Methods Prim.* **2021**, *1*, 58. <https://doi.org/10.1038/s43586-021-00055-w>.
28. Bartsch, R.P.; Liu, K.K.L.; Bashan, A.; Ivanov, P.C. Network Physiology: How Organ Systems Dynamically Interact. *PLoS ONE* **2015**, *10*, e0142143. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142143>.
29. Jaakkola, T.; Yli-Piipari, S.; Huhtiniemi, M.; Salin, K.; Seppälä, S.; Hakonen, H.; Gråstén, A. Longitudinal Associations among Cardiorespiratory and Muscular Fitness, Motor Competence and Objectively Measured Physical Activity. *J. Sci. Med. Sport.* **2019**, *22*, 1243–1248. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.06.018>.
30. King-Dowling, S.; Proudfoot, N.A.; Cairney, J.; Timmons, B.W. Motor Competence, Physical Activity, and Fitness across Early Childhood. *Med. Sci. Sport. Exerc.* **2020**, *52*, 2342–2348. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002388>.
31. IBGE Panorama Geral de Santo Antônio Do Grama. Available online: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/santo-antonio-do-grama/panorama> (accessed on 19 October 2022).
32. Stewart, A.D.; Marfell-Jones, M.; Olds, T.; Al., E. *International Standards for Anthropometric Assessment*; International Society for the Advancement of Kinanthropometry: Lower Hutt, New Zealand, 2011; pp. 1–139.
33. Lohman, T.G. Applicability of Body Composition Techniques and Constants for Children and Youths. *Exerc. Sport. Sci. Rev.* **1986**, *14*, 325–357.
34. Baecke, J.A.H.; Burema, J.; Frijters, J.E. A Short Questionnaire for the Measurement of Habitual Physical Activity in Epidemiological Studies. *Am. J. Clin. Nutr.* **1982**, *36*, 936–942.
35. Tudor-Locke, C.; Craig, C.L.; Beets, M.W.; Belton, S.; Cardon, G.M.; Duncan, S.; Hatano, Y.; Lubans, D.R.; Olds, T.S.; Raustorp, A.; et al. How Many Steps/Day Are Enough? For Children and Adolescents. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2011**, *8*, 78. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-8-78>.
36. Ulrich, D. *Test of Gross Motor Development: Second Edition: Examiner's Manual*, 2nd ed.; Prod-Ed: Austin, TX, USA, 2000.

37. Adam, C.; Klissouras, V.; Ravazzolo, M.; Renson, R.; Tuxworth, W.; Kemper, H.C.G.; van Mechelen, W.; Hlobil, H.; Beunen, G.; Levarlet-Joye, H. *EUROFIT: European Test of Physical Fitness—Handbook*; Committee for the Development of Sport, Council of Europe: Rome, Italy, 1988.
38. Plowman, S.; Meredith, M.D. *Fitnessgram/Activitygram Reference Guide*, 4th ed.; The Cooper Institute: Dallas, TX, USA, 2013.
39. Gaya, A.; Gaya, A.R. Projeto Esporte Brasil: Manual de Testes e Avaliação Versão 2016. Available online: <https://www.ufrgs.br/proesp/arquivos/manual-proesp-br-2016.pdf> (accessed on 4 November 2022).
40. American Alliance for Health, Physical Education, Recreation, and Dance. *Physical Best: A Physical Fitness Education & Assessment Program*; The Alliance: Virginia, USA, 1988.
41. Barnett, L.M.; Ridgers, N.D.; Zask, A.; Salmon, J. Face Validity and Reliability of a Pictorial Instrument for Assessing Fundamental Movement Skill Perceived Competence in Young Children. *J. Sci. Med. Sport.* **2015**, *18*, 98–102. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.12.004>.
42. Sedó, M.; de Paula, J.J.; Malloy-Diniz, L.F. *FDT—Teste Dos Cinco Dígitos*; Hogrefe: São Paulo, Brazil, 2015.
43. Wechsler, D. *Escala Wechsler de Inteligência Para Crianças: WISC IV. Manual Técnico/Tradução Do Manual Original*, 4th ed.; Caso do Psicólogo: São Paulo, Brazil, 2013.
44. Lezak, M.D.; Howieson, D.B.; Bigler, E.D. *Neuropsychological Assessment*, 5th ed.; Oxford University Press: New York, NY, USA, 2012.
45. Strauss, E.; Sherman, E.; Spreen, O. *A Compendium of Neuropsychological Tests*, 3rd ed.; Oxford University Press: New York, NY, USA, 2006.
46. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*; Routledge: London, UK, 2013; ISBN 9781134742707.
47. Hevey, D. Network Analysis: A Brief Overview and Tutorial. *Health Psychol. Behav. Med.* **2018**, *6*, 301–328. <https://doi.org/10.1080/21642850.2018.1521283>.
48. Fruchterman, T.M.J.; Reingold, E.M.; Wiley, J. Graph Drawing by Force-Directed Placement. *Softw. Pract. Exp.* **1991**, *21*, 1129–1164.
49. Chen, J.; Chen, Z. Extended Bayesian Information Criteria for Model Selection with Large Model Spaces. *Biometrika* **2008**, *95*, 759–771. <https://doi.org/10.1093/biomet/asn034>.
50. Foygel, R.; Drton, M. Extended Bayesian Information Criteria for Gaussian Graphical Models. *Adv. Neural Inf. Process. Syst.* **2010**, *23*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1011.6640>

51. Epskamp, S.; Cramer, A.O.J.; Waldorp, L.J.; Schmittmann, V.D.; Borsboom, D. Qgraph: Network Visualizations of Relationships in Psychometric Data. *J. Stat. Softw.* **2012**, *48*, 1–18. <https://doi.org/10.18637/jss.v048.i04>.
52. Khodaverdi, Z.; Bahram, A.; Stodden, D.; Kazemnejad, A. The Relationship between Actual Motor Competence and Physical Activity in Children: Mediating Roles of Perceived Motor Competence and Health-Related Physical Fitness. *J. Sport. Sci.* **2016**, *34*, 1523–1529. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1122202>.
53. López-Gil, J.F.; Brazo-Sayavera, J.; Lucas, J.L.Y.; Cavichioli, F.R. Weight Status Is Related to Health-Related Physical Fitness and Physical Activity but Not to Sedentary Behaviour in Children. *Int. J. Env. Res. Public Health* **2020**, *17*, 4518. <https://doi.org/10.3390/ijerph17124518>.
54. Antunes, A.M.; Maia, J.A.; Stasinopoulos, M.D.; Gouveia, É.R.; Thomis, M.A.; Lefevre, J.A.; Teixeira, A.Q.; Freitas, D.L. Gross Motor Coordination and Weight Status of Portuguese Children Aged 6-14 Years. *Am. J. Hum. Biol.* **2015**, *27*, 681–689. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22715>.
55. Garcia-Mayor, R.V.; Andrade, M.A.; Rios, M.; Lage, M.; Dieguez, C.; Casanueva, F.F. Serum Leptin Levels in Normal Children: Relationship to Age, Gender, Body Mass Index, Pituitary-Gonadal Hormones, and Pubertal Stage. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **1997**, *82*, 2849–2855.
56. Taylor, R.W.; Gold, E.; Manning, P.; Goulding, A. Gender Differences in Body Fat Content Are Present Well before Puberty. *Int. J. Obes.* **1997**, *21*, 1082–1084. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0800522>.
57. Gültekin, T.; Akin, G.; Ozer, B.K. Gender Differences in Fat Patterning in Children Living in Ankara. *Anthropol. Anz.* **2005**, *63*, 427–437. <https://doi.org/10.1127/anthranz/63/2005/427>.
58. Laukkanen, A.; Pesola, A.; Havu, M.; Sääkslahti, A.; Finni, T. Relationship between Habitual Physical Activity and Gross Motor Skills Is Multifaceted in 5- to 8-Year-Old Children. *Scand. J. Med. Sci. Sport.* **2014**, *24*, e102–e110. <https://doi.org/10.1111/sms.12116>.
59. Fowweather, L.; Knowles, Z.; Ridgers, N.D.; O’Dwyer, M.V.; Foulkes, J.D.; Stratton, G. Fundamental Movement Skills in Relation to Weekday and Weekend Physical Activity in Preschool Children. *J. Sci. Med. Sport.* **2015**, *18*, 691–696. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.014>.
60. Estevan, I.; García-Massó, X.; Molina García, J.; Barnett, L.M. Identifying Profiles of Children at Risk of Being Less Physically Active: An Exploratory Study Using a Self-

- Organised Map Approach for Motor Competence. *J. Sport. Sci.* **2019**, *37*, 1356–1364. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1559491>.
61. Iglesias-Soler, E.; Rúa-Alonso, M.; Rial-Vázquez, J.; Lete-Lasa, J.R.; Clavel, I.; Giráldez-García, M.A.; Rico-Díaz, J.; del Corral, M.R.; Carballeira-Fernández, E.; Dopico-Calvo, X. Percentiles and Principal Component Analysis of Physical Fitness From a Big Sample of Children and Adolescents Aged 6-18 Years: The DAFIS Project. *Front. Psychol.* **2021**, *12*, 627834. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.627834>.
62. Rodrigues, L.P.; Leitão, R.; Lopes, V.P. Physical Fitness Predicts Adiposity Longitudinal Changes over Childhood and Adolescence. *J. Sci. Med. Sport.* **2013**, *16*, 118–123. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.06.008>.
63. He, Z.; Wu, H.; Yu, F.; Fu, J.; Sun, S.; Huang, T.; Wang, R.; Chen, D.; Zhao, G.; Quan, M. Effects of Smartphone-Based Interventions on Physical Activity in Children and Adolescents: Systematic Review and Meta-Analysis. *JMIR Mhealth Uhealth* **2021**, *9*, e22601. <https://doi.org/10.2196/22601>.
64. Robinson, L.E.; Stodden, D.F.; Barnett, L.M.; Lopes, V.P.; Logan, S.W.; Rodrigues, L.P.; D'Hondt, E. Motor Competence and Its Effect on Positive Developmental Trajectories of Health. *Sport. Med.* **2015**, *45*, 1273–1284. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0351-6>.
65. Estevan, I.; Menescardi, C.; García-Massó, X.; Barnett, L.M.; Molina-García, J. Profiling Children Longitudinally: A Three-Year Follow-up Study of Perceived and Actual Motor Competence and Physical Fitness. *Scand. J. Med. Sci. Sport.* **2021**, *31*, 35–46. <https://doi.org/10.1111/sms.13731>.
66. Barker, J.E.; Semenov, A.D.; Michaelson, L.; Provan, L.S.; Snyder, H.R.; Munakata, Y. Less-Structured Time in Children's Daily Lives Predicts Self-Directed Executive Functioning. *Front. Psychol.* **2014**, *5*, 593. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00593>.
67. Diamond, A. Executive Functions. *Annu. Rev. Psychol.* **2013**, *64*, 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>.
68. Donnelly, J.E.; Hillman, C.H.; Castelli, D.; Etnier, J.L.; Lee, S.; Tomporowski, P.; Lambourne, K.; Szabo-Reed, A.N. Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *Med. Sci. Sport. Exerc.* **2016**, *48*, 1197–1222. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000901>.
69. Valkenborghs, S.R.; Noetel, M.; Hillman, C.H. The Impact of Physical Activity on Brain Structure and Function in Youth: A Systematic Review. *Pediatrics* **2019**, *144*, 20184032.
70. Gerber, M.; Lang, C.; Beckmann, J.; du Randt, R.; Gall, S.; Seelig, H.; Long, K.Z.; Ludyga, S.; Müller, I.; Nienaber, M.; et al. How Are Academic Achievement and Inhibitory

Control Associated with Physical Fitness, Soil-Transmitted Helminth Infections, Food Insecurity and Stunting among South African Primary Schoolchildren? *BMC Public Health* **2021**, *21*, 852. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-10779-9>.

71. Diamond, A.; Ling, D.S. Conclusions about Interventions, Programs, and Approaches for Improving Executive Functions That Appear Justified and Those That, despite Much Hype, Do Not. *Dev. Cogn. Neurosci.* **2016**, *18*, 34–48. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.11.005>.

72. Stad, F.E.; Wiedl, K.H.; Vogelaar, B.; Bakker, M.; Resing, W.C.M. The Role of Cognitive Flexibility in Young Children’s Potential for Learning under Dynamic Testing Conditions. *Eur. J. Psychol. Educ.* **2019**, *34*, 123–146. <https://doi.org/10.1007/s10212-018-0379-8>.

73. Ortega, F.B.; Ruiz, J.R.; Castillo, M.J.; Sjöström, M. Physical Fitness in Childhood and Adolescence: A Powerful Marker of Health. *Int. J. Obes.* **2008**, *32*, 1–11. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>.

74. Sherar, L.B.; Cumming, S.P. Human Biology of Physical Activity in the Growing Child. *Ann. Hum. Biol.* **2020**, *47*, 313–315. <https://doi.org/10.1080/03014460.2020.1816934>.

75. Howie, E.K.; McVeigh, J.A.; Smith, A.J.; Zabatiero, J.; Bucks, R.S.; Mori, T.A.; Beilin, L.J.; Straker, L.M. Physical Activity Trajectories from Childhood to Late Adolescence and Their Implications for Health in Young Adulthood. *Prev. Med.* **2020**, *139*, 106224. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2020.106224>.

76. Aadland, E.; Kvalheim, O.M.; Anderssen, S.A.; Resaland, G.K.; Andersen, L.B. The Multivariate Physical Activity Signature Associated with Metabolic Health in Children. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2018**, *15*, 77. <https://doi.org/10.1186/s12966-018-0707-z>.

77. Chaput, J.P.; Willumsen, J.; Bull, F.; Chou, R.; Ekelund, U.; Firth, J.; Jago, R.; Ortega, F.B.; Katzmarzyk, P.T. 2020 WHO Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour for Children and Adolescents Aged 5–17 Years: Summary of the Evidence. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2020**, *17*, 141. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-01037-z>.

78. Knuth, A.G.; Hallal, P.C. School Environment and Physical Activity in Children and Adolescents: Systematic Review. *Rev. Bras. De Ativ. Física Saúde* **2012**, *17*, 463–473. <https://doi.org/10.12820/2317>.

Disclaimer/Publisher’s Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

7.3 ARTIGO ORIGINAL 3: Dynamic interactions of body composition, physical activity, physical fitness, and executive function in children with different levels of motor competence over time: A complex system perspective

Elenice de Sousa Pereira¹, Mablíny Thuany², Paulo Felipe Ribeiro Bandeira^{3,4}, Thayse Natacha Q. F. Gomes^{5,6}, Fernanda Karina dos Santos¹

¹ Department of Physical Education, Federal University of Viçosa, Viçosa 36570-900, MG, Brazil; elenice.sousa@ufv.br, and fernandak.santos@ufv.br

² Faculty of Sports, University of Porto, 4200-450 Porto, Portugal; mablínysantos@gmail.com

³ Department of Physical Education, Regional University of Cariri – URCA, Crato 63105-000, CE, Brazil; paulo.bandeira@urca.br

⁴ Federal University of Vale do São Francisco – UNIVASF, Petrolina 48902-300, PE, Brazil.

⁵ Department of Physical Education, Federal University of Sergipe, São Cristóvão 49100-000, SE, Brazil.

⁶ Physical Activity for Health Cluster, Health Research Institute, University of Limerick, V94 T9PX Limerick, Ireland.

* Correspondence: thayse_natacha@hotmail.com.

Abstract

Background: Children with adequate motor competence tend to be more physically active and present healthier lifestyles. They may be more likely to participate in sports or other physical activities that can improve their physical fitness and overall health. **Aim:** To estimate the intragroup differences, and examine through network analysis the dynamic interactions by body composition, physical activity, physical fitness, and executive function in children with different levels of motor competence over time. **Methods:** A sample of 67 children (aged between six and 10 years) was followed for two years. Data regarding body composition, physical activity, physical fitness, and executive function were obtained using standardized protocols. Repeated measures analysis of variance and network analysis were estimated. **Results:** Intragroup differences were observed in body composition, physical activity, physical fitness, and executive function in children with high and low motor competence over time. The network analysis showed different topologies at the three time points (T0, T1, and T2). Age presented the highest centrality value in the emerged networks. In addition, some clusters were observed in the emerging network patterns. **Conclusions:** The study highlights the importance of considering the multifaceted interactions between different factors in understanding and

promoting motor competence in children. The findings may inform future interventions and initiatives aimed at optimizing motor development and overall well-being in this population.

Keywords: child development; intra-group changes; motor competence; emerging networks.

1. Introduction

Childhood is a period of human life with relevant changes, especially regarding physical health and development, during which biological, behavioral, and social changes occur that may echo throughout life [1]. Motor competence stands out among the variables associated with these changes, and it refers to the ability to perform motor skills effectively and efficiently, involving the integration of multiple physical and cognitive processes to perform a wide range of proficient movements and actions [2,3]. Furthermore, motor competence is important for different aspects of human functioning, including physical health, and cognitive and social development [3].

Low levels of motor competence can lead to a more sedentary lifestyle, which can contribute to an increase in body fat and a higher risk of childhood obesity, with negative impacts on health [4–7]. On the other hand, children with higher motor competence tend to have better physical health, including cardiovascular, musculoskeletal, and metabolic health, as well as better executive functioning outcomes, such as the ability to control impulses and inappropriate behaviours [8,9]. They are also more likely to engage in physical activity and sports, which can contribute to a healthier lifestyle [3,8,10].

In this context, available published studies point out the impact of motor competence on several aspects of health (body composition, physical activity and fitness, and executive functioning), highlighting that adequate levels of motor competence tend to have a positive influence on broad domains of health [3,7,9,11–13]. However, the mechanisms by which motor competence interacts with body composition, levels of physical activity and fitness, and executive function (considered correlates) leading to healthy behaviors in children is not clear, especially regarding intragroup changes that occur over time [7,13,14].

Studies that have attempted to understand temporal changes from the perspective of motor competence, especially in children with different levels of competence, are still scarce in the literature [15–17]. Thus, we understood that the evaluation and monitoring of children with different levels of motor competence allow for early identification of possible motor delays or problems, enabling more effective and timely interventions [5,18]. In addition to being important for monitoring the progress and development of children over time, allow health,

education, and sports professionals to adjust intervention strategies and provide activities that stimulate and promote motor development [16,18].

In this perspective, how literature operationalizes the interaction between motor competence, body composition, physical activity, fitness, and executive function is based on the idea that these relationships are established linearly [7,14,19–21]. However, the interrelationships between these variables can be understood as complex systems, providing an understanding of the role that each variable plays within the system [13,22–24]. Thus, examining the associations between body composition, physical activity, fitness, and executive function in children with different levels of motor competence over time, using a complex systems approach, will provide a better understanding of the dynamic interrelationships among these variables, and may also support the development of actions to promote healthy lifestyles in children.

Few studies have explored these relationships using a network approach or even hypothesized whether there is a nonlinear relationship between these variables and how they are related from a complexity perspective [25,26]. Since the presence or absence of a single variable within a model composed of interrelated variables may completely change its nature [27], from a theoretical and statistical perspective, the possible dynamic relationships between body composition, physical activity, fitness, and executive function in children with different levels of motor competence over time might be explored from a network perspective, taking into account its non-linearity. Thus, this study aimed to estimate the intragroup differences in body composition, physical activity, fitness, and executive function of children with high and low motor competence over time, and to examine, through network analysis, the dynamic interactions between these variables in children with different levels of motor competence.

2. Methods

2.1 Study design and Participants

The present study is part of a large research project entitled “Relationship between Physical Activity, Motor Competence, Cognitive Skills and School Performance in Children and Adolescents from three to 12 years old”. This project was conducted following the guidelines of the Declaration of Helsinki and all procedures were approved by the Ethics Committee in Research involving human beings of the Federal University of Viçosa, under process number 1.888.177.

The present study evaluated children of both sexes, aged six to 10 years old, regularly enrolled at baseline between 1st grade and 3rd grade in a public school in the city of Santo

Antônio do Grama - Minas Gerais, Brazil. The inclusion criteria for the study were: a) being regularly enrolled in school; b) agreeing to participate voluntarily by signing the free and informed consent form by the legal guardian; c) not having physical and/or cognitive disabilities.

The cohort study started in 2017 (baseline, T0), followed by an evaluation in 2018 (T1) and 2019 (T2). The initial sample consisted of 89 children of both sexes. After baseline assessments and data review, data from 22 children were excluded due to incomplete information. Thus, the sample consisted of 67 children (26 girls, 41 boys).

2.2 Instruments and Procedures

2.2.1 Body composition

Body composition was assessed using body fat percentage. To measure triceps and subscapular skinfolds, a caliper (Mitutoyo, model BFG308, Cerscorf®) was employed, adhering to internationally recognized guidelines for anthropometric evaluation [28]. For each skinfold, two measurements were obtained, and if the difference between them exceeded 2 mm, a third measurement was obtained. The average of the two closest measurements was then calculated. Body fat percentage was estimated using the Lohman equation [29], which had been adjusted for sex and age. The body fat percentage was classified into two categories: poor (including very low, low, high, moderate/high, high, and very high) and adequate (including acceptable). For the analyses, continuous and dichotomous values were used.

2.2.2 Motor competence

Motor competence was measured with the Test of Gross Motor Development – second edition (TGMD-2), norm-referenced measure assessing six locomotor skills (run, gallop, hop, leap, horizontal jump, slide) and six object-control skills (striking a stationary ball, stationary dribble, kick, catch, overhand throw, and underhand roll) a valid and reliable (test-retest reliability $r \geq 0.88$, inter-rater reliability $r > 0.98$) [30]. The TGMD-2 was administered at school by a team of trained researchers using the standard test procedure, which took approximately 30 minutes per child. Following TGMD-2 procedures, children completed two trials per skill, and each skill had between three and five criteria on which skills were assessed. Both intra- and inter-rater reliability for coding was greater than 0.75. Scores from both trials were summed to obtain a raw score for each skill, with higher scores indicating better motor competence. The six locomotor skill scores and the six object-control skills were summed to provide an overall score which was then converted to a general motor quotient, standardized

for age and sex. The general motor quotient is classified into seven categories: "very superior", "superior", "above average", "average", "below average", "poor" and "very poor" [30]. Using the general motor quotient ratings, the children were categorized into two groups: "low motor competence" (including the ratings "below average," "poor," and "very poor") and "high motor competence" (including the ratings "very superior," "superior," "above average," and "average"). Analyses included continuous and dichotomous values.

2.2.3 Physical activity

Physical activity was assessed using a pedometer (Yamax, Digi-Walker, model SW 200) used during eight consecutive days, including two weekend days, attached to the waist of the children at the right mid-axillary line, and the children were instructed not to change their daily routine. In addition, guardians and children were instructed to wear the pedometers while awake and to remove the devices only for water activities such as bathing and swimming, and while sleeping. To be considered "eligible" for the study sample, children must have registered the number of steps on at least four days, including one weekend day [31]. The categorization of physical activity level was determined by considering the average total number of steps per day for each sex (11.000 steps/day for girls and 13.000 steps/day for boys), as suggested by Tudor-Locke et al. [31]. Based on these recommendations, children were classified into two groups: those who met the activity recommendations and those who did not. For the analyses, continuous and dichotomous values were used.

2.2.4 Fitness

Physical fitness was assessed by evaluating various components, including handgrip strength, speed, agility, lower limb strength, upper limb strength, abdominal resistance, flexibility, and cardiorespiratory fitness. These assessments were performed using different protocols, namely EUROFIT, FITNESSGRAM, AAHPERD, and PROESP-BR [32–35].

Handgrip strength was assessed using a digital dynamometer (JAMAR®, model 5030, J1) [32]. The child was instructed to stand upright and use the dominant hand, with the arm extended slightly away from the body. On cue from the evaluator, the child exerted maximum force by pressing the device. The same procedure was repeated with the non-dominant hand. Two trials were recorded for each hand and the highest value obtained was recorded. The analysis was based on the average of the best results from both the dominant and non-dominant hands.

Upper limb strength was assessed using the push-up test [33]. During the test, participants assumed a prone position with their elbows extended and their hands placed on the floor in line with their shoulders. They were instructed to lower their trunk and legs while flexing their arms parallel to the body until the elbows reached or exceeded the back line. It is important that the front of the body does not touch the floor. Participants then returned to the starting position. The maximum number of completed push-ups was recorded for each individual.

Lower limb strength was assessed by the horizontal jump test [34]. A starting line was established, and the children positioned behind it, with their feet parallel to the ground, were to jump as far as possible, allowing for arm and torso movement. The completion of the movement was to land with both feet on the ground without losing balance. The jump was determined by the distance between the starting line and the point of contact with the ground closest to this line. Two trials were recorded, and the best performance of both trials was used in the analyses.

Abdominal resistance was assessed using the curl-up test [33]. The child began in the supine position with hands behind the neck, knees flexed at approximately 90 degrees, and feet flat on the floor. The goal was to return to a sitting position by bringing the elbows forward to touch the knees. The child was instructed to complete as many repetitions as possible within 30 seconds.

Agility was assessed using the square test, which involved running through a 4 x 4-meter course as quickly as possible [32]. The course was marked with cones placed at each corner to indicate the path, and the child was required to touch each cone with one hand. The time taken (in seconds) to complete the test was recorded for analysis.

Flexibility was assessed using the sit and reach test [35]. Sitting on the floor, legs outstretched, no shoes, feet flat on the wooden bench - Wells, the child should reach with both hands the maximum distance on the bench by flexing the trunk. Two trials were performed and recorded, and the better result of both trials was used in the analyses.

Speed was assessed using the Shuttle Run 10 × 5 test [32]. The test involved marking two parallel lines five meters apart. The children were then instructed to run back and forth between the lines repeatedly, completing a total of ten laps. The time taken to complete the test was meticulously recorded in seconds for each child, with the measurement taken at the end of the final lap.

Cardiorespiratory fitness was estimated by the final distance (in meters) covered in the six-minute run and walk test [34]. The test consists of running and/or walking for six minutes

on a marked course (18 x 9 meters). The final distance (meters) was recorded and used in the analyses.

An overall fitness score was generated based on the standardized values (in z-scores) of each component. The children's standardized total score was divided into two categories: "fit" and "less fit". Continuous and dichotomous scores were used for analyses.

2.2.5 Executive function

Inhibitory control, one of the central executive functions, was assessed using the Five Digits Test (FDT) [36]. The FDT is a numerical neuropsychological task used to assess the Stroop effect and is divided into four components (reading, counting, choosing, and changing). The first two components include measures of automatic attention and processing speed. The third component involves a test of selective attention (inhibitory control) and is estimated in time (seconds). The final component focuses on executive attention (or top-down attentional control). The raw score of the third component, which refers to inhibitory control, was used in the analyses. Higher scores indicate "poorer performance" [36].

Working memory was assessed using the Digits test, a subtest of the Wechsler Intelligence Scale for Children-Fourth Edition-WISC-IV [37]. The subtest used for the Working Memory Index (WMI) consists of reproducing a sequence of digits. The direct order is administered first, followed by the reverse order, with two valid trials for each order. The children reproduced eight sequences of digits in two different orders: direct order (e.g., 3 - 7 - 10) and reverse order (10 - 7 - 3). The direct order is given first, followed by the reverse order, with two valid trials for each order. In addition, the number of digits for each sequence is gradually increased. Higher scores indicate "better performance".

Cognitive flexibility was assessed through the Verbal Fluency test [38,39]. This task evaluates the ability for semantic associations and requires a focused search in the memory for stored information. The test involves producing the greatest possible number of semantically related words in the categories "Animals" and "Fruits" within a period of 60 seconds. Initially, the child was asked to mention the greatest number of animal names they know within the given time. Then, the child was asked to mention the greatest number of fruits they know. In the final stage of the test, the child was instructed to mention pairs (one animal and one fruit). The number of words produced correctly, incorrectly, and corrected in each stage was recorded. Higher scores indicate "better performance" on the test.

2.3 Data collection procedures

First, the signatures of the children's legal guardians were obtained on the informed consent form. Then the data collection procedure was initiated for all years and/or time of evaluation. There was a 12-month interval between assessments. Assessments of body composition, physical activity and fitness, executive function, and motor competence were conducted at the school facilities by a team of trained researchers (professors, undergraduate and graduate students from the Federal University of Viçosa) who were trained to perform the procedures.

2.4 Statistical analysis

Descriptive information was presented as mean (standard deviation) and frequency (%). The normality of the variables was analyzed using the Shapiro-Wilk test [40]. Repeated measures analysis of variance (ANOVA-RM) was used to evaluate the means of body composition, physical activity, physical fitness, and executive function of children with different levels of motor competence at different assessment times (T0, T1, and T2). The first evaluation moment (T0) was used as a reference. Mauchly's test of sphericity was used to assess the equality of the difference in variances between the different evaluation times. The Greenhouse-Geisser (sphericity < 0.75) or Huynh-Feldt (sphericity > 0.75) corrections to the sphericity assumption were used in cases where sphericity was not met. The normality of the residuals (variance not explained by the model) was checked. Bonferroni correction was used for pairwise comparisons in the instance of significant main effects [40]. Statistical significance was accepted a priori at $p < 0.05$, and all data were analyzed using SPSS version 22 for Windows (IBM Corporation Software Group, Chicago, IL, USA).

Network analysis was used to assess the nonlinear associations between body composition, physical activity, fitness, and executive function in children with different levels of motor competence. A network is a graphical representation that includes variables (nodes) and relationships (edges/rows). The nodes of the network are body composition (body fat percentage - dichotomous), physical activity (dichotomous), fitness (dichotomous), executive function (inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility - continuous), age (continuous), and sex (dichotomous). Positive relationships are represented by the color blue and negative relationships are represented by the color red in the network. The thickness and intensity of the edge reflect the strength of the associations [41]. The Fruchterman-Reingold algorithm was employed to display the data in a relative space, where strongly associated variables are positioned closely, while weakly associated variables are pushed apart [42]. The model random fields of pairwise Markov were used to improve the accuracy of the network,

which was estimated by the algorithm regularized neighborhood regression “L1”. The Lasso operator, a partial selection and contraction operator, was used for network sparsity control. The Extended Bayesian Information Criterion (EBIC) was employed [43]. The hyperparameter (γ) was set at 0.25 (range de 0 to 0.50) [44]. Three centrality indicators were used to determine the role of each variable in the emerged network: (1) betweenness (centrality between parts), calculated based on the frequency of a node being part of the shortest path between all other connected node pairs in the network; (2) closeness, derived from the inverse of the distances between a node and all others; and (3) strength (degree/centrality), representing the sum of all weights of the paths connecting a node to others [41]. Entropy values were calculated to verify the organization of the systems, with higher values showing the less organized system. The RStudio software version 4.3.1 program (R Core Team, Vienna, Austria, 2023) and qgraph and ggplot2 packages were used to generate the networks.

3. Results

Descriptive information and results of the repeated measures analysis of variance are presented in Table 1. Children with low motor competence had a mean age at baseline (T0) of 7.46 ± 0.97 years (of which 69.20% were boys), while children with high motor competence were 6.40 ± 0.25 years old (66.70% were girls).

For the low motor competence group, the ANOVA-RM results shown that physical activity ($F(1.786, 91.070) = 5.187, p = 0.009; \eta^2 = 0.092$), handgrip strength ($F(2, 102) = 62.736, p < 0.001; \eta^2 = 0.552$), lower limb strength ($F(2, 102) = 19.344, p < 0.001; \eta^2 = 0.275$), abdominal resistance ($F(1.698, 86578) = 10.394, p < 0.001; \eta^2 = 0.169$), agility ($F(1.852, 94.465) = 58.548, p < 0.001; \eta^2 = 0.534$), flexibility ($F(2, 102) = 5.632, p = 0.005; \eta^2 = 0.099$), speed ($F(2, 102) = 30.680, p < 0.001; \eta^2 = 0.376$), general motor quotient ($F(1.760, 89.736) = 47.953, p < 0.001; \eta^2 = 0.485$), inhibitory control ($F(1.383, 69.167) = 47.052, p < 0.001; \eta^2 = 0.485$), working memory ($F(2, 102) = 8.582, p < 0.001; \eta^2 = 0.144$), and cognitive flexibility ($F(1.733, 88.405) = 15.838, p < 0.001; \eta^2 = 0.237$) presented statistically significant differences in mean scores over time.

For the high motor competence group, the ANOVA-RM results show that physical activity ($F(2, 28) = 5.928, p = 0.007; \eta^2 = 0.297$), handgrip strength ($F(2, 28) = 12.007, p < 0.001; \eta^2 = 0.462$), abdominal resistance ($F(2, 28) = 6.285, p = 0.006; \eta^2 = 0.310$), agility ($F(2, 28) = 14.400, p < 0.001; \eta^2 = 0.508$), speed ($F(2, 28) = 12.155, p < 0.001; \eta^2 = 0.465$), general motor quotient ($F(2, 28) = 4.113, p = 0.027; \eta^2 = 0.227$), inhibitory control ($F(1.368,$

19.156) = 22.230, $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.614$), working memory ($F(1.428, 19.998) = 7.582$, $p = 0.007$; $\eta^2 = 0.351$), and cognitive flexibility ($F(2, 28) = 5.966$, $p = 0.007$; $\eta^2 = 0.299$) presented statistically significant differences in mean scores over time.

For the entire sample, the ANOVA-RM results show that body fat percentage ($F(1.795, 118.448) = 3.789$, $p = 0.030$; $\eta^2 = 0.054$), physical activity ($F(1.771, 116.894) = 8.187$, $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.110$), handgrip strength ($F(1.878, 123.96) = 68.515$, $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.509$), upper limb strength ($F(2, 132) = 3.223$, $p = 0.043$; $\eta^2 = 0.047$), lower limb strength ($F(2, 132) = 14.428$, $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.179$), abdominal resistance ($F(1.759, 116.094) = 15.795$, $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.193$), agility ($F(1.828, 120.645) = 73.328$, $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.526$), flexibility ($F(2, 132) = 7.630$, $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.104$), speed ($F(1.277, 84.265) = 5.487$, $p = 0.015$; $\eta^2 = 0.077$), general motor quotient ($F(1.584, 104.531) = 26.104$, $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.283$), inhibitory control ($F(1.407, 91.478) = 68.496$, $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.513$), working memory ($F(2, 132) = 13.145$, $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.166$), and cognitive flexibility ($F(2, 132) = 20.922$, $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.241$) presented statistically significant differences in mean scores over time.

Table 1. Repeated measures univariate ANOVA results of different levels of motor competence at time points T0, T1, and T2.

VARIABLES	LOW MOTOR COMPETENCE (n=52) *					HIGH MOTOR COMPETENCE (n=15) *					TOTAL (n=67)				
	T0	T1	T2	F	p	T0	T1	T2	F	p	T0	T1	T2	F	p
Body composition															
Body fat percentage (%)	18.21±7.82	18.48±8.76	17.70±8.19	1.52	0.224	18.03±5.23	19.39±6.46	16.58±6.45	2.54	0.122	18.17±7.28	18.69±8.26	17.44±7.80	3.78	0.030
Physical Activity (steps)	7937.49±4229.41	10205.40±4247.27	10071.47±5259.01	5.18	0.009	6828.26±3172.16	10554.92±3353.92	7941.11±3014.69	5.92	0.007	7689.16±4022.10	10283.54±4043.15	9594.52±4909.16	8.18	<0.001
Fitness															
Handrip strength	11.76±2.81	14.43±3.75	16.03±3.98	62.73	<0.001	9.56±1.88	10.30±2.33	11.63±2.98	12.07	<0.001	11.27±2.78	13.50±3.88	15.05±4.19	68.515	<0.001
Upper limb strength (rep)	4.50±4.07	5.26±5.22	6.01±5.84	1.94	0.148	4.20±3.68	5.73±5.75	6.13±4.65	1.98	0.172	4.43±3.96	5.37±5.30	6.04±5.56	3.22	0.043
Lower limb strength (cm)	105.18±19.95	117.04±20.63	121.60±18.52	19.34	<0.001	106.12±28.93	115.03±22.53	114.02±15.84	0.65	0.529	105.39±22.03	116.59±20.91	119.90±18.12	14.42	<0.001
Abdominal resistance (rep)	10.53±5.47	13.34±4.97	13.36±5.97	10.39	<0.001	9.86±5.18	12.80±3.80	13.80±3.41	6.28	0.006	10.38±5.37	13.22±4.71	13.46±5.45	15.79	<0.001
Agility (s)	8.18±0.82	7.62±0.63	7.23±0.61	58.54	<0.001	8.39±0.62	7.97±0.68	7.46±0.61	14.40	<0.001	8.32±0.78	7.70±0.65	7.28±0.62	73.32	<0.001
Flexibility (cm)	27.04±5.28	25.34±6.15	25.08±6.67	5.63	0.005	25.80±6.85	24.53±7.69	24.25±7.56	2.27	0.122	26.78±5.63	25.16±6.47	24.89±6.83	7.63	<0.001
Speed (s)	24.91±1.93	23.74±1.73	23.46±1.70	30.68	<0.001	25.83±1.42	24.27±1.63	23.74±1.34	12.15	<0.001	24.59±3.38	23.86±1.71	23.52±1.62	5.48	0.015
Cardiorespiratory fitness (m)	853.47±123.70	859.01±112.13	847.78±131.47	0.24	0.755	837.03±119.06	860.39±103.10	849.93±119.80	0.38	0.684	849.79±121.98	859.32±109.41	848.26±128.06	0.37	0.654
Motor competence															
General motor quotient (pts)	75.07±8.88	86.44±8.49	89.90±10.22	47.95	<0.001	96.80±5.49	91.80±9.45	92.20±8.54	4.11	0.027	79.94±12.27	87.64±8.93	90.41±9.85	26.10	<0.001
Executive function															
Inhibitory control (s)	98.78±35.91	79.94±22.58	66.64±17.97	47.05	<0.001	117.06±34.73	89.73±27.11	72.73±18.75	22.23	<0.001	102.93±36.12	82.16±23.83	68.03±18.19	68.49	<0.001
Working memory (pts)	25.92±13.64	25.09±9.72	31.51±12.76	8.52	<0.001	22.66±5.98	23.73±7.27	29.53±6.32	7.58	0.007	25.19±12.38	24.79±9.20	31.07±11.60	13.14	<0.001
Cognitive flexibility (pts)	3.88±1.75	4.98±1.85	5.42±1.93	15.83	<0.001	3.60±1.12	4.13±1.72	5.06±1.79	5.96	0.007	3.82±1.63	4.79±1.84	5.34±1.89	20.92	<0.001

Abbreviation: GMQ – general motor quotient. Values are means (standard deviation). Values in bold represent significance at p<0.05 level.

* Time 0 was used as a reference.

Bonferroni corrections revealed significant paired differences for the health variables depending on the low and high motor skill groups and the total sample. Figure 1 shows results of body composition, physical activity, motor competence, and executive function variables. Body fat percentage at T1 was higher than T2 for the total sample (Figure 1A). Physical activity at T0 was relatively lower than T1 and T2 for the low motor competence group and the total sample, respectively; and for the high motor competence group, T0 was lower than T1 (Figure 1B). For the general motor quotient, T0 was lower than T1 and T2, and T1 was lower than T2 in the low motor competence and total sample groups; in the high motor competence group, T0 was higher than T1 (Figure 1C). For inhibitory control, T0 was higher than T1 and T2 for all groups, and T1 was higher than T2 for the low motor competence group and total sample (Figure 1D). In all groups, T0 was lower than T2 and T1 was inferior to T2 for working memory (Figure 1E). Cognitive flexibility at T0 was relatively lower than T1 and T2 for the low motor competence group and the total sample, respectively; and for the high motor competence group, T0 was lower than T1 (Figure 1F).

Figure 2 shows the paired multiple comparisons for fitness variables for low and high motor competence groups and the total sample. Handgrip strength at T0 was lower than T1 for the low motor competence group and the total sample; and T0 was relatively lower than T2 and T1 was lower than T2 for all groups (Figure 2A). Upper limb strength was statistically lower at T0 compared to T2 in the entire sample (Figure 2B). Lower limb strength at T0 was lower than T1 and T2 in the low motor competence group and the total sample (Figure 2C). The abdominal resistance at T0 was lower than T1 and T2 in the low motor competence group and the total sample (Figure 2D). Agility in the low motor competence group and the total sample showed values at T0 higher than T1 and T2, respectively, and T1 was higher than T2 for all groups (Figure 2E). The flexibility of the low motor competence group and the total sample group showed higher results at T0 than at T1 and T2 (Figure 2F). For speed, T0 was higher than T1 for the low and high motor competence groups, and T0 was higher than T2 for all groups (Figure 2G). There were no significant differences in cardiorespiratory fitness between groups (Figure 2H) ($p > 0.05$).

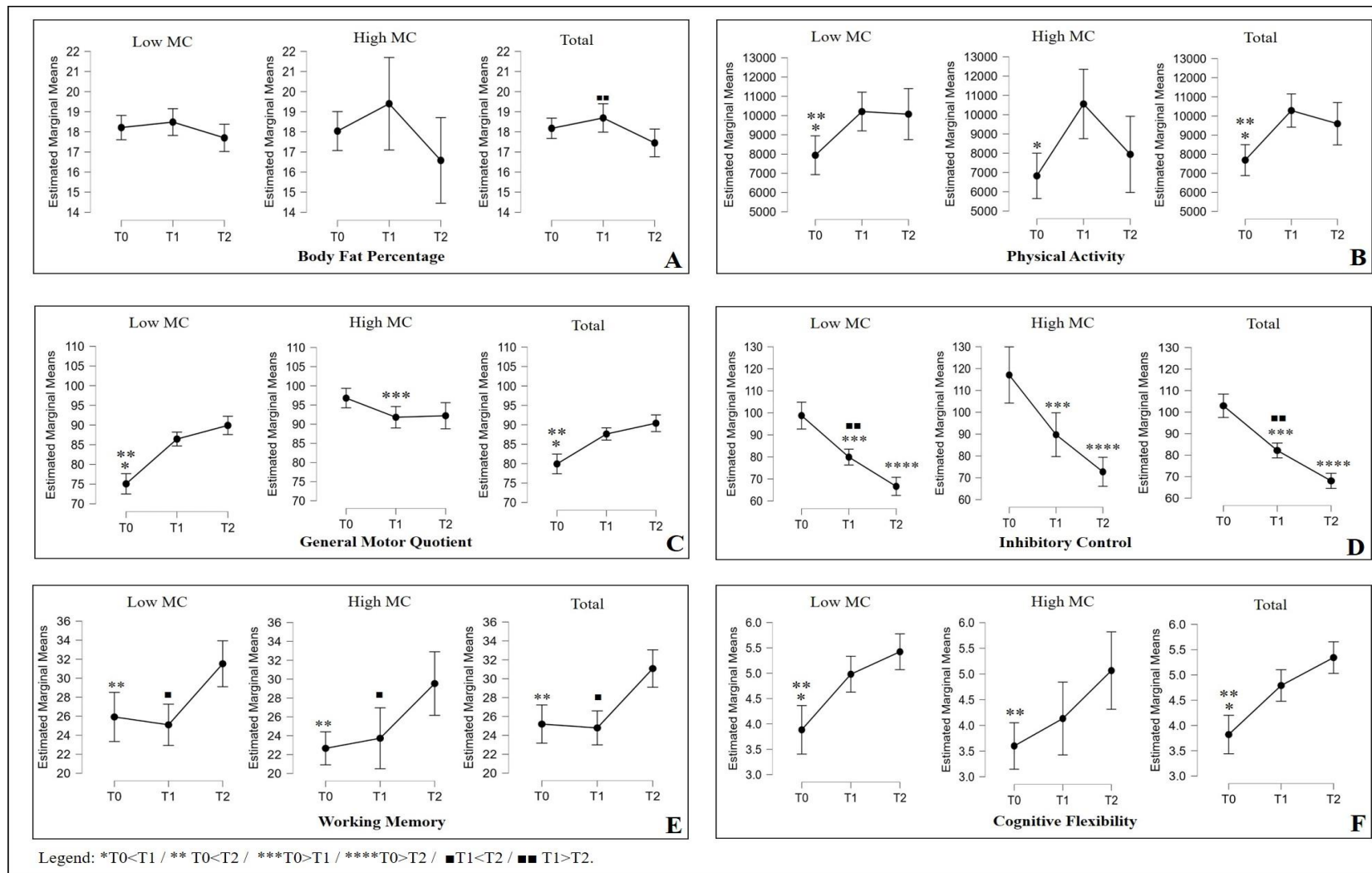


Figure 1. Results for the Bonferroni post-hoc test for the groups of low and high motor competence, and total sample. Figures shown results for body composition, physical activity, motor competence, and executive function variables (A – body fat percentage; B – physical activity; C – general motor quotient; D – inhibitory control; E – working memory; and F – cognitive flexibility); MC - motor competence.

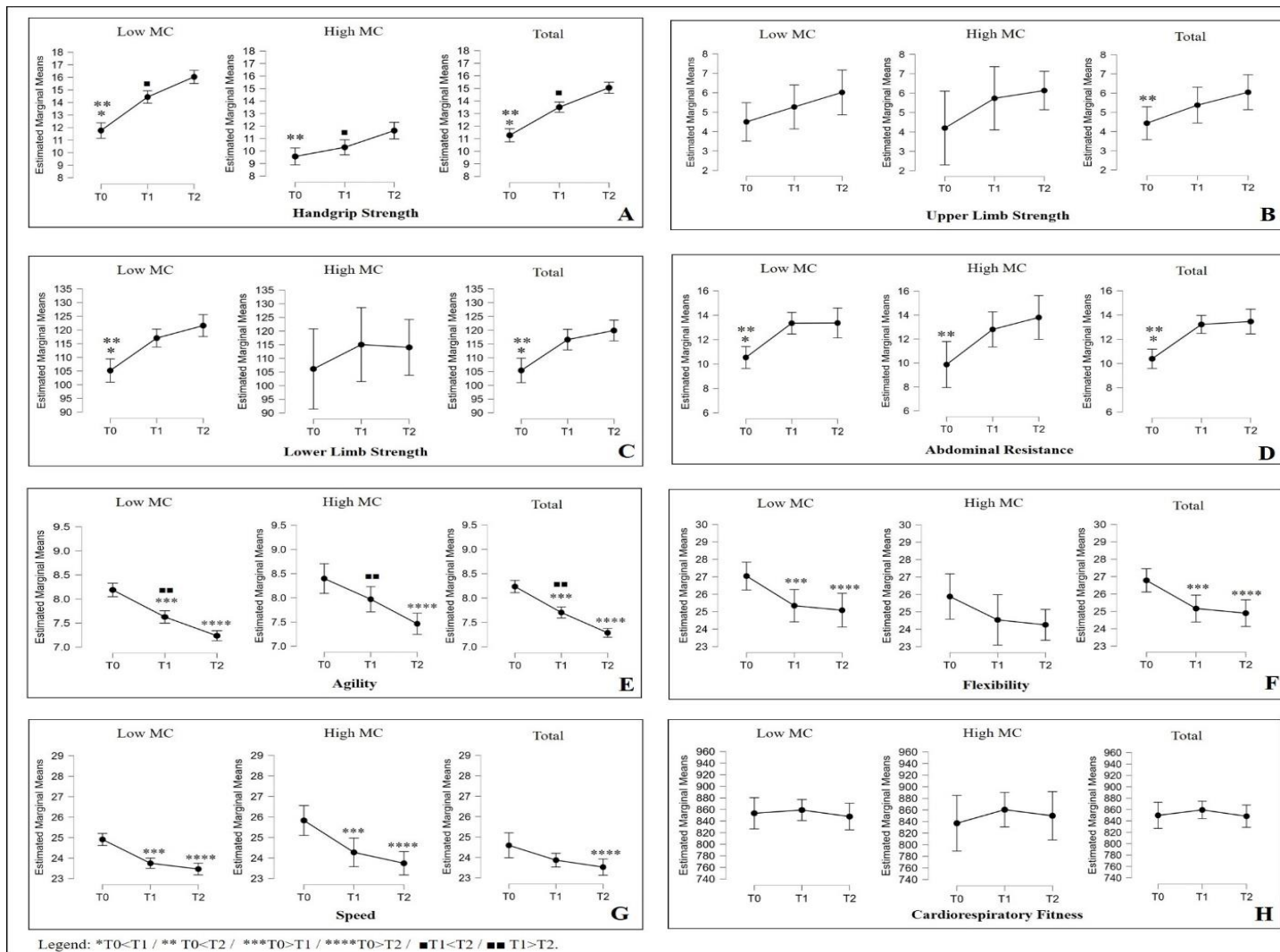


Figure 2. Results for the Bonferroni post-hoc test for the groups of low and high motor competence and total sample. Figures shown results for fitness variables (A – handgrip strength; B – upper limb strength; C – lower limb strength; D – abdominal resistance; E – agility; F – flexibility; G – speed; and H – cardiorespiratory fitness); MC - motor competence.

The space visualization of the network is presented in Figure 3. The entropy value for each network showed that T0 was the less organized system while T2 was more organized (T0: -0.46; T1, -0.39; and T2, 0.40), that is, a higher entropy value represents a low ability of the system to organize itself when it is far from equilibrium and given the nonlinear interconnectedness of the system's components.

The analysis of the networks revealed the emerging patterns of interrelationships among all the variables represented in the network. In general, it was possible to observe different network topologies at the three moments (T0, T1, and T2).

The network that emerged at T0 showed many connections between the variables, indicating a less organized system (higher entropy) due to the numerous connections established. In addition, several strongly connected relationships were established between motor competence, sex, age, and inhibitory control. These interactions generate further relationships with cognitive flexibility, fitness, physical activity, working memory, and body composition (Figure 3, T0).

A distinct network configuration occurred at T1, with age appearing at the center of the emerged network, acting as a hub and establishing moderate relationships with executive function (inhibitory control and cognitive flexibility) and fitness, and weak relationships with sex and motor competence. Additionally, the network has few connections between the variables, suggesting that the system self-organizes better compared to T0 (Figure 3, T1).

In the pattern of the network that emerged at T2, we observe the existence of sub-networks, with one network established by the interactions between age, executive function, and physical activity, and another sub-network established by the interaction between motor competence, sex, body composition, and fitness. In addition, fitness is positively associated with age. Although it has fewer connections, the network that emerged at T2 shows the best pattern of self-organization, indicating a greater capacity for adaptation of this system (Figure 3, T2).

The remained relationships strongly connected over time in the different emerged networks were between sex and body composition, and age and inhibitory control. Motor competence had negative and moderate interactions with sex at T0, weak interactions with age at T1, and with sex at T2.

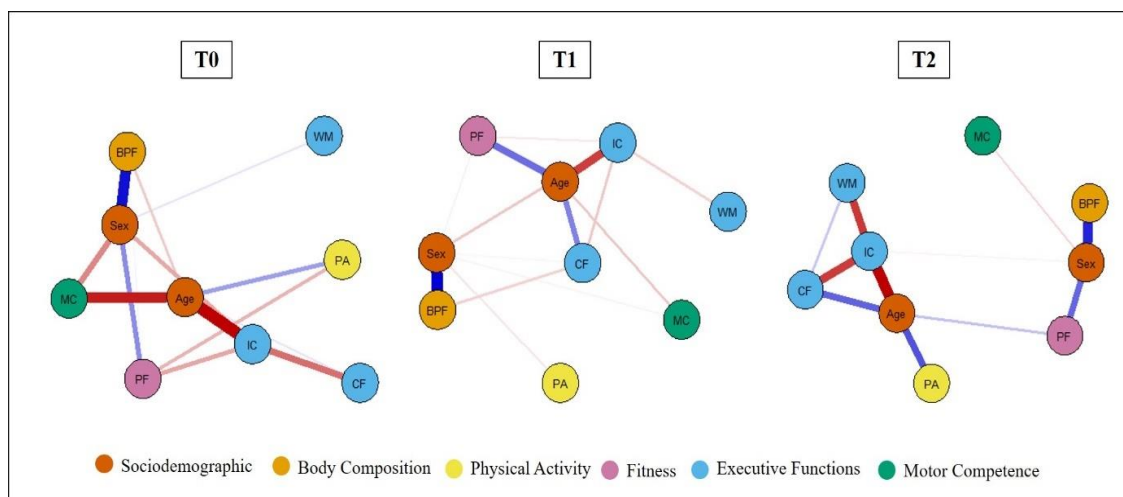


Figure 3. Network plot of the relationship between body composition, physical activity, fitness, and executive function of high and low competent children, considering sociodemographic variables (age and sex) over time. Legend: BFP = body fat percentage; CF = cognitive flexibility; IC = inhibitory control; MC = motor competence; PA= physical activity; PF = physical fitness; WM = working memory. Dichotomous variables: BFP = (0 poor body composition, 1 adequate body composition); MC (0 low motor competence, 1 high motor competence); PA (0 meets the recommendation, 1 does not meet the recommendation); PF (0 less fit, 1 more fit); and sex (0 girls, 1 boys).

Some clusters have emerged among the emerging network patterns. Three clusters were observed at T0, with cluster 1 consisting of the relationships between inhibitory control, cognitive flexibility, physical activity, and fitness; cluster 2 showing relationships with sex, body composition, and working memory; and cluster 3 showing relationship with age and motor competence (Supplementary Figure 1, T0). Two clusters were also observed at T1, with cluster 1 comprising relationships between sex, body composition, and physical activity; and cluster 2 consisting of relationships between motor competence, fitness, and executive function (inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility) (Supplementary Figure 1, T1). Two clusters were observed at T2, with cluster 1 comprising the relationships between fitness, sex, body composition, and motor competence; and cluster 2 comprising the relationships between physical activity, age, inhibitory control, cognitive flexibility, and working memory (Supplementary Figure 1, T2).

The centrality indicators highlighted “age” as the most important variable in the network, according to the Betweenness, Closeness, and Strength indices (Table 2).

Table 2. Centrality measures of the network analysis.

Variables	Betweenness			Closeness			Strength		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2
Sex	2.166	0.985	-0.903	0.783	0.272	0.110	1.106	0.849	0.421
Age	0.279	1.407	1.678	0.748	1.173	1.299	1.420	1.653	1.434
MC	-0.139	-0.703	-0.774	0.688	-0.679	-2.197	0.005	-0.956	-1.393
BPF	-0.768	-0.422	-0.774	-0.043	-0.018	-0.596	-0.200	0.363	-0.553
PF	-0.139	-0.703	1.161	0.198	0.224	0.684	-0.261	-0.281	-0.581
PA	-0.768	-0.703	-0.774	-0.613	-1.802	-0.003	-0.813	-1.246	-0.774
IC	0.908	1.547	0.129	0.871	1.307	0.757	1.052	0.762	1.522
CF	-0.768	-0.703	-0.774	-0.391	0.456	0.162	-0.824	-0.012	0.319
WM	-0.768	-0.703	-0.774	-2.241	-0.933	-0.217	-1.483	-1.131	-0.391

Abbreviation: BFP = body fat percentage; CF = cognitive flexibility; IC = inhibitory control; MC = motor competence; PA= physical activity; PF = physical fitness; WM = working memory.

4. Discussion

The present study aims were i) to estimate the intragroup differences in body composition, physical activity, fitness, and executive function of children with high and low motor competence over time, and ii) to examine through network analysis the dynamic interactions between these variables in children with different levels of motor competence. We verified changes over time in body composition, physical activity, fitness, and executive function in children with high and low motor competence. Additionally, different network topologies were observed in children with different levels of motor competence at the three time points.

Intragroup changes (low and high motor competence) were observed over three moments for body composition, physical activity, physical fitness, motor competence, and executive function. In general, the intragroup changes observed indicate that, for physical fitness and executive function, there appear to be similar patterns in the behavior of these variables in the high and low motor competence groups over time. On the other hand, when we focus on changes in body composition, physical activity, and motor competence (motor quotient), we can observe greater variability in the behavior of these variables in the high and low motor competence groups over time. These results are positive and expected, as they are in line with the changes resulting from the children growth and development processes [1]. All changes are driven by individual constraints, acquired experiences, the specificity of the proposed activities and/or tasks, and the environment in which the child growth [1,45].

Overall, the results of the study indicate significant changes in body composition, suggesting that different levels of motor competence may contribute to a healthier lifestyle

[5,6,19,46]. Physical activity levels increased slightly over time in all the studied groups. And despite the benefits of physical activity for children's development, its levels tended to decrease with age [47,48].

Significant changes in physical fitness were observed in all groups studied. Perhaps, children were involved in physical activities at similar levels, and they got engaged in activities that mainly focused on other components of fitness (e.g., muscular strength, flexibility, agility) [15,16]. The low motor competence group and the total sample showed an increase in motor quotient over time, while the high motor competence group showed a decrease. It is noted that the development of motor competence throughout childhood can be characterized by a high degree of interindividual variation [49]. Thus, it is possible to observe that the level of competence increases in some children, while in other children the level of competence remains unchanged or even decreases over time [7]. In this regard, promoting the development and improvement of motor competence appears to be critical to children's growth and overall health [3,6,7].

Central executive functions also showed significant changes over time. The results indicate that children with better inhibitory control may be able to better concentrate and regulate their emotions, which can lead to more precise and coordinated movements [12,49]. On the other hand, children with good working memory can effectively retain and manipulate information related to physical and motor domains, leading to improvements in motor performance [50,51]. Cognitive flexibility allows children to quickly adapt their strategies and motor responses to different situations in their daily lives, leading to more adaptive and successful motor performance [52,53].

Previous evidence has pointed to some gaps in the assessment of motor competence and related factors synergistically throughout growth and development [2,8,54]. However, it is not clear the pattern of the interactions between biological, behavioral, and cognitive factors in children with different levels of motor competence [3,6,9]. The motor competence and correlates investigated in this study are sensitive to initial conditions, which means that when we consider these variables simultaneously and over time, different patterns emerge since the initial conditions are sensitive to changes [3,22–24]. These different interactions are expressed through the network topologies [22,23,27], and show a dynamic interactions between body composition, physical activity, fitness, and executive function in children with different levels of motor competence over time. Different network topologies were observed, which is a positive point in the study, as one should not expect the structures to look alike [24,27,55]. The

network structure tends to change in different age groups and children with different levels of motor competence, due to the sensitivity of the initial conditions [24].

While it is recognized that children should be encouraged to play freely, it is also important to note that interactions between children with different levels of motor competence and correlates can contribute to their whole development over time [7,14,54]. In the emerging networks, motor competence was negatively associated with sex and age in different ways at the three time points. Although controversial, these findings suggest that younger girls tend to have better levels of motor competence compared to boys [6,14,19]. It is possible to argue that these results are due to the individual characteristics of each group, in which the learning conditions, the context in which the children are involved, and even the age range at the beginning of the study, may have contributed to these dynamic interactions [7,18,24]. In addition, it is noteworthy that younger children tend to be more physically active, engaging in a variety of physical and motor activities compared to their older peers [56]. This fact may have contributed to the strong relationship observed between motor competence and age at T0.

A positive relationship between sex, body composition, and physical fitness has been maintained over time, corroborating previous evidence that girls tend to have worse body composition and lower levels of fitness as they grow compared to boys [6,19,46]. These findings may be due to sociocultural influences associated with patterns of physical activity, in which boys tend to engage in more physical and sports activities that may contribute to fitness performance and thus better body composition, as well as other factors related to metabolism and nutrition [5,6,46]. In addition, sex showed higher betweenness values at T0, indicating that this agent plays an important role in connecting the other variables in the network pattern that emerged [22].

The specific nature of the interactions between motor competence and executive functions may be influenced by several factors, including age, sex, developmental stage, and the complexity of the motor tasks performed [7,9,16,57]. The inclusion of core executive functions in network analysis from the perspective of nonlinearity was a strength of our study. Observing the three emerging networks, it is noticeable that executive functions, especially inhibitory control and cognitive flexibility, kept strong relationships with age over time. Inhibitory control showed a strong relationship with age (network T0). As children get older, inhibitory control continues to be associated with age, and cognitive flexibility develops a direct relationship with age (networks T1 and T2). Specifically, the different network configurations indicate that older children have a greater ability to adapt behavior and cognitive strategies to new situations or changes in goals, to search for information stored in working memory, and to

inhibit certain behaviors in order to perform a wide range of increasingly complex physical and motor tasks, such as those required in games and sports [12,19,49,52].

Physical activity and fitness in childhood are critical to a child's overall health and well-being [15–17,47]. Engaging in regular physical activity during childhood has numerous benefits, in short-, medium-, and long-term [47]. Both correlates, physical activity and physical fitness, were also connected with age, but to a lesser extent. However, no effect should be disregarded [24,55]. Even though the associations with age might be weaker for these variables, they still play a significant role in the overall picture and should not be overlooked [24]. In the face of complex systems, it is essential to keep variables that have small effects, since a small effect can be responsible for large changes in the whole network [23,24,55]. Therefore, accounting for all relevant factors, regardless of their individual effect sizes, is crucial to understanding the dynamics and emergent properties of the system as a whole [41,55].

The centrality indicators showed that age played the most relevant role in all the emerging networks, representing one of the central elements to be considered in future interventions aimed to promote motor competence and its correlates [22,27,57]. Therefore, it is important to consider that each child is unique and the pace of development may vary [7,10]. Thus, promoting challenging physical activities that provoke children's engagement seem to be effective strategies to promote motor competence and executive functions in each age group throughout childhood [3,54,57].

In practical terms, the information obtained from the networks indicates that each group of children tries to adapt and self-organize their motor skills from the initial conditions presented [24,27]. The interactions among factors such as sex, age, body composition, executive function, physical activity, and physical fitness create a dynamic and adaptive system [24]. Children respond and adapt to these factors in unique ways, resulting in individual patterns of motor development and competence [3,7,24,54]. Understanding these complex interactions can help tailor interventions and supports to meet the specific needs and characteristics of each group and effectively promote their motor development throughout childhood [18,22].

The identification of distinct clusters highlights how different variables within the network interact and form interconnected groups [22,24,27]. It appears that the relationships between different variables change over time, indicating the dynamic nature of motor competence and its correlates during growth and development [7,13]. These clusters shed light on the complex interactions between different factors that influence motor development in children and can serve as a basis for planning targeted interventions and understanding the

interrelationship of these variables in promoting optimal motor competence in children [7,13,18,24].

The main strength of the present study was the approach used to explore the dynamic interactions between body composition, physical activity, physical fitness, and executive function, and to explain their intrinsic nonlinear interrelationships in a real-world context. It also provides important insights into the exploration and assessment of motor competence and correlates synergistically throughout growth and development. The method of analysis used in the study allows to assess the dynamic interactions between variables as a complex system based on measures of centrality, entropy, and clusters [24,27]. Other relevant aspects of the study is its longitudinal design that allows the identification of within-group changes over developmental time.

Despite the novelty of the present study, some limitations should be highlighted. The inclusion of the general fitness score variable may not have expressed all components; however, we were careful to include standardized scores for the child's age and sex to minimize error. The study was limited to a small sample from a specific region of Brazil, so the results should not be generalized. The inclusion of variables continuous and dichotomous could have changed the precision of the networks; however, the EBICglasso estimator was used, which is robust enough to support the sample size (small), the different nature of the variables, and variables with a non-normal distribution, without compromising the results.

Thus, it can be concluded that the dynamic interactions between different levels of motor competence and correlates are different during the growth and development process, and longitudinal research focusing on nonlinear relationships is supported in the future.

5. Conclusion

This study showed that body composition, physical activity, physical fitness, and executive function in children with low and high motor competence undergo significant changes over time. These changes are not uniform, but vary between different groups and individuals.

Nonlinear interactions between these variables in children with different levels of motor competence were observed. Age plays a central and influential role in the observed networks, suggesting that it is a critical factor to consider in interventions aimed at promoting motor and related skills. In addition, the study identified distinct clusters of relationships between variables at different time points, highlighting the complex and interrelated nature of motor development and its correlates. Physical activity and fitness also play an important role in the

development of motor skills, but their effects may be less pronounced compared to age, sex, and executive functions.

Thus, it is possible to conclude that motor competence and its correlates are considered complex systems, as they are related to several factors of different characteristics such as biological, behavioral, cognitive, psychological, and health aspects. In addition, they present a nonlinear behavior, and as a result, different network topologies emerge. In this regard, it is important to evaluate and maintain these variables as part of a complex system, especially those variables that showed small effects, since a small effect can be responsible for significant changes throughout the network.

Author Contributions

Conceptualization, E.S.P. and F.K.S.; methodology, E.S.P. and F.K.S.; formal analysis, E.SP.; writing – original draft preparation, E.S.P.; writing – review and editing, E.S.P., M.T., P.F.R.B., T.N.Q.F.G., and F.K.S. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding

This research is partially supported by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brasil (CAPES) – financial code: 001.

Informed Consent Statement

The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki and approved by Ethics Committee of Federal University of Viçosa (protocol code 1.888.177 on 10 January 2017). Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Acknowledgments

We would like to thank the study participants along with their parents, teachers, and school principals for their involvement in the study.

Declaration of Interest

The authors report no declaration of interest.

References

1. Malina, R.M. Top 10 Research Questions Related to Growth and Maturation of Relevance to Physical Activity, Performance, and Fitness. *Res Q Exerc Sport* **2014**, *85*, 157–173, doi:10.1080/02701367.2014.897592.

2. Cattuzzo, M.T.; dos Santos Henrique, R.; Ré, A.H.N.; de Oliveira, I.S.; Melo, B.M.; de Sousa Moura, M.; de Araújo, R.C.; Stodden, D. Motor Competence and Health Related Physical Fitness in Youth: A Systematic Review. *J Sci Med Sport* **2016**, *19*, 123–129, doi:10.1016/j.jsams.2014.12.004.
3. Barnett, L.M.; Webster, E.K.; Hulteen, R.M.; De Meester, A.; Valentini, N.C.; Lenoir, M.; Pesce, C.; Getchell, N.; Lopes, V.P.; Robinson, L.E.; et al. Through the Looking Glass: A Systematic Review of Longitudinal Evidence, Providing New Insight for Motor Competence and Health. *Sports Medicine* **2022**, *52*, 875–920, doi:10.1007/s40279-021-01516-8.
4. Lopes, L.; Santos, R.; Moreira, C.; Pereira, B.; Lopes, V.P. Sensitivity and Specificity of Different Measures of Adiposity to Distinguish between Low/High Motor Coordination. *J Pediatr (Rio J)* **2015**, *91*, 44–51, doi:10.1016/j.jpmed.2014.05.005.
5. Verbecque, E.; Coetzee, D.; Ferguson, G.; Smits-Engelsman, B. High Bmi and Low Muscular Fitness Predict Low Motor Competence in School-Aged Children Living in Low-Resourced Areas. *Int J Environ Res Public Health* **2021**, *18*, doi:10.3390/ijerph18157878.
6. Duncan, M.J.; Bryant, E.; Stodden, D.; Duncan, M.J.; Bryant, E.; Stodden, D.; Duncan, M.J. Low Fundamental Movement Skill Proficiency Is Associated with High BMI and Body Fatness in Girls but Not Boys Aged 6 – 11 Years Old Fatness in Girls but Not Boys Aged 6 – 11 Years Old. *J Sports Sci* **2016**, *1*, 1–7, doi:10.1080/02640414.2016.1258483.
7. Coppens, E.; Bardid, F.; Deconinck, F.J.A.; Haerens, L.; Stodden, D.; D’Hondt, E.; Lenoir, M. Developmental Change in Motor Competence: A Latent Growth Curve Analysis. *Front Physiol* **2019**, *10*, doi:10.3389/fphys.2019.01273.
8. Lopes, L.; Santos, R.; Coelho-E-Silva, M.; Draper, C.; Mota, J.; Jidovtseff, B.; Clark, C.; Schmidt, M.; Morgan, P.; Duncan, M.; et al. A Narrative Review of Motor Competence in Children and Adolescents: What We Know and What We Need to Find Out. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *15*, 18, doi:10.3390/ijerph1801.
9. Bremer, E.; Cairney, J. Fundamental Movement Skills and Health-Related Outcomes: A Narrative Review of Longitudinal and Intervention Studies Targeting Typically Developing Children. *Am J Lifestyle Med* **2018**, *12*, 148–159, doi:10.1177/1559827616640196.
10. Cook, C.J.; Howard, S.J.; Scerif, G.; Twine, R.; Kahn, K.; Norris, S.A.; Draper, C.E. Associations of Physical Activity and Gross Motor Skills with Executive Function in Preschool Children from Low-Income South African Settings. *Dev Sci* **2019**, *22*, doi:10.1111/desc.12820.
11. Webster, E.K.; Sur, I.; Stevens, A.; Robinson, L.E. Associations between Body Composition and Fundamental Motor Skill Competency in Children. *BMC Pediatr* **2021**, *21*, doi:10.1186/s12887-021-02912-9.
12. Formenti, D.; Trecroci, A.; Duca, M.; Cavaggioni, L.; D’Angelo, F.; Passi, A.; Longo, S.; Alberti, G. Differences in Inhibitory Control and Motor Fitness in Children Practicing Open and Closed Skill Sports. *Sci Rep* **2021**, *11*, doi:10.1038/s41598-021-82698-z.
13. Stodden, D.F.; Gao, Z.; Goodway, J.D.; Langendorfer, S.J. Dynamic Relationships between Motor Skill Competence and Health-Related Fitness in Youth. *Pediatr Exerc Sci* **2014**, *26*, 231–241, doi:10.1123/pes.2013-0027.

14. King-Dowling, S.; Proudfoot, N.A.; Cairney, J.; Timmons, B.W. Motor Competence, Physical Activity, and Fitness across Early Childhood. *Med Sci Sports Exerc* **2020**, *52*, 2342–2348, doi:10.1249/MSS.0000000000002388.
15. Haga, M. The Relationship between Physical Fitness and Motor Competence in Children. *Child Care Health Dev* **2008**, *34*, 329–334, doi:10.1111/j.1365-2214.2008.00814.x.
16. Fransen, J.; Deprez, D.; Pion, J.; Tallir, I.B.; D'Hondt, E.; Vaeyens, R.; Lenoir, M.; Philippaerts, R.M. Changes in Physical Fitness and Sports Participation among Children with Different Levels of Motor Competence: A 2-Year Longitudinal Study. *Pediatr Exerc Sci* **2014**, *26*, 11–21, doi:10.1123/pes.2013-0005.
17. Haga, M. Physical Fitness in Children With High Motor Competence Is Different From That in Children With Low Motor Competence. *Phys Ther* **2009**, *89*, 1089–1097, doi:10.2522/ptj.20090052.
18. Veldman, S.L.C.; Jones, R.A.; Okely, A.D. Efficacy of Gross Motor Skill Interventions in Young Children: An Updated Systematic Review. *BMJ Open Sport Exerc Med* **2016**, *2*.
19. Haapala, E.A.; Lintu, N.; Väistö, J.; Tompuri, T.; Soinen, S.; Viitasalo, A.; Eloranta, A.M.; Venäläinen, T.; Sääkslahti, A.; Laitinen, T.; et al. Longitudinal Associations of Fitness, Motor Competence, and Adiposity with Cognition. *Med Sci Sports Exerc* **2019**, *51*, 465–471, doi:10.1249/MSS.0000000000001826.
20. Estevan, I.; Menescardi, C.; García-Massó, X.; Barnett, L.M.; Molina-García, J. Profiling Children Longitudinally: A Three-Year Follow-up Study of Perceived and Actual Motor Competence and Physical Fitness. *Scand J Med Sci Sports* **2021**, *31*, 35–46, doi:10.1111/sms.13731.
21. Spanou, M.; Stavrou, N.; Dania, A.; Venetsanou, F. Children's Involvement in Different Sport Types Differentiates Their Motor Competence but Not Their Executive Functions. *Int J Environ Res Public Health* **2022**, *19*, doi:10.3390/ijerph19095646.
22. Hayes, A.M.; Andrews, L.A. A Complex Systems Approach to the Study of Change in Psychotherapy. *BMC Med* **2020**, *18*, doi:10.1186/s12916-020-01662-2.
23. Sammut-Bonnici, T. Complex Adaptive Systems. *Wiley Encyclopedia of Management* **2015**, 1–3, doi:10.1002/9781118785317.weom120209.
24. Sturmborg, J.P.; Martin, C.M. *Handbook of Systems and Complexity in Health*; Springer New York, **2013**. ISBN 9781461449980.
25. Cazorla-González, J.; García-Retortillo, S.; Gacto-Sánchez, M.; Muñoz-Castro, G.; Serrano-Ferrer, J.; Román-Viñas, B.; López-Bermejo, A.; Font-Lladó, R.; Prats-Puig, A. Effects of Crawling before Walking: Network Interactions and Longitudinal Associations in 7-Year-Old Children. *Int J Environ Res Public Health* **2022**, *19*, doi:10.3390/ijerph19095561.
26. Pereira, E. de S.; Thuany, M.; Bandeira, P.F.R.; Gomes, T.N.Q.F.; dos Santos, F.K. How Do Health, Biological, Behavioral, and Cognitive Variables Interact over Time in Children of Both Sexes? A Complex Systems Approach. *Int J Environ Res Public Health* **2023**, *20*, 2728, doi:10.3390/ijerph20032728.

27. Borsboom, D.; Deserno, M.K.; Rhemtulla, M.; Epskamp, S.; Fried, E.I.; McNally, R.J.; Robinaugh, D.J.; Perugini, M.; Dalege, J.; Costantini, G.; et al. Network Analysis of Multivariate Data in Psychological Science. *Nature Reviews Methods Primers* **2021**, *1*, doi:10.1038/s43586-021-00055-w.
28. Stewart, A.D.; Marfell-Jones, M.; Olds, T.; Al., E. International Standards for Anthropometric Assessment. *Lower Hutt, New Zealand: International Society for the Advancement of Kinanthropometry* **2011**, 1–139.
29. Lohman, T.G. Applicability of Body Composition Techniques and Constants for Children and Youths. *Exerc Sport Sci Rev.* **1986**, *14*, 325–357.
30. Ulrich, D. *Test of Gross Motor Development: Second Edition: Examiner's Manual*; 2nd ed.; Prod-Ed: Austin, TX, USA, **2000**.
31. Tudor-Locke, C.; Craig, C.L.; Beets, M.W.; Belton, S.; Cardon, G.M.; Duncan, S.; Hatano, Y.; Lubans, D.R.; Olds, T.S.; Raustorp, A.; et al. How Many Steps/Day Are Enough? For Children and Adolescents. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* **2011**, *8*, 1–14, doi:10.1186/1479-5868-8-78.
32. Adam, C.; Klissouras, V.; Ravazzolo, M.; Renson, R.; Tuxworth, W.; Kemper, HCG.; van Mechelen, W.; Hlobil, H.; Beunen, G.; Levarlet-Joye, H. *EUROFIT: European Test of Physical Fitness—Handbook*; Committee for the Development of Sport, Council of Europe: Rome, Italy, **1988**.
33. Plowman, S.; Meredith, MD. *Fitnessgram/Activitygram Reference Guide*; 4h edition.; Dallas, TX: The Cooper Institute, **2013**.
34. Gaya, A.; Gaya, A.R. Projeto Esporte Brasil: Manual de Testes e Avaliação Versão 2016. <https://www.ufrgs.br/Proesp/Arquivos/Manual-Proesp-Br-2016.Pdf> **2016**, 25.
35. AAHPERD, A.A.F.H.& D. *Physical Best: A Physical Fitness Education & Assessment Program*; The Alliance, **1988**.
36. Sedó, M.; De Paula, J.J.; Malloy-Diniz, L.F. *FDT - Teste Dos Cinco Dígitos.*; Hogrefe: São Paulo, **2015**.
37. Wechsler, D. *Escala Wechsler de Inteligência Para Crianças: WISC IV. Manual Técnico / Tradução Do Manual Original*; 4th ed.; Caso do Psicólogo: São Paulo, **2013**.
38. Lezak, M.D.; Howieson, D.B.; Bigler, E.D. *Neuropsychological Assessment*; Fifth.; Oxford University press: New York, **2012**.
39. Strauss, E.; Sherman, E.; Spreen, O. *A Compendium of Neuropsychological Tests*; 3rd ed.; Oxford University press: New York, **2006**.
40. Field, A. *Discovering Statistics Using SPSS*; **2009**; ISBN 9781847879066.
41. Epskamp, S.; Cramer, A.O.J.; Waldorp, L.J.; Schmittmann, V.D.; Borsboom, D. Qgraph: Network Visualizations of Relationships in Psychometric Data. *J Stat Softw* **2012**, *48*, doi:10.18637/jss.v048.i04.
42. Fruchterman, T.M.J.; Reingold, E.M.; Wiley, J. Graph Drawing by Force-Directed Placement. **1991**, *21*, 1129–1164.

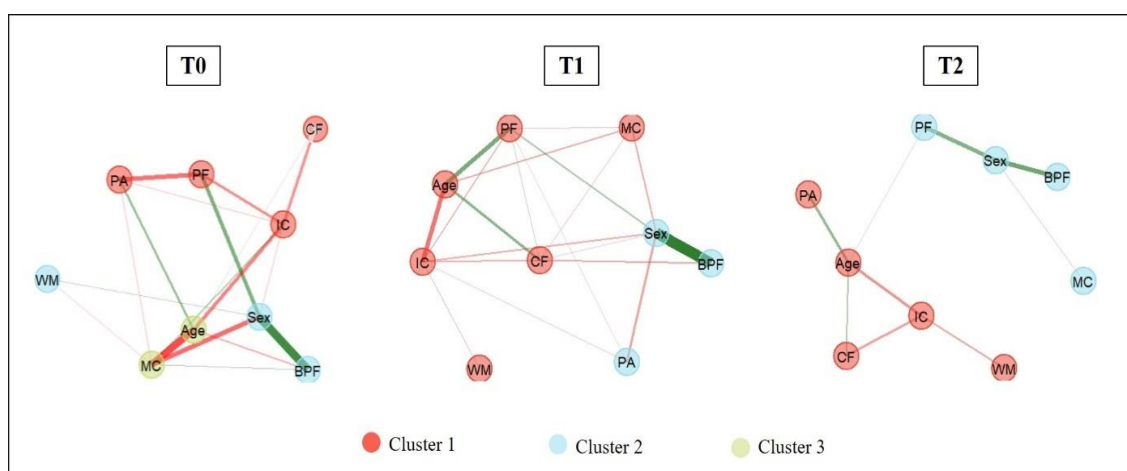
43. Chen, J.; Chen, Z. Extended Bayesian Information Criteria for Model Selection with Large Model Spaces. *Biometrika* **2008**, *95*, 759–771, doi:10.1093/biomet/asn034.
44. Foygel, R.; Drton, M. Extended Bayesian Information Criteria for Gaussian Graphical Models. **2010**.
45. Shankar, K.; Pivik, R.; Johnson, S.L.; Ommen, B. van; Demmer, E.; Murray, R. Environmental Forces That Shape Early Development: What We Know and Still Need to Know. *Curr Dev Nutr* **2018**, 1–10, doi:10.1093/cdn/nzx002.
46. D’Souza, N.J.; Kuswara, K.; Zheng, M.; Leech, R.; Downing, K.L.; Lioret, S.; Campbell, K.J.; Hesketh, K.D. A Systematic Review of Lifestyle Patterns and Their Association with Adiposity in Children Aged 5–12 Years. *Obesity Reviews* **2020**, 1–12, doi:10.1111/obr.13029.
47. Messing, S.; Rütten, A.; Abu-Omar, K.; Ungerer-Röhrich, U.; Goodwin, L.; Burlacu, I.; Gediga, G. How Can Physical Activity Be Promoted among Children and Adolescents? A Systematic Review of Reviews across Settings. *Front Public Health* **2019**, *7*, doi:10.3389/fpubh.2019.00055.
48. Haas, P.; Yang, C.-H.; Dunton, G.F. Associations Between Physical Activity Enjoyment and Age-Related Decline in Physical Activity in Children—Results From a Longitudinal Within-Person Study. *J Sport Exerc Psychol* **2021**, *43*, 205–214, doi:10.1123/jsep.2020-0156.
49. Liu, J.; Li, Y.; Zhou, T.; Lu, Y.; Sang, M.; Li, L.; Fang, C.; Hu, W.; Sun, X.; Quan, M.; et al. Relationship Between Gross Motor Skills and Inhibitory Control in Preschool Children: A Pilot Study. *Front Hum Neurosci* **2022**, *16*, doi:10.3389/fnhum.2022.848230.
50. Zhang, J.-Y.; Shen, Q.-Q.; Wang, D.-L.; Hou, J.-M.; Xia, T.; Qiu, S.; Wang, X.-Y.; Zhou, S.-B.; Yang, W.-W.; Heng, S.-Y.; et al. Physical Activity Intervention Promotes Working Memory and Motor Competence in Preschool Children. *Front Public Health* **2022**, *10*, doi:10.3389/fpubh.2022.984887.
51. Mora-Gonzalez, J.; Esteban-Cornejo, I.; Cadenas-Sanchez, C.; Migueles, J.H.; Rodriguez-Ayllon, M.; Molina-García, P.; Hillman, C.H.; Catena, A.; Pontifex, M.B.; Ortega, F.B. Fitness, Physical Activity, Working Memory, and Neuroelectric Activity in Children with Overweight/Obesity. *Scand J Med Sci Sports* **2019**, *29*, 1352–1363, doi:10.1111/sms.13456.
52. Deák, G.O.; Wiseheart, M. Cognitive Flexibility in Young Children: General or Task-Specific Capacity? *J Exp Child Psychol* **2015**, *138*, 31–53, doi:10.1016/j.jecp.2015.04.003.
53. Stad, F.E.; Wiedl, K.H.; Vogelaar, B.; Bakker, M.; Resing, W.C.M. The Role of Cognitive Flexibility in Young Children’s Potential for Learning under Dynamic Testing Conditions. *European Journal of Psychology of Education* **2019**, *34*, 123–146, doi:10.1007/s10212-018-0379-8.
54. Barnett, L.M.; Lai, S.K.; Veldman, S.L.C.; Hardy, L.L.; Cliff, D.P.; Morgan, P.J.; Zask, A.; Lubans, D.R.; Shultz, S.P.; Ridgers, N.D.; et al. Correlates of Gross Motor Competence in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* **2016**, *46*, 1663–1688, doi:10.1007/S40279-016-0495-Z.

55. Hevey, D. Network Analysis: A Brief Overview and Tutorial. *Health Psychol Behav Med* **2018**, *6*, 301–328, doi:10.1080/21642850.2018.1521283.

56. Howie, E.K.; McVeigh, J.A.; Smith, A.J.; Zabatiero, J.; Bucks, R.S.; Mori, T.A.; Beilin, L.J.; Straker, L.M. Physical Activity Trajectories from Childhood to Late Adolescence and Their Implications for Health in Young Adulthood. *Prev Med (Baltim)* **2020**, *139*, doi:10.1016/j.yjmed.2020.106224.

57. Afthentopoulou, A.-E.; Venetsanou, F.; Zounhia, A.; Petrogiannis, K. Physical Activity , Motor Competence , and Perceived Physical Competence : What Is Their Relationship in Children Aged 6 – 9 Years ? *HUMAN MOVEMENT* **2018**, *19*, 51–56, doi:10.5114/hm.2018.73612.

Supplementary material



Supplementary figure 1: Clusters in T0, T1 and T2 of the association network. Legend: BFP = body fat percentage; CF = cognitive flexibility; IC = inhibitory control; MC = motor competence; PA= physical activity; PF = physical fitness; WM = working memory.

8 CONCLUSÃO GERAL

Esta tese é o primeiro estudo a considerar as interações dinâmicas entre a competência motora e correlatos durante o processo de crescimento e desenvolvimento de crianças, a partir dos sistemas complexos. O estudo apresentou uma proposição teórica que teve como pilares a complexidade e a não-linearidade da competência motora e correlatos, elementos que devem ser considerados em futuras pesquisas que busquem investigar as interações entre a competência motora e os diferentes domínios do desenvolvimento humano de forma sinérgica.

A busca por novos olhares em termos epistemológicos tem proporcionado uma visão mais profunda dos fenômenos relacionados às interações da competência motora ao longo do tempo. Os resultados encontrados representam um avanço significativo em relação ao conhecimento já existente e possibilitam inferir que o processo de crescimento e desenvolvimento infantil é caracterizado por mudanças e transformações notáveis na vida das crianças. Dentre essas mudanças, destacam-se os esforços para compreender e esclarecer os mecanismos associados à competência motora na infância, abrangendo áreas como atividade física, indicadores de adiposidade, competência motora percebida, aptidão física e funções executivas.

Nesse sentido, ao apresentar os domínios metodológicos do estudo de delineamento longitudinal-misto da Zona da Mata – MG e descrever os resultados da linha de base, foram observadas diferenças entre os sexos para indicadores de crescimento, saúde, atividade física, aptidão física, competência motora real e percebida e funções executivas das crianças. As meninas tiveram um maior percentual de gordura e melhor desempenho no teste de flexibilidade quando comparadas aos meninos. Por outro lado, os meninos tiveram melhor desempenho na atividade física, aptidão física e função executiva (especialmente o controle inibitório). Além disso, os resultados evidenciaram uma alta prevalência de crianças com excesso de peso, inatividade física (AFMV min/dia), baixos níveis de competência motora (em meninos), o que denota uma preocupação acerca das consequências desses comportamentos ao longo da infância.

É válido salientar que os achados encontrados no artigo original 1 da presente tese (mencionado no parágrafo anterior), evidenciam a necessidade de implementação de programas que tenham como finalidade a promoção da prática de atividade física e desenvolvimento motor de crianças em diversos contextos como escolas, comunidades e bairros. Essa tratativa pode contribuir para a vivência e estímulo a prática regular de atividade física com vistas a sua permanência ao longo da infância e vida adulta. Outro ponto a ser mencionado é que os

resultados encontrados no artigo 1 referente a linha de base, são valiosos por fornecer uma visão instantânea de como as variáveis se relacionavam em um determinado momento (especificamente em 2017, ano inicial do estudo). Através dos resultados foi possível identificar associações entre variáveis, explorar as diferenças entre grupos e gerar novas ideias que foram posteriormente investigadas em estudos subsequentes. Especialmente no tocante ao sexo da criança, em virtude de apresentarem comportamentos e desempenho distintos, o que na prática pode ser necessário planejar e elaborar programas e atividades específicas consoante ao sexo da criança.

No estudo de coortes (artigo original 2), as meninas apresentaram maior composição corporal em todas as idades e tiveram melhor desempenho na flexibilidade cognitiva. Enquanto que os meninos eram mais aptos e ativos fisicamente, apresentaram melhor desempenho nas habilidades motoras de controle de objetos, e tiveram melhor resultado para o controle inibitório. Essas descobertas evidenciam a importância de os professores e educadores desenvolverem tarefas e atividades desafiadoras e estimulantes em sua prática diária, levando em consideração o nível de desenvolvimento (físico, motor e cognitivo) de cada criança. Para que isso ocorra, ao promover a atividade física, deve-se considerar as aptidões naturais, habilidades pessoais e a preferência de atividades de cada criança. Isso pode ser alcançado através da exploração de suas potencialidades por meio de atividades que envolvem cooperação, socialização e competição.

Além disso, é crucial estabelecer desafios que contribuam para o aprimoramento das habilidades motoras e cognitivas de meninos e meninas. Os resultados indicam que o sexo é um fator importante a ser considerado no planejamento de atividades, dadas as diferenças e preferências individuais. Portanto, no contexto prático, o foco deve ser o desenvolvimento motor e cognitivo, especialmente atentando para as áreas mais frágeis e buscando o aprimoramento das potencialidades de cada criança.

As análises de rede mostraram haver associações dinâmicas e não lineares entre variáveis de saúde, biológicas, comportamentais e cognitivas ao longo do tempo durante o desenvolvimento infantil (artigo original 3). Diferentes topologias de redes foram identificadas em cada coorte. Nessa perspectiva é interessante compreender que os achados demonstraram que as interações entre a competência motora e seus correlatos ocorreram distintamente entre os sexos (conforme as características individuais) e a idade das crianças. Na prática, embora seja difícil direcionar o olhar individual para cada criança, faz-se necessário a tentativa de ao menos agrupar as crianças que apresentam características, habilidades e capacidades semelhantes. Assim, ao propor tarefas e atividades práticas, sugere-se que ao intervir junto ao

grupo de crianças, respeite-se os seus interesses, gostos pessoais, o seu nível de desenvolvimento (físico, motor, cognitivo), e forneça graus de dificuldade cada vez maiores para cada etapa superada, buscando assim o pleno desenvolvimento da criança.

Outro ponto que deve ser considerado, está relacionado a sobreposição de idades em estudos longitudinais mistos, visto que tal tratativa deve ser reconsiderada, em virtude das conexões estabelecidas entre diferentes variáveis (a citar no presente estudo, atividade física, competência motora, aptidão física, indicadores de adiposidade, competência motora percebida e funções executivas), que podem influenciar o comportamento na infância. Em outras palavras, crianças com a mesma faixa etária avaliadas em diferentes períodos de tempo podem apresentar características semelhantes, o que atribui uma característica positiva para os estudos que contemplem na sobreposição de idades. Entretanto, ao analisar o grupo de crianças com características semelhantes, é possível observar que cada criança desse grupo, apresente o próprio nível de desenvolvimento motor, físico e cognitivo, e não deve ser considerado apenas em termos medianos, mas sim compreende-los de forma integrada.

A estimativa das diferenças intragrupos na composição corporal, atividade física, aptidão física e funções executivas de crianças com alta e baixa competência motora ao longo do tempo, evidenciou que a aptidão cardiorrespiratória foi a única variável que não apresentou mudanças estatisticamente significativas ao longo do tempo nos diferentes grupos. Os achados apontam que as mudanças observadas ao longo do tempo na competência motora e correlatos parecem estar de acordo com a fase de crescimento e desenvolvimento infantil, no qual as crianças estão a vivenciar transformações nos diferentes domínios (físico, biológico, cognitivo, psicológico e social). Além disso, parece haver um padrão de mudanças ao longo do tempo nas variáveis composição corporal, atividade física e quociente motor, ao considerar os grupos de alta e baixa competência motora. Uma vez que a competência motora está intrinsecamente ligada a essas variáveis é esperado que haja padrões de mudanças ao longo do tempo, dependendo do nível de competência motora das crianças envolvidas. No entanto, é importante lembrar que esses resultados podem variar consoante fatores, como a idade, sexo, estilo de vida e outros, que também precisam ser considerados em estudos futuros com análises mais detalhadas.

A análise de rede mostrou diferentes topologias de redes nos três momentos (T0, T1 e T2) em crianças com diferentes níveis de competência motora, e a idade apresentou maior relação com as variáveis investigadas. A constatação de diferentes topologias de redes nos três momentos de avaliação indica que as relações entre as variáveis investigadas são dinâmicas e que podem mudar ao longo do tempo. Isso pode refletir o desenvolvimento e as mudanças

físicas, cognitivas e na competência motora das crianças. Em outras palavras, faz-se necessário compreender que cada grupo (alta e baixa competência motora) de crianças, terá sua própria rede de associações, e que elas podem flutuar conforme os momentos de avaliação, em virtude do nível de desenvolvimento (motor, físico e cognitivo) de cada um. Essa flutuação decorre em virtude da sensibilidade das condições iniciais (em que cada criança apresenta o seu próprio nível/desempenho de competência motora, aptidão física, funções executivas, indicador de adiposidade e competência motora percebida) e, portanto, não é possível definir a priori uma variável que foi mais ou menos importante. Todas as variáveis tem a sua relevância no contexto analisado. Assim, o tipo de estímulo, atividades físicas variadas, oportunidades, recursos materiais e financeiros podem influenciar direta ou indiretamente as interações dinâmicas da competência motora e correlatos em cada momento avaliado.

Além disso, a observação de que a idade tem uma forte relação com as variáveis investigadas é importante, pois sugere que o desenvolvimento da competência motora e outras habilidades pode estar intimamente ligado à idade das crianças. Conforme elas crescem, é natural esperar mudanças nessas habilidades. E desse modo, no planejamento de intervenções que visem o desenvolvimento e aprimoramento físico, motor e cognitivo, a idade é um fator que deve ser pensado previamente, visto que à medida que as crianças envelhecem, elas adquirem uma compreensão mais sofisticada de conceitos como espaço, tempo e causa-efeito. Isso permite que elas melhorem suas habilidades motoras e a capacidade de planejar e executar movimentos complexos, sendo possível engajar-se em diferentes ambientes e tipos de atividades.

Por fim, os resultados encontrados na tese enfatizam a importância das interações dinâmicas entre competência motora e correlatos no desenvolvimento infantil, à luz dos sistemas complexos. Além disso, a ênfase na promoção da saúde e qualidade de vida das crianças e na originalidade dos *insights* fornecidos torna os resultados da pesquisa valiosos e relevantes para a comunidade acadêmica e profissionais envolvidos na área da saúde e educação infantil.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A literatura tem sido consistente ao relatar as consequências dos atrasos motores durante o processo de crescimento e desenvolvimento infantil, associados a fatores individuais, biológicos, comportamentais, cognitivos e sociais. No entanto, o que se observa é que a avaliação de como as variáveis interagem e cooperam para alcançar, ou não, melhores padrões de desenvolvimento da competência motora e seus correlatos, são em sua grande maioria: i) oriundas de pesquisas com delineamento transversais; ii) exploraram as relações entre pares de variáveis e/ou ocorriam de forma linear; iii) as investigações que analisaram as relações de forma não linear, não consideraram todas as variáveis; iv) investigaram uma única ou uma ampla faixa etária; v) não buscaram investigar se as interações ocorrem de forma semelhante ou distinta entre os sexos; e vi) além de fornecerem informações fragmentadas e parciais, impossibilitando a compreensão de como essas variáveis interagem de maneira sinérgica durante o processo de crescimento e desenvolvimento infantil.

Tal fato, leva-nos a refletir sobre a maneira como estamos olhando para o “problema”. Com frequência, concentramos nossa atenção em relações isoladas, individuais ou nas mudanças dessas variáveis ao longo do tempo, como muito bem observado no modelo proposto por Stodden e colaboradores em 2008, que forneceu suporte teórico para vários grupos de pesquisas espalhados pelo mundo acerca das interações entre a competência motora e correlatos de forma fragmentada. Na proposta de extensão ao modelo conceitual, realizada por Lima e colaboradores em 2022, os autores acrescentaram três desfechos relacionados à saúde, entretanto, as informações acerca das interações ainda parecem ser bastante fragmentadas e/ou mesmo isoladas. O conhecimento dessas informações fragmentadas evidencia uma lacuna no que se considera compreender o processo de crescimento e desenvolvimento infantil de forma sinérgica.

É aceitável afirmar que o conhecimento construído até o momento evidencia que as interações da competência motora e correlatos foram exploradas e compreendidas a partir mecanismos isolados oriundos de modelos lineares (correlações, regressões). Embora essas metodologias tenham desempenhado um papel valioso em nossa área de atuação, é fundamental reconhecer que a compreensão da sinergia entre essas variáveis e os padrões complexos que emergem quando são consideradas em conjunto não pode ser adequadamente alcançada apenas por meio de modelos lineares. Diante disso, surge a necessidade de termos um olhar mais sistêmico, integrador, que terá como meio modelos não lineares para uma melhor compreensão

do fenômeno investigado. É nesse contexto que a nossa proposição teórica acerca das interações da competência motora e correlatos, forneceu uma visão holística de como ocorrem essas interações ao longo processo de crescimento e desenvolvimento, e possibilitou através da perspectiva emergente dos sistemas complexos uma compreensão de como a competência motora influencia e é influenciada pelos correlatos ao longo processo de crescimento e desenvolvimento, o que nos pareceu uma alternativa viável e válida.

O uso da teoria dos sistemas complexos no presente trabalho, forneceu uma visão mais sinérgica dos fenômenos associados à mudança dessas relações ao longo do tempo, assim como possibilitou o entendimento do quanto essa mudança interfere no processo de crescimento e desenvolvimento infantil. Esta abordagem permitiu-nos não apenas identificar como as interações entre a competência motora, a atividade física, a competência motora percebida, os indicadores de adiposidade e as funções executivas ocorrem ao longo do tempo (momentos investigados), mas também entender como essas mudanças dinâmicas desempenham um papel crucial no desenvolvimento infantil, influenciando o potencial para o crescimento saudável, a aquisição de habilidades motoras e cognitivas e o bem-estar geral das crianças.

Nas análises de redes, as interações entre a competência motora e correlatos gerou diferentes topologias de redes, especialmente quando consideramos o sexo, a idade, as coortes e os diferentes níveis de competência motora das crianças. Cada rede emergida nos estudos que compõem a tese pode ser considerada única, inédita, e não passível de comparações, mas que podem ser empregadas no contexto prático a partir de intervenções. Através de intervenções em elementos que foram fulcrais observados nas redes, podemos obter resultados mais eficientes e rápidos com vistas a identificar atrasos motores, a inatividade física, déficits cognitivos e psicológicos como piores níveis de funções executivas e baixa competência motora percebida, e de saúde como piores indicadores de adiposidade, baixos níveis de aptidão física das crianças.

Sabe-se que aprimoramento da competência motora na infância pode, em uma análise minuciosa, ser importante para a saúde futura, uma vez que, níveis adequados de competência motora se associam a melhor aptidão física, um estilo de vida cada vez mais ativo, com maior qualidade de vida, melhor composição corporal, e bons níveis de competência motora percebida e funções executivas. Com base em nossos resultados, salientamos a necessidade de elaborar ações e estratégias que objetivem e estimulem à prática regular de atividade física, com potencial desenvolvimento e aprimoramento da competência motora e aptidão física das crianças ao longo da infância. Estimulamos e apoiamos que ir para a escola de bicicleta ou a pé, pode ser uma alternativa eficaz para a melhora nos níveis de aptidão cardiorrespiratória e

de outras componentes da aptidão física das crianças, além de incentivar os pais e/ou responsáveis para levarem seus filhos a parques, praça ou espaço ao ar livre para realizar atividade física, podem ser ações efetivas na promoção da saúde e de melhor qualidade de vida da população pediátrica.

Algumas lacunas e limitações devem ser mencionadas, a fim de contribuir para as pesquisas futuras. Primeiro, a forma como cada variável investigada na presente tese foi operacionalizada pode ser considerada uma limitação. Diferentes medidas foram utilizadas para estimar uma única variável. Por exemplo, a atividade física, foi estimada através de questionários, pedômetros e acelerômetro. Tais medidas podem representar um viés metodológico importante, dado que não foi possível empregar o uso das três medidas em todos os trabalhos da tese. Entretanto, ressaltamos que a estimativa da atividade física por diferentes medidas ocorreu em virtude de o pesquisador tentar cercar o máximo possível as informações da atividade física das crianças, uma vez que cada instrumento forneceu dados específicos (pontos, passos, intensidade) da respectiva variável. Assim, para responder os objetivos do trabalho, as diferentes medidas da atividade física foram utilizadas. Outra limitação diz respeito a natureza das variáveis, o que pode vir a ser um potencial viés metodológico. Por exemplo, o uso de valores contínuos, dicotômicos e a classificação das variáveis no mesmo estudo. Todavia, foram tomados os cuidados necessários a fim de minimizar o potencial de erros.

As lacunas da presente tese centraram-se em duas problemáticas: i) nas redes emergidas não terem sido exploradas consoante o sexo da criança, visto que o sexo foi uma variável importante no estudo de coortes; ii) a dificuldade em reportar os achados de métodos lineares e não lineares em um mesmo estudo, de modo a fazer com eles “conversem” entre si. Entendemos que para melhor compreensão das relações estabelecidas no presente estudo, outros importantes fatores são necessários, como o suporte parental, condições socioeconômicas das crianças, informações qualitativas acerca do comportamento diário das crianças poderiam ter sido exploradas. Nessa perspectiva, apoiamos que estudos futuros considerem essas limitações e lacunas para obter melhor compreensão da competência motora e correlatos durante o processo de crescimento e desenvolvimento infantil.

Por fim, dado o importante papel das interações dinâmicas da competência motora e correlatos durante o processo de crescimento e desenvolvimento, assim como o desejo de investigar as crianças em diferentes contextos (ambiente familiar, escolar e vizinhança), sugerimos que os temas abordados nessa tese, assim como outros temas relevantes ao processo de crescimento e desenvolvimento infantil saudável sejam divulgados por meio da comunidade científica e escolar, e até a gestão pública, de modo a levar essas informações a toda comunidade

local. As informações podem ser divulgadas através da mídia local, por meio de palestras, reuniões com pais, professores e alunos, assim como através das redes sociais, devido a uma maior difusão entre as pessoas, podendo chegar aos lares das crianças.

APÊNDICES

APÊNDICE A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O (A) participante _____, sob sua responsabilidade, está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa “Relação entre atividade física, competência motora, capacidades cognitivas e desempenho escolar em crianças de 3 a 12 anos”. Nesta pesquisa temos dois objetivos principais, que são: (i) Analisar a associação entre nível de atividade física, competência motora, competência motora percebida, aptidão física relacionada a saúde e obesidade em crianças de 3 a 12 anos; (ii) Analisar a associação entre nível de atividade física, cognição (funções executivas), metacognição (criatividade) e desempenho escolar em crianças de 3 a 12 anos. O motivo que nos leva a estudar esse tema é ampliar o conhecimento sobre a natureza e a extensão da relação dos fatores citados, de forma a estabelecer diretrizes para programas de iniciação esportiva e Educação Física escolar ao selecionar, desenvolver e ensinar os conteúdos. Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: a) questionário para caracterização da amostra que será dividido em dados demográficos, questões sobre as atividades esportivas realizadas no ambiente escolar e experiência esportiva formal; questionário socioeconômico; questionário de motivação; b) avaliação antropométrica por meio da estatura, peso corporal, dobras cutâneas e circunferência de cintura; c) avaliação da atividade física por meio de questionário, acelerômetros e pedômetros; d) avaliação da aptidão física por meio de testes de força, agilidade, flexibilidade e resistência cardiovascular; e) avaliação da competência global e motora percebida meio de questionários; f) a avaliação da competência motora por meio de uma bateria de testes motores que avaliam a coordenação motora grossa e as habilidades fundamentais de locomoção, controle de objetos e estabilidade; g) avaliação da criatividade motora e cognitiva por meio de testes motores e computadorizados, respectivamente; h) avaliação das capacidades cognitivas por meio de testes computadorizados, envolvendo tarefas de flexibilidade cognitiva, memória de trabalho e controle inibitório; k) avaliação do desempenho escolar por meio dos resultados das provas de Sistema de Avaliação da Educação Básica do MEC. O tempo total de aplicação de todos os testes será de aproximadamente 90 minutos por sujeito.

Os riscos envolvidos na pesquisa são mínimos, visto que não são diferentes das atividades regulares das quais o sujeito realiza na escola e nas aulas de Educação Física, como cansaço muscular e cansaço mental. O cansaço muscular é normal quando o indivíduo realiza alguma atividade física sendo que a sua recuperação não exige nenhuma forma de tratamento médico, ocorrendo de forma natural. O cansaço mental também não é diferente das exigências feitas por outras disciplinas da escola e a recuperação também acontece de forma natural. Caso ocorra algum efeito indesejado, como problemas de saúde, desconforto, tontura, ou outros, será garantida assistência e acompanhamento profissional médico aos participantes do estudo. A pesquisa contribuirá, de forma direta, para o sujeito da pesquisa, tendo em vista que será possível traçar o seu perfil em relação a sua competência motora, nível de atividade física e também alguns aspectos relacionados à sua saúde, como Índice de Massa Corporal (IMC) e

percentual de gordura, de forma a identificar o desenvolvimento do mesmo dentro de uma curva de normalidade referente à essas variáveis.

Para participar deste estudo, o voluntário sob sua responsabilidade, não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, diante de eventuais danos, identificados e comprovados, decorrentes da pesquisa, ele tem assegurado o direito à indenização. O participante tem garantida plena liberdade de recusar-se a participar ou o(a) Sr.(a) de retirar seu consentimento e interromper a participação do voluntário sob sua responsabilidade, em qualquer fase da pesquisa, sem necessidade de comunicado prévio. A participação dele (a) é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido (a) pelo pesquisador. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição e do participante quando finalizada. O (A) participante não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar. O nome ou o material que indique a participação do voluntário não serão liberados sem a sua permissão.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, no Departamento de Educação Física localizado na Universidade Federal de Viçosa e a outra será fornecida ao Sr. (a).

Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos após o término da pesquisa. Depois desse tempo, os mesmos serão destruídos.

Os pesquisadores tratarão a identidade do participante com padrões profissionais de sigilo e confidencialidade, atendendo à legislação brasileira, em especial, à Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, e utilizarão as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, contato _____, responsável pelo participante _____, autorizo sua participação e declaro que fui informado(a) dos objetivos da pesquisa “Relação entre atividade física, competência motora, capacidades cognitivas e desempenho escolar em crianças de 3 a 12 anos” de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão se assim o desejar. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas.

Pesquisador responsável:

Mariana Calábria Lopes

Endereço: Av. PH Rolfs, s/n, Campus Universitário, Viçosa - MG

Departamento de Educação Física - UFV

Tel: (31) 3899-2249 - Email: mariana.clopes@ufv.br

Em caso de discordância ou irregularidades sob o aspecto ético desta pesquisa, você poderá consultar:

CEP/UFV – Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

Universidade Federal de Viçosa
Edifício Arthur Bernardes, piso inferior. Av. PH Rolfs, s/n – Campus Universitário
Cep: 36590-000 Viçosa/MG - Telefone: (31)3899-2492
Email: cep@ufv.br. Mais informações: www.cep.ufv.br

Viçosa, _____ de _____ de 20____.

Assinatura do Responsável Legal pelo Participante

Assinatura do Pesquisador

APÊNDICE B: Questionário de Dados Demográficos e Escala De Autopercepção da Competência Motora

QUESTIONÁRIO DE DADOS DEMOGRÁFICOS

Código: _____

Nome: _____ **Sexo:** Fem Masc

Idade: _____ **Data de nascimento:** _____

Escola: _____ Pública Particular

Série /ano: _____ **Deficiência:** Sim Não - Qual: _____

Experiência esportiva formal (clube ou escolinha esportiva):

Quais esportes você já praticou (ou seja, não pratica mais) e durante quanto tempo em cada modalidade?

Esporte que já praticou	Tempo (meses)
1.	
2.	
3.	

ESCALA PICTOGRÁFICA DE AUTO-PERCEPÇÃO DA COMPETÊNCIA MOTORA

ITEM	RESPOSTA				JÁ FEZ?	
ITEM 1	1	2	3	4	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
ITEM 2	1	2	3	4	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
ITEM 3	1	2	3	4	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
ITEM 4	1	2	3	4	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
ITEM 5	1	2	3	4	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
ITEM 6	1	2	3	4	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
ITEM 7	1	2	3	4	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
ITEM 8	1	2	3	4	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
ITEM 9	1	2	3	4	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
ITEM 10	1	2	3	4	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
ITEM 11	1	2	3	4	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
ITEM 12	1	2	3	4	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não

APÊNDICE C: Ficha de Antropometria, Composição Corporal e Aptidão Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

FICHA – ANTROPOMETRIA/COMPOSIÇÃO CORPORAL/APTIDÃO FÍSICA

Nome: _____ ID Sujeito: _____

ANTROPOMETRIA/COMPOSIÇÃO CORPORAL				
Variáveis	1ª medida	2ª medida	Média	Limite de Tolerância
Altura (cm)				0.5 cm
Peso (kg)				0.5 kg
Circunferência da cintura (cm)				0.5 cm
Circunferência do quadril (cm)				0.5 cm
Circunferência do braço contraído (cm)				0.5 cm
Circunferência da perna (cm)				0.5 cm
Dobra Tricipital (mm)				2 mm
Dobra Subescapular (mm)				2 mm
Dobra Suprailíaca (mm)				2 mm
Dobra Geminal (mm)				2 mm
Diâmetro Bicôndilo-umeral (cm)				0.5 cm
Diâmetro Bicôndilo-femoral (cm)				0.5 cm

AVALIADOR (A): _____

DATA DE AVALIAÇÃO ____/____/____

APTIDÃO FÍSICA			
Testes	1ª medida	2ª medida	Melhor resultado
Preensão D (kg)			
Preensão E (kg)			
	Resultado	Re-Teste	
<i>Sit up</i> 30seg (rep)			
<i>Push up</i> (rep)			
Vai e vem 10x5 (seg)			
Salto horizontal (cm)			
<i>Sit and reach</i> (cm)			
Teste do quadrado (seg)			
Corrida/caminhada 6 minutos (m)			

DATA DE AVALIAÇÃO: ____/____/____

APÊNDICE D: Ficha de Controle da Atividade Física



Viçosa, xx de xxxx de 2017

Ref: Projeto de Atividade Física e Saúde

Prezados pais ou responsáveis,

Dando continuidade ao projeto sobre Atividade Física e Saúde, realizado pelo Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa, em conjunto com a Rebusca, gostaríamos de solicitar a colaboração de vocês para avaliar o nível de atividade física de seu filho(a).

O(a) seu/sua filho(a) está usando dois pequenos aparelhos (pedômetro e acelerômetro) para monitorizar a sua atividade física e que será utilizado durante 7 dias, 24 horas por dia. Gostaríamos de ter o seu apoio, de forma a que a criança tire os aparelhos somente quando for tomar banho ou nadar (não é à prova d'água!) e recolocá-los logo depois dessas atividades. Informamos, também, que os aparelhos irão registrar somente o número de passos e a intensidade do nível de atividade física realizado pelo seu/sua filho(a), sendo que não causa qualquer dano à integridade física ou à saúde da criança. Além disso, precisamos que anote o número registrado no visor do pedômetro na folha em anexo, todos os dias à noite, antes de tirar o aparelho da criança, para ela dormir. Para isso, é necessário abrir a tampa da frente do mesmo (ver foto abaixo do pedômetro).



(Acelerômetro)

(Pedômetro)

Para qualquer esclarecimento adicional, estaremos à disposição através dos seguintes telefones: Elenice (31 99882-6576), Profa. Fernanda dos Santos (31 99616-3077), Profa. Mariana Lopes (31 98377-4224).

Atenciosamente,

Prof. Dra. Mariana Calábria Lopes (Responsável pelo projeto na UFV)

CONTROLE PEDÔMETRO – NÚMERO DE PASSOS

Nome: _____ Turma: _____

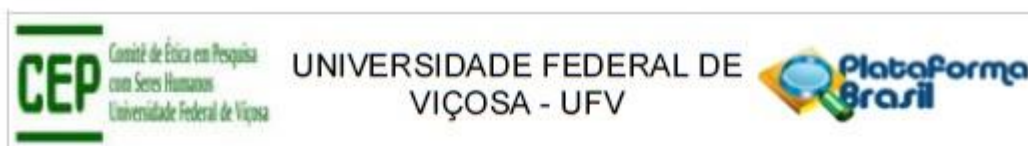
Entrega do aparelho: __/__/2017

Devolução do aparelho: __/__/2017

Dia (Data)	Hora que colocou o aparelho	Hora que retirou o aparelho	Número de passos (mostrado no visor do aparelho)
1º Dia – __/__/2017			
2º Dia – __/__/2017			
3º Dia – __/__/2017			
4º Dia – __/__/2017			
5º Dia – __/__/2017			
6º Dia – __/__/2017			
7º Dia – __/__/2017			
8º Dia – __/__/2017			

ANEXOS

ANEXO A: Parecer Ético



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Relação entre atividade física, competência motora, capacidades cognitivas e desempenho escolar em crianças de 3 a 12 anos

Pesquisador: MARIANA CALABRIA LOPES

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 62145016.8.0000.5153

Instituição Proponente: Departamento de Educação Física

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.888.177

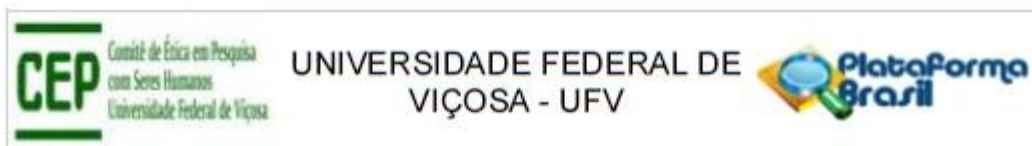
Apresentação do Projeto:

O presente protocolo foi enquadrado como pertencente à Área Temática: Ciências da Saúde

Conforme resumo apresentado no formulário online da Plataforma: A prevalência de sobrepeso e obesidade aumentou drasticamente na população mundial, nos últimos anos, inclusive na população infantil. Uma importante estratégia utilizada no combate à obesidade infantil é a promoção da atividade física (AF), que está fortemente relacionada com a competência motora da criança. Além disso, os níveis de atividade física parecem influenciar no desenvolvimento das capacidades cognitivas e no desempenho escolar do sujeito. Desta forma, o presente estudo apresenta dois objetivos principais, baseados, respectivamente, nos modelos de Stodden et al. (2008) e Tomporowski et al. (2015). O primeiro objetivo é ampliar o conhecimento sobre a natureza e a extensão da relação entre nível de AF, competência motora (atual e percebida), aptidão física e obesidade em crianças.

O segundo objetivo é analisar a associação do nível de AF, cognição, metacognição e desempenho escolar de crianças. Assim, em cada um dos objetivos, pretende-se investigar se há relação direta ou indireta, com os fatores específicos observados, estabelecendo então diretrizes para os projetos de iniciação esportiva e Educação Física escolar ao selecionar, desenvolver e ensinar os conteúdos. A amostra será composta por aproximadamente 2000 crianças de ambos os sexos,

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 1.888.177

regularmente matriculadas em escolas públicas (estaduais e municipais) e privadas de Viçosa e municípios adjacentes, na faixa etária de 3 a 12 anos. Os instrumentos utilizados serão questionários, testes motores, testes cognitivos computadorizados e medidas antropométricas (p.ex. peso, altura e dobras cutâneas). Será feito um contato com as escolas públicas e privadas, para a explicitação do método e objetivos da pesquisa e aprovação por parte da instituição. A análise dos dados será realizada por meio de procedimentos estatísticos descritivos e de inferência, a serem realizados no programa SPSS® versão 19.

Objetivo da Pesquisa:

De acordo com os pesquisadores,

Objetivo primário: Analisar a associação entre nível de atividade física, competência motora, competência motora percebida, aptidão física relacionada a saúde e obesidade em crianças de 3 a 12 anos. -Analisar a associação entre nível de atividade física, cognição, metacognição e desempenho escolar em crianças de 3 a 12 anos.

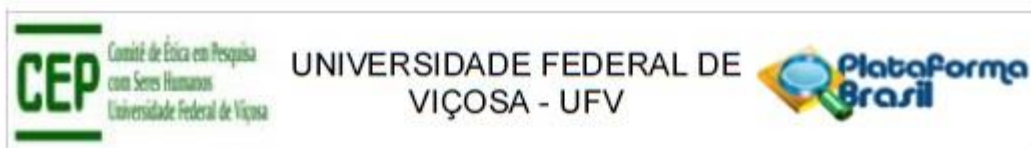
Objetivo secundário:

- Avaliar a composição corporal, a competência motora (atual e percebida), o nível de atividade física e a aptidão física de crianças de 03 a 12 anos de idade;
- Avaliar de forma transversal e longitudinal a associação entre a competência motora, competência motora percebida, aptidão física e nível de atividade física relacionada a saúde e obesidade de crianças de 03 a 12 anos de idade.
- Avaliar a cognição, a metacognição e o desempenho escolar de crianças de 03 a 12 anos de idade.
- Avaliar de forma transversal e longitudinal a associação entre nível de atividade física, cognição, metacognição e desempenho escolar em crianças de 03 a 12 anos de idade.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os pesquisadores apresentam no formulário online da Plataforma os seguintes Riscos: - constrangimento do sujeito no preenchimento dos questionários; - Cansaço físico durante os testes motores e físicos; - Cansaço mental durante os testes cognitivos (funções executivas e criatividade). O cansaço muscular é normal quando o indivíduo realiza alguma atividade física sendo que a sua recuperação não exige nenhuma forma de tratamento médico, ocorrendo de forma natural. O cansaço mental também não é diferente das exigências feitas por outras disciplinas da escola e a recuperação também acontece de forma natural. Caso ocorra algum efeito indesejado, como problemas de saúde, desconforto, tontura, ou outros, será garantida assistência e acompanhamento profissional médico aos participantes do estudo.

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 1.888.177

E os seguintes benefícios:

Os responsáveis receberão ao final da avaliação uma ficha individual com os resultados do voluntário em relação às principais variáveis analisadas relacionadas à saúde (competência motora, nível de atividade física e Índice de Massa Corporal (IMC) e percentual de gordura) de forma que possam saber se o desenvolvimento do sujeito está dentro de padrões considerados satisfatórios (normais) para sua faixa etária.

Avaliação: Os riscos e os benefícios estão descritos conforme recomendações sobre pesquisas com seres humanos baseados na Resolução 466/2012 do CNS.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O presente estudo pretende analisar a associação entre nível de atividade física, competência motora, competência motora percebida, aptidão física relacionada a saúde e obesidade em crianças de 3 a 12 anos e analisar a associação entre nível de atividade física, cognição, metacognição e desempenho escolar em crianças de 3 a 12 anos.

Para tanto, propõe-se em um estudo com crianças de ambos os sexos, regularmente matriculadas em escolas públicas (estaduais e municipais) e privadas de Viçosa e municípios adjacentes, na faixa etária de 3 a 12 anos aplicar o questionário de caracterização da amostra que envolve os dados demográficos do sujeito e experiência esportiva, o Questionário socioeconômico, onde será adotado o Questionário Critério de Classificação Econômica Brasil (CCEB) versão 2016 – elaborado pela Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa (ABEP). Para a avaliação antropométrica será realizada por meios dos seguintes procedimentos: mensuração da estatura, peso corporal, IMC, percentual de gordura e circunferência da cintura. A avaliação do nível de atividade física será realizada por meio de medidas indiretas (questionários) e diretas (acelerômetros e pedômetros). Para a avaliação da aptidão física será com a avaliação dos componentes da aptidão física relacionada à saúde (força, agilidade, flexibilidade e resistência cardiovascular) e será realizada com base em testes oriundos das baterias EUROFIT (1988), AAHPERD (1980) e Fitnessgram (Welk & Meredith, 2008; Cooper Institute for Aerobics Research, 2007) e PROESP-BR (2016). Serão utilizados os

seguintes testes: prensão manual, flexão de braços, impulsão horizontal, curl up, corrida/marcha milha, corrida/caminhada 6 minutos, sit-and-reach, corrida de vaivem e agilidade (teste do quadrado). Avaliação da competência percebida: Para avaliar a competência global percebida das crianças, será utilizada a Self Perception Profile for Children (HARTER, 1985), validada para a

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 1.888.177

população brasileira por Valentini (2010). No segundo momento, será aplicada a Escala Pictográfica de Avaliação da Competência Percebida

em Habilidades Motoras para crianças (LOPES et al., 2016). Avaliação da competência motora: A avaliação da competência motora envolverá testes de coordenação motora grossa (Körperkoordinationstest Für Kinder - KTK) (KIPHARD & SCHILLING, 1974) e das habilidades motoras fundamentais de locomoção, controle de objetos (Test of Gross Motor Development –

Second Edition (TGMD-2) desenvolvido por Ulrich (2000) e estabilidade (RUDD et al. 2015). Criatividade Motora: Escada de agilidade (MORARU et al., 2016) e Teste de Bertsch (1983). Criatividade cognitiva: Para avaliação da criatividade cognitiva utilizaremos o Teste de Criatividade Cognitiva (TTCT) proposto por Torrance (1989) e o teste de jogo situacional (Game test situation - GTS) desenvolvido por Memmert (2006). Funções executivas: será utilizada a versão proposta por Towse and Mclachlan (1999), da tarefa de Geração Aleatória de Números; teste de Stroop (DIAMOND, 2012); bateria de testes Automated Working Memory Assessment (AWMA) (DIAMOND, 2012) e tarefa de classificação de Cartões de Wisconsin (Diamond, 2012). Desempenho escolar: utilizaremos a Avaliação Nacional de Alfabetização (ANA), a Avaliação Nacional da Educação Básica e a Avaliação Nacional do Rendimento Escolar, que compõem o Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) do Ministério da Educação do Brasil. O estudo seguirá as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional em Saúde, sobre pesquisas envolvendo seres humanos (resolução 466/2012) e o Estatuto da Criança e do Adolescente, sendo que o mesmo será submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da instituição proponente (UFV). Procedimentos de coleta de dados: será feito um contato com as escolas públicas e privadas, para a explicitação do método e objetivos da pesquisa e aprovação por parte da instituição. Serão coletadas, dentro do banco de dados das escolas, as informações referentes às datas de nascimento das crianças e aplicação da bateria de testes que avaliam o rendimento das crianças nas capacidades coordenativas. Esses dados serão tabulados em uma planilha própria para a posterior análise estatística. A ordem de aplicação dos instrumentos será balanceada.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

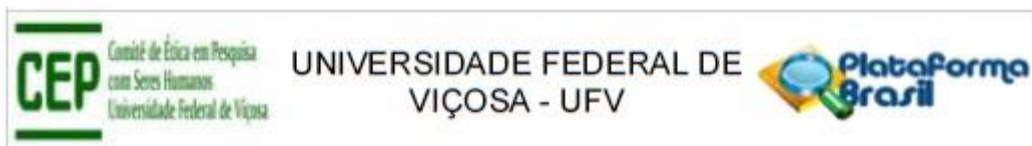
Considerações sobre os documentos apresentados pelo pesquisador:

O TCLE e o Termo de Assentimento estão de acordo com as recomendações sobre pesquisas com seres humanos, baseados na Resolução 466/12 do CNS.

Recomendações:

Quando da coleta de dados, o TCLE deve ser elaborado em duas vias, rubricado em todas as suas

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-900
UF: MG Município: VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 E-mail: cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 1.888.177

páginas e assinado, ao seu término, pelo convidado a participar da pesquisa ou responsável legal, bem como pelo pesquisador responsável, ou pessoa(s) por ele delegada(s), devendo todas as assinaturas constar na mesma folha.

Não é necessário apresentar os TCLEs assinados ao CEP/UFV. Uma via deve ser mantida em arquivo pelo pesquisador e a outra é do participante da pesquisa.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado

Considerações Finais a critério do CEP:

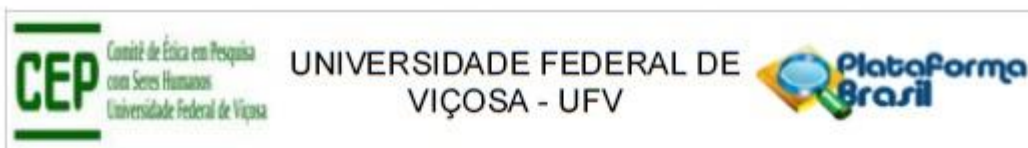
Ao término da pesquisa é necessário apresentar, via notificação, o Relatório Final (modelo disponível no site www.cep.ufv.br). Após ser emitido o Parecer Consubstanciado de aprovação do Relatório Final, deve ser encaminhado, via notificação, o Comunicado de Término dos Estudos para encerramento de todo o protocolo na Plataforma Brasil.

Projeto aprovado autorizando o início da coleta de dados com os seres humanos a partir da data de emissão deste parecer.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_814111.pdf	19/12/2016 11:26:37		Aceito
Outros	Carta_resposta_CEP.pdf	19/12/2016 11:25:51	MARIANA CALABRIA LOPES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TA_Modificado_mestrado.pdf	19/12/2016 11:25:04	MARIANA CALABRIA LOPES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Modificado_mestrado.pdf	19/12/2016 11:24:40	MARIANA CALABRIA LOPES	Aceito
Outros	Quest_motivacao.pdf	20/11/2016 21:00:02	MARIANA CALABRIA LOPES	Aceito
Outros	Quest_competencia_global_percebida.pdf	20/11/2016 20:59:30	MARIANA CALABRIA LOPES	Aceito
Outros	Escala_competencia_percebida_HMF_meninos.pdf	20/11/2016 20:58:55	MARIANA CALABRIA LOPES	Aceito
Outros	Escala_competencia_percebida_HMF_	20/11/2016	MARIANA	Aceito

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 1.888.177

Outros	meninas.pdf	20:58:27	LOPES	Aceito
Outros	Quest_Atividade_Fisica.pdf	20/11/2016 20:57:59	MARIANA CALABRIA LOPES	Aceito
Outros	Quest_socioeconomico.pdf	20/11/2016 20:57:27	MARIANA CALABRIA LOPES	Aceito
Outros	Quest_Dados_demograficos.pdf	20/11/2016 20:56:59	MARIANA CALABRIA LOPES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_CEP_mestrado_final.pdf	20/11/2016 20:56:10	MARIANA CALABRIA LOPES	Aceito
TCLE / Temos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TA_novo_mestrado.pdf	20/11/2016 20:55:50	MARIANA CALABRIA LOPES	Aceito
TCLE / Temos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Novo_mestrado.pdf	20/11/2016 20:55:39	MARIANA CALABRIA LOPES	Aceito
Folha de Rosto	Folha_rosto_CEP.pdf	20/11/2016 20:55:18	MARIANA CALABRIA LOPES	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

VICOSA, 10 de Janeiro de 2017

Assinado por:

**Maria da Conceição Aparecida Pereira Zolnier
(Coordenador)**

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
 Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-900
 UF: MG Município: VICOSA
 Telefone: (31)3899-2492 E-mail: cep@ufv.br

ANEXO B: Questionário sobre Atividade Física - Baecke

QUESTIONÁRIO SOBRE ATIVIDADE FÍSICA - Baecke

Nome: _____ ID Sujeito: _____

Data de avaliação: ____/____/____

1 - Qual é a tua principal ocupação:

2 - Na Escola, nos períodos de recreio, costuma sentar-se?

Nunca 1 Raramente 2 Algumas vezes 3 Frequentemente 4 Muito Frequentemente 5

3 - Na atividade escolar mantém-se de pé?

Nunca 1 Raramente 2 Algumas vezes 3 Frequentemente 4 Muito Frequentemente 5

4 - Desloca-se a pé da sua casa para a Escola?

Nunca 1 Raramente 2 Algumas vezes 3 Frequentemente 4 Muito Frequentemente 5

5 - Na Escola pega em cargas pesadas?

Nunca 1 Raramente 2 Algumas vezes 3 Frequentemente 4 Muito Frequentemente 5

6 - Depois do seu dia escolar sente-se cansado?

Nunca 1 Raramente 2 Algumas vezes 3 Frequentemente 4 Muito Frequentemente 5

7 - Durante o trabalho escolar diário transpira?

Nunca 1 Raramente 2 Algumas vezes 3 Frequentemente 4 Muito Frequentemente 5

8 - Em comparação com outros colegas da sua idade, pensa que a sua atividade é fisicamente...

Mais leve 1 Leve 2 Tão pesada 3 Pesada 4 Muito pesada 5

9 - Pratica algum esporte? (Não deve considerar como esporte as aulas de Educação Física. Considere "sim" apenas se for esporte praticado e organizado sob a supervisão/orientação de um professor ou treinador)

Sim Não

Se respondeu afirmativamente:

- Qual o esporte que pratica frequentemente? _____

- Quantas horas por semana?

< 1 1 1 - 2 2 2 - 3 3 3 - 4 4 > 4 5

- Quantos meses por ano?

< 1 1 1 - 3 2 4 - 6 3 7 - 9 4 > 9 5

Se pratica um segundo esporte:

- Qual é o esporte? _____

- Quantas horas por semana?

< 1 1 1 - 2 2 2 - 3 3 3 - 4 4 > 4 5

- Quantos meses por ano?

< 1 1 1 - 3 2 4 - 6 3 7 - 9 4 > 9 5

10 – Em comparação com outros colegas da sua idade, pensa que a sua atividade física, durante os tempos livres, é?

Muito Menor 1 Menor 2 Igual 3 Maior 4 Muito Maior 5

11 – Durante os tempos livres transpira?

Nunca 1 Raramente 2 Algumas vezes 3 Frequentemente 4 Muito Frequentemente 5

12- Durante os tempos livres pratica esporte?

Nunca 1 Raramente 2 Algumas vezes 3 Frequentemente 4 Muito Frequentemente 5

13- Durante os tempos livres vê televisão?

Nunca 1 Raramente 2 Algumas vezes 3 Frequentemente 4 Muito Frequentemente 5

14 – Durante os tempos livres anda a pé?

Nunca 1 Raramente 2 Algumas vezes 3 Frequentemente 4 Muito Frequentemente 5

15 – Durante os tempos livres anda de bicicleta?

Nunca 1 Raramente 2 Algumas vezes 3 Frequentemente 4 Muito Frequentemente 5

16 – Quantos minutos anda a pé por dia? (para se dirigir à Escola, local de treino, compras, etc.)

< 5 1 5 - 15 2 15 - 30 3 30 - 45 4 > 45 5

ANEXO C: Avaliação dos Critérios de Desempenho – TGMD-2

Nome: _____ ID Criança _____ Avaliador: _____

Data: ___/___/___

Código: _____

TGMD-2 Critérios de Desempenho SUBTESTE LOCOMOTOR

CORRER	1^a	2^a	Total
1- Os braços movem-se em oposição às pernas, cotovelos flexionados.			
2- Breve período quando ambos os pés estão fora do chão (vôo momentâneo).			
3- Posicionamento estreito dos pés, aterrissando nos calcanhares ou na ponta dos pés (não apoia todo o pé).			
4- A perna de balanço flexionada a aproximadamente 90° (próxima das nádegas).			
GALOPE	1^a	2^a	Total
1- Braços flexionados e mantidos ao nível da cintura no momento que os pés deixam o solo.			
2- Um passo a frente com o pé que lidera seguido por um passo com o pé que é puxado, numa posição ao lado ou atrás do pé que lidera.			
3- Breve período em que ambos os pés estão fora do chão.			
4- Mantém um padrão rítmico durante quatro galopes consecutivos.			
PULAR EM UM PÉ SÓ	1^a	2^a	Total
1- A perna de balanço oscila para frente num movimento pendular para produzir força.			
2- O pé da perna de balanço permanece atrás do corpo.			
3- Braços flexionados e movimentam-se para frente para produzir força.			
4. Levanta vôo e aterrissa por 3 saltos consecutivos com o pé preferido.			
5. Levanta vôo e aterrissa por 3 saltos consecutivos com o pé não preferido.			
SALTAR POR CIMA	1^a	2^a	Total
1. Levantar vôo com um pé e aterrissa com o pé opositor.			
2. Um período em que ambos os pés estão fora do chão, passada maior que na corrida.			
3. O braço oposto ao pé que lidera faz uma extensão a frente.			
SALTO HORIZONTAL	1^a	2^a	Total
1. Movimento preparatório inclui a flexão de ambas os joelhos com os braços estendidos atrás do corpo.			
2. Braços são estendidos com força para frente e para cima atingindo uma extensão máxima acima da cabeça.			
3. Levanta vôo e aterrissa (toca o solo) com ambos os pés simultaneamente.			
4. Os braços são trazidos para baixo durante a queda.			
DESLOCAMENTO LATERAL	1^a	2^a	Total
1. Corpo permanece lateralmente com os ombros alinhados com a linha no solo.			
2. Um passo lateral com o pé que lidera seguido por um passo lateral com o pé que acompanha num ponto próximo ao pé que lidera.			
3. Um mínimo de quatro ciclos de passadas laterais com o lado direito.			
4. Um mínimo de quatro ciclos de passadas laterais com o lado esquerdo.			
PONTUAÇÃO GERAL - SUBTESTE LOCOMOTOR			

**Crêterios de Desempenho –
SUBTESTE CONTROLE DE OBJETOS**

REBATER UMA BOLA PARADA	1^a	2^a	Total
1- A mão dominante segura o bastão acima da mão não dominante			
2- O lado não dominante do corpo é direcionado ao lançador imaginário com os p�s paralelos			
3- Rotação do quadril e ombro durante o movimento			
4- Transferência do peso do corpo para o p� da frente			
5 - O bastão toca na bola			
DRIBLE PARADO	1^a	2^a	Total
1- Contato na bola com uma mão aproximadamente no nível da cintura			
2- Empurra a bola com os dedos (não com tapas).			
3- A bola toca o solo a frente ou ao lado do p� preferido do corpo			
4- Mant�m controle da bola em quatro dribles consecutivos sem necessidade de mexer os p�s para recuperar a bola			
RECEBER	1^a	2^a	Total
1- Fase de preparação com as mãos à frente do corpo com os cotovelos flexionados			
2- Braços estendidos para alcançar a bola conforme a mesma se aproxima			
3- A bola é segura somente com as mãos			
CHUTAR	1^a	2^a	Total
1- Aproximação contínua e rápida � bola			
2- Realiza um passo alongado ou pequeno salto antes de tocar a bola			
3- P� de apoio colocado ao lado ou ligeiramente atrás da bola			
4- Chuta a bola com o peito do p� (altura do card�os) ou dedos do p� preferido			
LANÇAR POR CIMA	1^a	2^a	Total
1- Preparação do lançamento é iniciada com movimento para baixo da mão/braço			
2- Rotação da cintura e do ombro de forma que o lado contralateral ao lançamento fica de frente para a parede			
3- Peso é transferido com um passo do p� oposto ao braço de lançamento			
4- Movimento contínuo além da posição que a bola foi solta cruzando diagonalmente o corpo para o lado de lançamento			
LANÇAR POR BAIXO	1^a	2^a	Total
1- A mão que lança balança para baixo e para tr�s, chegando até atrás do tronco enquanto o tronco está de frente para a parede			
2- Passo � frente realizado com o p� oposto a mão que lança em direção ao cone			
3- Flexiona o joelho para abaixar o corpo			
4- Lança a bola próxima do chão de modo que a bola não quique mais que 10 cm de altura			
PONTUAÇÃO GERAL - SUBTESTE CONTROLE DE OBJETOS			

Fonte: ULRICH, D. (2000). *Test of gross motor development: second edition: examiner's manual* (2nd ed.). Prod-Ed.

ANEXO D: Escala Pictográfica de Avaliação da Competência Percebida em Habilidades Motoras para Crianças

ESCALA PICTOGRÁFICA DE AVALIAÇÃO DA COMPETÊNCIA PERCEBIDA EM HABILIDADES MOTORAS PARA CRIANÇAS

Versão portuguesa da escala desenvolvida por Lisa Barnett, Nicole Ridgers, Avigdor Zask e Jo Salmon na Universidade de Deakin, Austrália, traduzida e validada para português por Vítor P. Lopes e Celina Gonçalves do Instituto Politécnico de Bragança e por Linda Saraiva e Luís P. Rodrigues do Instituto Politécnico de Viana do Castelo



A utilização da escala Pictográfica de Competência Percebida em Habilidades Motoras para Crianças em qualquer formato (isto é, utilizando este folheto impresso ou a versão App, quer utilizando apenas uma habilidade ou todas as habilidades) deve ser acompanhada pelo seguinte agradecimento:

"A Escala Pictográfica de Competência Percebida em Habilidades Motoras para Crianças" foi desenvolvida por Lisa Barnett, Nicole Ridgers, Avigdor Zask e Jo Salmon na Universidade de Deakin, Austrália [citação: Lisa M. Barnett, Nicole D. Ridgers, Avigdor Zask, and Jo Salmon, 'Face Validity and Reliability of a Pictorial Instrument for Assessing Fundamental Movement Skill Perceived Competence in Young Children', *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18 (2015), 96-102]. O conceito de "Competência Motora Percebida nas Crianças" e formulação oral em cada item foi adaptada de "The Pictorial Scale of Perceived Competence and Acceptance for Young Children" de Susan Harter e Robin G. Pike, 1980.

A presente versão foi traduzida e validada para português por Vítor P. Lopes e Celina Gonçalves do Instituto Politécnico de Bragança e por Linda Saraiva e Luís P. Rodrigues do Instituto Politécnico de Viana do Castelo [citação: Lopes, V. P., Barnett, L. M., Saraiva, L., Gonçalves, C., Bowe, S. J., Abbott, G., & Rodrigues, L. R. (2016)]. Validity and reliability of a pictorial instrument for assessing perceived motor competence in Portuguese children. *Child Care Health and Development*. doi:10.1111/cch.12359].

Fonte: LOPES, V. P.; BARNETT, L. M.; SARAIVA, L.; et al. Validity and reliability of a pictorial instrument for assessing perceived motor competence in Portuguese children. *Child: Care, Health and Development*, v. 42, n. 5, p. 666–674, 2016.

Fluência Verbal Semântica Alternada				
Anírnas		Frutas		Alternada (Animal, Fruta)
Correto:		Correto:		Correto:
Erro:		Erro:		Erro:
Repetição:		Repetição:		Repetição:
				Pares corretos:
Dígitos WISC-IV				
Ordem Direta			Ordem Inversa	
	Pontuação (0 ou 1)		Ex. 8-2 5-6	Pontuação (0 ou 1)
1.	2-9 4-6		1. 2-1 1-3	
2.	3-8-6 6-1-2		2. 3-5 6-4	
3.	3-4-1-7 6-1-5-8		3. 5-7-4 2-5-9	
4.	8-4-2-3-9 5-2-1-8-6		4. 7-2-9-6 8-4-9-3	
5.	3-8-9-1-7-4 7-9-6-4-8-3		5. 4-1-3-5-7 9-7-8-5-2	
6.	5-1-7-4-2-3-8 9-8-5-2-1-6-3		6. 1-6-5-2-9-8 3-6-7-1-9-4	
7.	1-8-4-5-9-7-6-3 2-9-7-6-3-1-5-4		7. 8-5-9-2-3-4-6 4-5-7-9-2-8-1	
8.	5-3-8-7-1-2-4-6-9 4-2-6-9-1-7-8-3-5		8. 6-9-1-7-3-2-5-8 3-1-7-9-5-4-8-2	
Acertos		Acertos		
Span (Alcance)		Span (Alcance)		
Acerto x Span		Acerto x Span		
Teste de Desempenho Escolar				
Pontuação		Classificação MG		
SNAP-Pontuação TDAH e TOD				
Desatenção (soma de 1 a 9)				
Hiperatividade-Impulsividade (soma de 10 a 18)				
Oposição Desafiante (soma de 19 a 26)				

ANEXO F: Formato Final do Artigo Original 2



International Journal of
*Environmental Research
and Public Health*



Article

How Do Health, Biological, Behavioral, and Cognitive Variables Interact over Time in Children of Both Sexes? A Complex Systems Approach

Elenice de Sousa Pereira ^{1,*}, Mabliny Thuany ², Paulo Felipe Ribeiro Bandeira ^{3,4},
Thayse Natacha Q. E. Gomes ^{5,6,7} and Fernanda Karina dos Santos ¹

¹ Department of Physical Education, Federal University of Viçosa, Viçosa 36570-900, MG, Brazil

² Faculty of Sports, University of Porto, 4200-450 Porto, Portugal

³ Department of Physical Education, Regional University of Cariri—URCA, Crato 63105-000, CE, Brazil

⁴ Federal University of Vale do São Francisco—UNIVASF, Petrolina 48902-300, PE, Brazil

⁵ Department of Physical Education, Federal University of Sergipe, São Cristóvão 49100-000, SE, Brazil

⁶ Department of Physical Education and Sport Sciences, University of Limerick, V94 T9PX Limerick, Ireland

⁷ Physical Activity for Health Cluster, Health Research Institute, University of Limerick, V94 T9PX Limerick, Ireland

* Correspondence: elenice.sousa@ufv.br

Abstract: The present study examined gender differences in health, physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function indicators in three time points, and analyzed the dynamic and non-linear association between health, biological, behavioral, and cognitive variables in children followed over time. A total of 67 children (aged between six and 10 years) were followed during two years and split into two cohorts (six to eight years old: C1; eight to 10 years old: C2). Data regarding health, physical activity, real and perceived motor competence, physical fitness, and executive function indicators were obtained according to their respective protocols. Comparison tests and network analysis were estimated. Significant gender differences were found in both cohorts. The emerged networks indicated different topologies in both cohorts. No clusters were observed between the variables in C1, and there was a greater number of interactions at eight years of age. Sparse networks were observed in children aged eight and 10 years in C2, and greater connectivity was observed at nine years of age between health, physical fitness, motor competence, and physical activity indicators. This study showed that there are non-linear dynamic relationships between health, biological, behavioral, and cognitive variables over time during child development.

Keywords: growth and development; fundamental motor skills; physical activity; health; cognition; complex systems; childhood



Citation: Pereira, E.d.S.; Thuany, M.; Bandeira, P.F.R.; Gomes, T.N.Q.F.; dos Santos, F.K. How Do Health, Biological, Behavioral, and Cognitive Variables Interact over Time in Children of Both Sexes? A Complex Systems Approach. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2023**, *20*, 2728. <https://doi.org/10.3390/ijerph20032728>

Academic Editor: Paul B. Tchounwou

Received: 12 December 2022

Revised: 30 January 2023

Accepted: 1 February 2023

Published: 3 February 2023



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Children not only undergo changes in physical/biological aspects during the growth and development processes, but also in cognitive, social, and behavioral aspects, which can echo throughout life [1,2]. Physical activity stands out among the variables associated with these changes, and involves a wide range of movements considered essential for independence and interaction with the environment, such as functionality, performance, leisure, and well-being [1,3]. The interaction between movement activities and the environment favors performing motor skills, as well as the underlying mechanisms (motor control and coordination) referred to in the literature as motor competence [4–8], which has been highlighted as important for an active and healthy lifestyle with relevance to child growth and development [9–11].

In addition to physical activity and motor competence, body composition [12], perceived motor competence [13], physical fitness [14], and executive functions [15,16] have been identified as important factors for children's health. In this context, Bremer and

Cariney [17] synthesized the literature that examined the impact of movement skills in five health areas (physical activity, physical fitness, body composition, self-perception, and executive functioning), and the results highlight that there is evidence that movement ability can have a positive influence on broad health domains, both over developmental time and through interventions. Similar results were reported in other studies [5,12,18]; however, given the complexity, the mechanisms by which all these variables interact and cooperate to generate healthy movement and behavior patterns in children still seem to be unknown, especially when it comes to different age groups.

There are many studies that have paid attention to understanding the factors (biological, behavioral, and cognitive) associated with human growth and development in both genders [12,16,19]. A general point in common among the works that investigated the relationships between physical activity, real and perceived motor competence, physical fitness, executive function, and health indicators in children is to point out the differences between the genders [20,21], in addition to considering that these relationships are established linearly [13], disregarding dynamic and non-linear synergistic interactions between variables. In this perspective, cross-sectional studies [22,23] have shown that there are non-linear relationships between movement behavior variables, fundamental motor skills, and screen time in preschoolers (as far as we know, studies that have explored the same relationships in children aged six to 10 are still unknown). On the other hand, longitudinal studies, which can describe in depth the changes resulting from the growth and development process and allow the observation of the non-linear interactions between health, biological, behavioral, and cognitive variables, are scarce especially in second childhood [24]. For example, Cazorla-González et al. [24] explored the impact of crawling before walking on a network of interactions between body composition, cardiovascular system, lung function, motor competence, and physical fitness in children seven years old and evaluated the longitudinal association between the studied variables. The authors observed that the group that crawled before walking presented more links among all the variables studied compared to the group that did not crawl. In this sense, new investigations (cross-sectional, longitudinal, and intervention) are needed to try to fill to this gap.

Since human behavior presents emergent properties as a result of the interaction between different variables [25,26], the use of dynamic systems and complex systems theory can help to better understand the phenomena of change and clarify how behavior (of a given and/or a set of variables) changes over time [27]. Furthermore, the system itself has an intrinsic tendency to create certain patterns [27], which can result in different network configurations and provide useful information about the specific role of components within an integrated network [28]. Thus, the relationship between health, physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function indicators can be better understood through network science [25], rather than just being examined by an analysis of associations separately, as in comparison analyses, which, notwithstanding their relevance, do not allow a deeper understanding about the interactions between multiple variables. Assuming that these variables are mutually related during childhood, and the interactions between them are complex, and that different patterns of networks can emerge, understanding how interactions occur over time can provide relevant answers to existing gaps on the subject [29,30]. In addition, understanding these emerging network patterns can provide insights for future interventions in the most sensitive variables or set of variables in the system. The main objective of this study was to analyze, through network analysis, the dynamic and non-linear association between health, biological, behavioral, and cognitive variables in children monitored over time, and as a secondary objective, to estimate the gender differences in health, physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function indicators in three moments.

2. Materials and Methods

2.1. Ethics Declaration

This study was conducted in accordance with the guidelines of the Declaration of Helsinki and all procedures were approved by the Ethics Committee in Research involving human beings of the Federal University of Viçosa, under process number 1.888.177.

2.2. Study Design and Participants

This longitudinal study is part of the research project “Relationship between Physical Activity, Motor Competence, Cognitive Skills and School Performance in Children and Adolescents from three to 12 years old”. The participants were monitored over time and evaluated at three different times one year apart (3 evaluations over 3 years). Thus, the first evaluation (baseline, T0) was performed between February/March and July/August 2017, followed by an evaluation in 2018 (T1), and another in 2019 (T2). Children of both genders aged between six and 10 years, regularly enrolled between the first and fifth grades of the elementary school in the only public elementary school in the city of Santo Antônio do Gramma, Minas Gerais, Brazil, were sampled. In the last census, the municipality had a demographic density of 31.37 inhabitants/km² and an average population of 4.085 inhabitants [31].

A total of 113 children were enrolled in the first and third years of an elementary school in the baseline. Of this total, only 89 children agreed to participate in the study. Of the 89 children invited to participate in the study, 22 were excluded (not having complete data in the three moments). A total of 67 healthy school-aged children (41 boys and 26 girls; six to 10 years old) were included in a longitudinal cohort study. The children (N = 36) from cohort 1 started the study at the age of six years and completed it at the age of eight years in the last year of assessment (T2). The children (N = 31) from cohort 2 started the study at the age of eight years and completed the research at the age of 10 years. Subjects were recruited from the same school.

The inclusion criteria were: (1) children between six and 10 years of age; enrolled at their first and third grades of elementary school; (2) being regularly enrolled in school; (3) voluntarily agreeing to participate by the Informed Consent Form signed by the legal guardians; and (4) not presenting with physical and/or cognitive disability. Exclusion criteria were: (1) not having information on all the variables analyzed for the three years of evaluation.

2.3. Instruments and Procedures

2.3.1. Health Indicators

Waist-to-height ratio (WHtR) and body fat percentage (BFP) were included as health indicators. WHtR was obtained by dividing waist circumference (cm) by height (cm). Height was measured using a portable stadiometer (Sanny[®], Brazil), and waist circumference was taken at the narrowest point between the lower costal margin and the iliac crest with a measuring tape (Sanny[®], Brazil) with a precision of 0.1 cm [32]. The BFP was calculated from the triceps and subscapular skinfolds [33], and measured using an adipometer (Mitutoyo, BGF308, Cescor[®]).

2.3.2. Physical Activity

Physical activity was measured by applying a questionnaire and using pedometers. Baecke’s questionnaire on habitual physical activity [34] was applied to children through direct interviews by the evaluators. The questionnaire consists of 16 questions that are distributed in three different sections and aims to establish estimates of the habitual physical activity level of children. The answers are coded on a five-point Likert scale, except for questions 1 and 9. Scores are obtained based on the answers to the questions grouped in each of the sections equivalent to: occupational physical activity (practices physical activity at school/job); sporting physical activity (related to sports, and physical exercise);

and leisure (occupation of free time), in addition to estimating the total score of habitual physical activity, with the latter being considered in the analysis.

The children used pedometers (Yamax, Digi-Walker, SW 200) for eight consecutive days, including two weekend days, attached to their waist in the right mid-axillary line. They were instructed to wear step monitors during their waking time and should only remove them for water activities such as showering and swimming. The children's legal guardians received a diary for using the monitor, in which they should write down the time the device was put on, taken off, and the number of steps recorded on the device's display daily. The children should have used the device with records of the number of steps on at least four days of the week, one of which should be on the weekend, to be considered "eligible" to compose the study sample [35]. The average value of the number of steps was considered in the analysis.

2.3.3. Motor Competence

Motor competence was determined by the Gross Motor Development Test-2 (TGMD-2) [36], consisting of six locomotion skills (running, leaping, hopping, horizontal jump, galloping and sliding) and six object control skills (catching, throwing, kicking, hitting, dribbling, and rolling). Each skill was described and demonstrated once by the evaluator, followed by two tests performed by the child, according to the protocol for administering the TGMD-2 [36]. Video footage of each skill has been edited into single movie clips. In the analysis, each skill was performed twice, and each attempt was scored on the skill criteria as either successful (value 1) or unsuccessful (value 0). The scores from the two trials were added together to obtain a raw score for each skill. Scores for all skills were summed (total skill score range 0–96, locomotor 0–48, object control 0–48). Two evaluators were qualified and trained for the analysis of each of the skills. The inter-rater reliability in locomotion and object control skills was 0.75 and 0.98, respectively.

2.3.4. Physical Fitness

Physical fitness was estimated by evaluating different components (handgrip strength, speed, agility, lower limb strength, upper limb strength, abdominal resistance, flexibility, and cardiorespiratory fitness) from different protocols (EUROFIT, FITNESSGRAM, AAHPERD, and PROESP-BR).

Handgrip strength: measured with a digital dynamometer (JAMAR[®], model 5030, J1). The child should be in a standing position using their dominant hand, arm extended and slightly away from the body, and should press the device with maximum force at the evaluator's command. The same procedure was performed with the non-dominant hand. Two attempts were recorded for each hand, with the highest value being recorded. The average of the best results of each hand (dominant and non-dominant) was used to compose the analysis [37].

Speed: estimated by the Shuttle run 10 × 5 test. Two parallel lines, five meters apart from each other, were drawn. The children had to run as fast as possible between one line and another, crossing it ten times. At the end of the last lap, the time (in seconds) of each child was recorded [37].

Agility: based on the square test, which consists of walking a delimited course of four × four meters as quickly as possible. The time (in seconds) spent on the test by the child was computed [37].

Abdominal muscular resistance: measured by the curl-up test [38]. The child started in the dorsal decubitus position with their hands positioned behind their neck, knees flexed (approximately 90 degrees), feet flat on the ground, and they should return to the sitting position, taking their elbows forward to touch their knees. The child should perform the highest number of repetitions possible in 30 s.

Upper limb strength: estimated from the push-up test [38]. The child started in the ventral decubitus position, keeping their elbows extended, hands resting on the floor and in line with their shoulders, and they should perform as many flexions as possible at

approximately 90° degrees and elbow extensions for as long as they could perform the movement correctly.

Lower limb strength: evaluated from the horizontal jump test. The children were initially positioned behind the starting line with their feet parallel to the ground, and they performed a horizontal jump as far as possible, allowing the movement of arms and torso. The child should finish executing the movement with both feet on the ground and without losing balance. The distance was recorded between the starting line and the closest point of contact with the ground to this line. Two attempts were recorded, with the average value considered in the analysis [39].

Flexibility: evaluated by the sit and reach test [40]. The child started by sitting on the floor with their legs extended, without shoes, and should reach the maximum distance possible they could on a wooden bench (Wells bench) with both hands by flexing their trunk. Two trials were computed, and the mean value of both trials was used in the analysis.

Cardiorespiratory fitness: measured from the six-minute running and walking test [39]. The test consists of running and/or walking for six minutes on a defined course (18 × 9 m). The result was determined by the final distance (in meters), considering two decimal places. The raw value of the distance was considered in the analysis.

2.3.5. Perceived Motor Competence

The Pictographic Assessment Scale of Perceived Motor Skills Competence for Children [41] was used to determine perceived motor competence. It consists of 12 pictographic tasks (six tasks related to locomotion skills and six related to object control skills), in which perception in each skill is evaluated from one to four points (four points represent high perception). The perception evaluation process for each skill uses a double and dichotomous process (meaning the child should first point to which of the images best represents them: the picture of a child who is competent in a skill or another child who is not so competent in a skill). Then, in line with the previous choice (competent or not), the children must again choose between two options: for the competent child (four points are assigned for 'really good at' or three points for 'very good at') and for the child who is not as competent ('good at' is awarded two points or 'not so good'—one point). The total score of the scale can range from 12 to 48 points. Higher values denote greater perceived motor competence.

2.3.6. Executive Functions

Central executive functions were assessed, including inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility.

Inhibitory control: The Five Digits Test (FDT) was used to measure inhibitory control [42]. The FDT is a numerical neuropsychological task used to assess the Stroop effect, divided into four components (reading, counting, choosing, and changing). The first two components encompass measures of automatic attention and processing speed. The third component involves a selective attention test (inhibitory control), being estimated in time (seconds). The last component focuses on executive attention (or top-down attentional control). The raw score of the third component, which refers to inhibitory control, was used in the analysis. Higher scores indicate worse performance [42].

Working memory: the Digits test (subtest of the Wechsler Intelligence Scale for Children—Fourth Edition—WISC IV) [43] was used to assess working memory. The test consists of reproducing eight sequences of digits in two basic orders: (i) direct order (example of a sequence, 1-4-8); and (ii) reverse order (example of a sequence, 8-4-1). The participant has two attempts in both sortings, and there is a gradual increase in the number of digits for each sequence. Higher scores indicate better performance.

Cognitive flexibility: the Alternating Semantic Verbal Fluency test was employed to assess cognitive flexibility [44,45]. The verbal fluency task consists of producing the largest number of semantic words in the Animals and Fruits categories in 60 s. The number of words produced correctly, incorrectly, and corrected were computed. The test

evaluates information processing speed and requires a focused search in memory (executive functioning). Higher scores indicate better test performance.

2.4. Data Collection Procedures

First, the signatures of the Informed Consent Term were collected from the children's legal representatives. Next, the data collection dynamics began, which took place in two moments (for all years and/or evaluation time). Evaluations of health, physical fitness, real and perceived motor competence, executive function, and physical activity (questionnaire) indicators took place in the first moment. All information was collected during the period of one week (in both shifts—morning and afternoon), on the school premises. In the second moment, the children were asked to use the pedometer to estimate their physical activity. It took 30 days to obtain physical activity data. There was a 12-month interval between assessments for the collection of longitudinal data. The collection of information was carried out by a team of researchers (professors, undergraduate, and Master's students at the Federal University of Viçosa), trained to carry out the procedures.

2.5. Statistical Procedures

Descriptive information was presented as mean and standard deviation, median and interquartile range. The normality of the variables was analyzed using the Shapiro–Wilk test. Student's *t*-test of independence and Mann–Whitney U test were used to compare gender differences for health, physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function indicators, according to each cohort. The effect sizes (ES) of the parametric comparisons were computed following the established cutoff points (up to 0.4 small; 0.5 to 0.8 medium; greater than 0.8 large) [46]. Statistical significance was adopted with $p < 0.05$. Analyses were performed using the SPSS version 22 for Windows program (IBM SPSS, Inc., Chicago, IL, USA).

Network analysis was used to assess the association between physical activity, physical fitness components, real and perceived motor competence, and executive function considering gender, WHtR, and BFP for each age within the analyzed cohorts. A network is a collection of nodes and edges, where the nodes represent different variables, and the edges indicate connections between two or more nodes [47]. For example, health indicators, physical fitness components, real and perceived motor competence, and executive functions (inhibitory control, cognitive flexibility, and working memory) represented the nodes in the present study, and the positive and negative relationships between these nodes are the edges. Thus, the role of each variable (node) in the network can be better understood from centrality measures, which are generally used to identify critical areas of the network that can be optimized through intervention processes [47].

Centrality indicators (betweenness, strength, and expected influence) were also reported. Variables with higher betweenness values are more sensitive to change and can act as a hub, connecting other pairs of variables in the network. In other words, betweenness values quantify how often a node is part of the shortest path between all other pairs of nodes connected to the network. The strength indicator is essential for understanding which variables present the most robust connections in the network pattern. Finally, the expected influence is a measure of centrality that takes into account the signal of the weights of the edges—indicating the most influential variables in the network, meaning it provides inference about how influential the nodes are: positive values indicate that the nodes “turn on” the network (i.e., have a positive influence on other nodes), while negative values indicate that the nodes “turn off” the network (i.e., have a negative influence on other nodes). Centrality values were calculated as standardized *z*-scores to allow comparison between networks.

The components of a system under study are directly influenced depending on how the network is set up, in the same way that the multiple nature of complex systems makes it difficult to identify the “cause” of why factors (different or similar) can lead to different results, depending on the context and history of the individual [26].

The Fruchterman–Reingold algorithm was used. Data were presented in the relative space of the network in which the variables with stronger associations remained together and the less strongly associated variables were repelled from each other [48]. The “random fields of pair-wise Markov” model was used to improve the network accuracy, which was estimated by the “L1” algorithm (regularized neighborhood regression). The regulation was estimated by a less complete selection and contraction operator (Lasso) that has the purpose of controlling the sparse network, and the Extended Bayesian Information Criterion (EBIC) was used [49]. The hyperparameter (γ) determines how much EBIC selects sparse models, and therefore the hyperparameter was set to 0.25 (range 0 to 0.50), which is a more parsimonious value in exploratory networks [50]. Furthermore, the network analysis uses regularized absolute minimum contraction and selection operator (LASSO) algorithms in obtaining the precision matrix (weight matrix). The network is a graphical representation that includes variables (nodes) and relationships (edges/lines). Positive relationships are expressed by the blue color and negative relationships are expressed by the red color in the network. The thickness and intensity of the edge indicate the magnitude of the associations [51]. The RStudio software version 4.2.1 program (R Core Team, Vienna, Austria, 2022) and qgraph and ggplot2 packages were used to generate the networks.

3. Results

Descriptive information and results of gender comparisons are shown in Table 1. First, 16 girls and 20 boys were evaluated in cohort 1 (Table 1). It was observed that the girls had higher BFG values in the three evaluation moments (T0, $t_{34} = 5.07$, $p < 0.001$; T1, $U = 5.28$, $p < 0.001$; T2, $U = 67.00$, $p = 0.002$). Girls had higher values (steps) for physical activity measured by pedometer than boys in T1, but there was no statistically significant difference. Significant differences were found at T2, in which boys obtained a greater number of steps ($t_{34} = -3.52$, $p < 0.001$). It was observed that boys had a relatively higher score regarding physical activity obtained through the questionnaire (points) compared to girls for the evaluation moments T0 ($t_{34} = -2.17$, $p = 0.037$) and T1 ($t_{34} = -2.60$, $p = 0.010$). Boys showed higher results for physical fitness components compared to girls for abdominal resistance component at T0 ($t_{34} = -2.17$, $p = 0.036$); speed at T1 ($t_{34} = 2.67$, $p = 0.010$); and agility at T2 ($U = 87.00$, $p = 0.020$). Boys also had higher scores than girls regarding motor competence on object control skills in moments T1 ($t_{34} = -2.79$, $p = 0.011$) and T2 ($t_{34} = -2.32$, $p = 0.026$).

The sample in cohort 2 consisted of 10 girls and 21 boys (Table 2). Similarly to cohort 1, girls had the highest BFP values in the three evaluation moments (T0, $t_{29} = 2.83$, $p = 0.008$; T1, $U = 23.00$, $p < 0.001$; and T2, $U = 45.00$, $p = 0.010$) when compared to boys. In turn, boys had higher scores on physical activity (questionnaire) at T0 ($t_{29} = -2.26$, $p = 0.031$) relative to girls. Regarding physical fitness components, girls showed better results for the flexibility component in the three evaluation moments; however, results were statistically significant in T0 ($t_{29} = 2.05$, $p = 0.049$). Boys showed better results when compared to girls for the components: abdominal resistance at T0 ($t_{29} = -2.32$, $p = 0.027$) and T1 ($t_{29} = -2.17$, $p = 0.038$); upper limb strength at T2 ($U = 49.00$, $p = 0.017$); speed at T1 ($t_{29} = 2.48$, $p = 0.019$); agility at T0 ($t_{29} = 2.97$, $p = 0.006$) and T2 ($t_{29} = 3.15$, $p = 0.004$); and cardiorespiratory fitness at T0 ($t_{29} = -2.22$, $p = 0.034$). Boys had higher scores for motor competence on object control skills at T1 ($U = 49.50$, $p = 0.017$) and T2 ($t_{29} = -2.31$, $p = 0.028$). Furthermore, boys had higher scores at all times for perceived motor competence, being statistically significant at T1 ($t_{29} = -2.55$, $p = 0.016$). For executive functions, boys had better levels of inhibitory control at T0 ($t_{29} = 2.19$, $p = 0.036$) when compared to girls. In contrast, girls were better than boys in cognitive flexibility at all times, being statistically significant in T1 ($t_{29} = 2.13$, $p = 0.042$).

The topology of the networks of the first cohort is represented in Figure 1. It can be seen that the relationships between variables are arranged differently for each age over time, and a greater number of interactions is observed at eight years of age. No clusters were found between variables at six and seven years old, while health and physical fitness indicators are directly related at eight years old.

Table 1. Descriptive information and results for the comparison tests for cohort 1.

Variables	Cohort 1 (Girls = 16; Boys = 20)											
	T0				T1				T2			
	Girls	Boys	t/U	p	Girls	Boys	t/U	p	Girls	Boys	t/U	p
Age (years)	6.31 ± 0.18	6.39 ± 0.97	−0.93 ^a	0.356 ^c	7.36 ± 0.18	7.44 ± 0.27	−1.01 ^a	0.317 ^c	8.35 ± 0.18	8.45 ± 0.30	−1.14 ^a	0.261 ^c
Health Indicators												
WHR	0.44 ± 0.02	0.45 ± 0.02	−1.34 ^a	0.187 ^d	0.44 ± 0.03	0.44 ± 0.03	−0.28 ^a	0.782 ^c	0.44 ± 0.04	0.45 ± 0.03	−0.33 ^a	0.744 ^c
BFP (%)	21.31 ± 4.48	13.82 ± 4.34	5.07 ^a	<0.001 ^e	22.16 (6.07)	12.22 (6.87)	5.28 ^b	<0.001 ^e	23.19 (10.31)	12.10 (5.55)	67.00 ^b	0.002
Physical Activity												
Steps	6376.43 ± 2838.16	6916.57 ± 3154.33	−0.53 ^a	0.597 ^c	10,322.04 ± 3855.51	8988.12 ± 3044.24	1.16 ^a	0.254 ^c	5996.43 ± 2473.21	10,330.91 ± 3154.33	−3.52 ^a	<0.001 ^e
Score	7.38 ± 0.89	8.15 ± 1.16	−2.17 ^a	0.037 ^d	7.67 ± 0.89	8.77 ± 1.48	−2.60 ^a	0.010 ^e	7.83 ± 1.18	8.60 ± 1.35	−1.79 ^a	0.082 ^d
Physical Fitness												
Hand grip strength (kg)	9.42 ± 2.10	10.76 ± 2.57	−1.68 ^a	0.102 ^d	11.62 ± 2.17	11.40 ± 3.46	0.22 ^a	0.822 ^c	12.03 ± 2.32	13.85 ± 4.43	−1.48 ^a	0.148 ^d
Abdominal resistance (rep)	8.43 ± 5.07	11.90 ± 4.45	−2.17 ^a	0.036 ^d	12.50 (6.50)	14.00 (3.75)	114.50 ^b	0.149	13.50 (6.25)	16.00 (6.25)	132.50 ^b	0.386
Upper limb strength (rep)	2.50 (4.75)	4.10 (7.50)	125.50 ^b	0.276	3.50 (10.00)	3.00 (7.25)	157.50 ^b	0.937	3.50 (8.25)	4.50 (8.00)	128.00 ^b	0.249
Speed (sec)	24.84 (14.01)	25.09 (13.83)	143.00 ^b	0.604	25.29 ± 1.48	23.78 ± 1.81	2.67 ^a	0.010 ^e	24.22 ± 1.49	23.71 ± 1.67	0.94 ^a	0.354 ^c
Lower limb strength (cm)	98.50 (29.43)	95.75 (34.00)	154.00 ^b	0.863	105.41 (22.65)	119.17 (29.63)	107.50 ^b	0.095	112.21 ± 15.68	118.29 ± 17.14	−1.09 ^a	0.280 ^c
Flexibility (cm)	28.55 ± 5.32	25.26 ± 6.93	1.56 ^a	0.126 ^d	27.60 ± 6.78	23.62 ± 7.40	1.66 ^a	0.103 ^d	27.28 ± 6.70	23.78 ± 7.71	1.43 ^a	0.160 ^c
Agility (sec)	8.68 ± 0.62	8.59 ± 0.72	0.37 ^a	0.707 ^c	8.14 (1.18)	7.84 (0.79)	101.00 ^b	0.062	7.70 (0.75)	7.21 (0.49)	87.00 ^b	0.020
Cardiorespiratory fitness (m)	805.43 ± 141.08	859.56 ± 135.69	−1.16 ^a	0.253 ^c	820.44 ± 114.05	846.27 ± 100.93	−0.72 ^a	0.483 ^c	778.01 ± 143.15	846.31 ± 146.36	−1.40 ^a	0.169 ^c
Motor Competence												
Locomotion skill (pts)	35.56 ± 6.12	35.37 ± 4.44	0.10 ^a	0.916 ^c	39.12 ± 4.50	38.25 ± 4.29	0.59 ^a	0.558 ^c	40.62 ± 4.12	40.00 ± 3.32	0.50 ^a	0.618 ^c
Object control skill (pts)	25.18 ± 6.43	27.52 ± 5.56	−1.16 ^a	0.251 ^c	29.81 ± 5.10	34.05 ± 4.01	−2.79 ^a	0.011 ^e	36.18 ± 3.35	38.85 ± 3.45	−2.32 ^a	0.026 ^e
Perceived Motor Competence												
Pictographic Scale (pts)	44.50 (8.75)	43.50 (8.75)	131.50 ^b	0.369	41.50 (10.25)	42.50 (9.75)	126.50 ^b	0.290	41.00 (10.25)	37.50 (11.75)	128.00 ^b	0.320
Executive Function												
Inhibitory control (sec)	78.00 (32.25)	71.50 (39.50)	120.00 ^b	0.211	57.50 (26.50)	54.00 (12.50)	114.00 ^b	0.149	45.00 (18.75)	45.00 (21.25)	149.50 ^b	0.741
Cognitive flexibility (pts)	3.00 (2.00)	3.00 (1.71)	135.50 ^b	0.440	4.43 ± 1.71	3.70 ± 1.41	1.41 ^a	0.166 ^c	5.00 (1.75)	5.00 (2.75)	156.50 ^b	0.912
Working memory (pts)	22.00 (4.00)	24.00 (4.25)	159.00 ^b	0.987	20.00 (4.00)	22.00 (18.00)	155.50 ^b	0.888	32.50 (11.00)	30.00 (20.00)	143.00 ^b	0.604

Legend: WHR—waist-to-height ratio; BFP—body fat percentage; ^a t—independence t test; ^b U—U of Mann-Whitney; ^c small effect; ^d medium effect; ^e large effect; bold value—*p* < 0.05.

Table 2. Descriptive information and results for the comparison tests for cohort 2.

Variables	Cohort 2 (Girls = 10; Boys = 21)											
	T0		t/U	p	T1		t/U	p	T2		t/U	p
Girls	Boys	Girls			Boys	Girls			Boys			
Age (years)	8.29 ± 0.31	8.19 ± 0.29	0.84 ^a	0.407 ^c	9.32 ± 0.33	9.21 ± 0.29	0.85 ^a	0.400 ^c	10.31 ± 0.32	10.21 ± 0.29	0.87 ^a	0.387 ^c
Health Indicators												
WHR	0.46 (0.07)	0.43 (0.06)	92.50 ^b	0.603	0.47 (0.09)	0.43 (0.09)	86.50 ^b	0.441	0.45 (0.11)	0.43 (0.09)	92.50 ^b	0.603
BFP (%)	25.12 ± 7.63	16.61 ± 7.90	2.83 ^a	0.008^c	29.30 (14.82)	13.10 (12.73)	23.00 ^b	<0.001	22.63 (15.49)	13.69 (14.91)	45.00 ^b	0.010
Physical Activity												
Steps	8204.40 ± 4558.85	9179.80 ± 4908.90	-0.52 ^a	0.601 ^c	10,089.92 ± 4516.06	11,580.15 ± 4620.80	-0.84 ^a	0.405 ^c	10,264.82 ± 4302.01	11,315.41 ± 5836.02	-0.50 ^a	0.617 ^c
Score	7.80 ± 1.33	8.68 ± 0.83	-2.26 ^a	0.031^c	8.07 ± 1.03	8.96 ± 1.18	-2.02 ^a	0.052 ^c	8.19 ± 1.04	8.49 ± 1.18	-0.69 ^a	0.491 ^c
Physical Fitness												
Hand grip strength (kg)	12.00 ± 2.57	12.82 ± 2.67	-0.80 ^a	0.426 ^c	14.45 ± 2.94	16.50 ± 3.70	0.65 ^a	0.137 ^d	16.95 ± 3.13	17.59 ± 3.65	-0.47 ^a	0.636 ^c
Abdominal resistance (rep)	7.10 ± 5.38	12.00 ± 5.54	-2.32 ^a	0.027^c	10.40 ± 4.40	14.28 ± 4.75	-2.17 ^a	0.038^c	12.10 ± 4.28	14.66 ± 5.42	-1.31 ^a	0.200 ^d
Upper limb strength (rep)	4.00 (7.25)	6.00 (7.50)	85.00 ^b	0.416	2.50 (6.25)	5.00 (7.00)	69.00 ^b	0.135	1.50 (4.50)	9.00 (8.00)	49.00 ^b	0.017
Spnhibeentibud (sec)	23.94 (1.05)	23.58 (0.95)	65.00 ^b	0.096	23.97 ± 1.60	22.80 ± 0.99	2.48 ^a	0.019^c	23.51 ± 1.33	22.82 ± 1.61	1.16 ^a	0.253 ^c
Lower limb strength (cm)	103.49 ± 12.67	115.78 ± 19.05	-1.84 ^a	0.075 ^d	112.00 ± 17.76	124.84 ± 21.35	-1.64 ^a	0.111 ^d	120.29 ± 11.69	127.11 ± 21.31	-0.94 ^a	0.354 ^c
Flexibility (cm)	29.23 ± 3.93	25.71 ± 4.67	2.05 ^a	0.049^c	25.81 ± 5.50	24.45 ± 5.52	0.63 ^a	0.529 ^c	27.31 ± 5.29	25.99 ± 6.23	1.88 ^a	0.069 ^c
Agility (sec)	8.21 ± 0.60	7.56 ± 0.55	2.97 ^a	0.006^c	7.36 ± 0.52	7.32 ± 0.42	0.21 ^a	0.830 ^c	7.39 ± 0.43	6.86 ± 0.44	3.15 ^a	0.004^c
Cardiorespiratory fitness (m)	812.75 ± 68.66	891.91 ± 101.69	-2.22 ^a	0.034^c	839.09 ± 120.14	911.00 ± 95.84	-1.80 ^a	0.082 ^d	857.93 ± 67.37	899.02 ± 98.27	-1.19 ^a	0.243 ^c
Motor Competence												
Locomotion skill (pts)	36.25 (8.63)	36.50 (7.25)	101.50 ^b	0.884	39.50 ± 4.74	41.19 ± 2.96	-1.21 ^a	0.233 ^c	42.00 ± 2.70	42.61 ± 2.53	-0.62 ^a	0.539 ^c
Perceived Motor Competence	27.00 ± 5.03	29.40 ± 4.02	-1.43 ^a	0.162 ^d	36.00 (6.50)	39.00 (4.00)	49.50 ^b	0.017	38.20 ± 2.57	42.04 ± 4.91	-2.31 ^a	0.028^c
Executive Function												
Pictographic Scale (pts)	36.10 ± 5.40	39.80 ± 4.94	-1.89 ^a	0.068 ^d	36.10 ± 4.45	40.23 ± 4.10	-2.55 ^a	0.016^c	36.50 ± 4.35	37.95 ± 4.00	-0.91 ^a	0.366 ^c
Inhibitory control (sec)	53.50 ± 9.92	45.76 ± 8.79	2.19 ^a	0.036^c	41.00 ± 5.24	37.00 ± 5.33	1.61 ^a	0.118 ^d	37.00 (11.00)	35.00 (9.50)	98.00 ^b	0.787
Cognitive flexibility (pts)	5.00 (2.25)	4.00 (2.00)	72.00 ^b	0.173	6.60 ± 1.83	5.23 ± 1.57	2.13 ^a	0.042^c	6.80 ± 1.47	5.80 ± 2.15	1.30 ^a	0.202 ^d
Working memory (pts)	22.00 (6.75)	24.00 (10.00)	102.50 ^b	0.917	24.00 (8.25)	24.00 (15.00)	95.00 ^b	0.693	32.50 (12.25)	35.00 (18.00)	87.50 ^b	0.466

Legend: WHR—waist-to-height ratio; BFP—body fat percentage; ^a t—independence t test; ^b U—U of Mann-Whitney; ^c small effect; ^d medium effect; ^e large effect; bold value—p < 0.05.

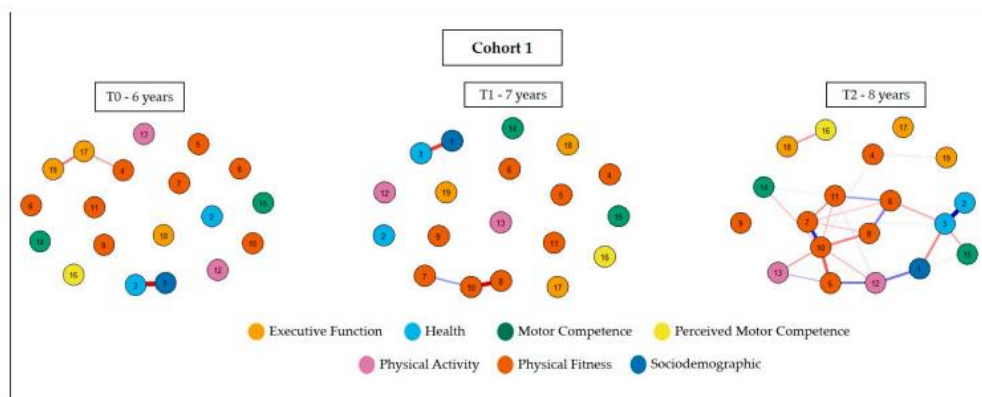


Figure 1. Network of associations between physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function, considering the sex and health variables of cohort 1. Legend: 1 = sex; 2 = WHtR; 3 = BFP; 4 = hand grip strength; 5 = abdominal resistance; 6 = upper limb strength; 7 = velocity; 8 = lower limb strength; 9 = flexibility; 10 = agility; 11 = cardiorespiratory fitness; 12 = physical activity (steps); 13 = physical activity (score); 14 = locomotion skill; 15 = object control skill; 16 = perceived motor competence; 17 = inhibitory control; 18 = cognitive flexibility; and 19 = working memory.

Centrality indicators reflect the relative roles of each variable in the network. The centrality indicators of cohort 1 are presented in Figure 2. It is noteworthy that for the strength indicator, the variables: gender, BFP, inhibitory control, and working memory in the six-year-old network; gender, BFP, lower limb strength, and agility in the seven-year-old network; and BFP, speed, agility, and physical activity (number of steps) for the eight-year-old network were higher, being the variables with more robust connections in the pattern of each network. The variables: inhibitory control in the six-year-old network, agility in the seven-year-old network; BFP, upper limb strength, and agility in the eight-year-old network showed the highest betweenness values. It was observed that speed at seven years old, and WHtR and physical activity (number of steps) were the main variables at eight years old regarding the expected influence (meaning they had the highest values).

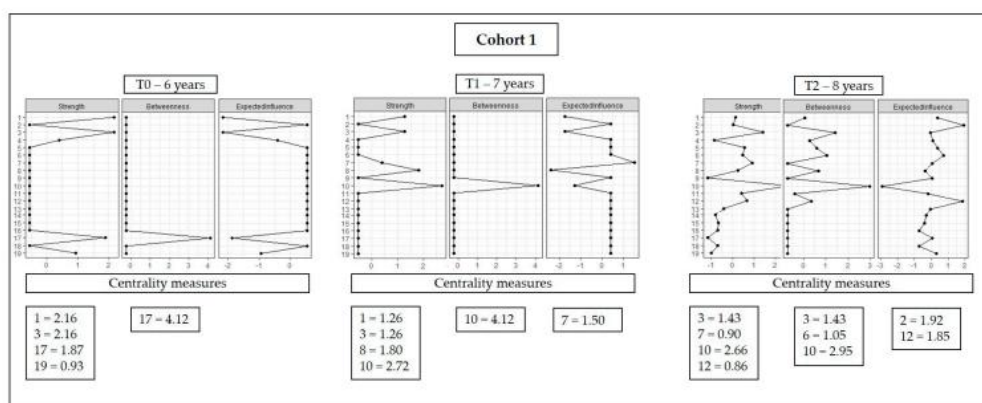


Figure 2. Graphical representation of the centrality indicators of cohort 1.

The networks for cohort 2 are shown in Figure 3. A sparse configuration is observed at eight and 10 years. There was a greater proximity between health, physical fitness, real motor competence, and physical activity indicators at nine years old. Weak relationships can be observed between sociodemographic characteristics and perceived motor competence.

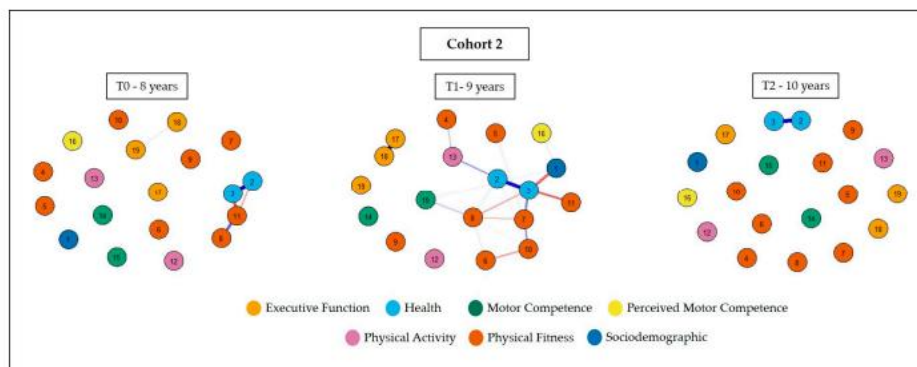


Figure 3. Network of associations between physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function, considering the sex and health variables of cohort 2. Legend: 1 = sex; 2 = WHtR; 3 = BFP; 4 = hand grip strength; 5 = abdominal resistance; 6 = upper limb strength; 7 = velocity; 8 = lower limb strength; 9 = flexibility; 10 = agility; 11 = cardiorespiratory fitness; 12 = physical activity (steps); 13 = physical activity (score); 14 = locomotion skill; 15 = object control skill; 16 = perceived motor competence; 17 = inhibitory control; 18 = cognitive flexibility; and 19 = working memory.

Figure 4 shows the centrality indicators for cohort 2. WHtR and BFP showed the highest values for strength at ages eight, nine and 10, while BFP and cardiorespiratory fitness, and BFP and speed showed the highest values for network connection at eight and nine years old, respectively; there were no betweenness values for the ten-year-old network. It was also observed that the WHtR and lower limb strength variables had the highest values regarding the expected influence indicator in the eight-year-old network; the WHtR, physical activity (points), inhibitory control, and cognitive flexibility variables were the highest in the nine-year-old network; and the WHtR and BFP variables showed higher values in the ten-year-old network.

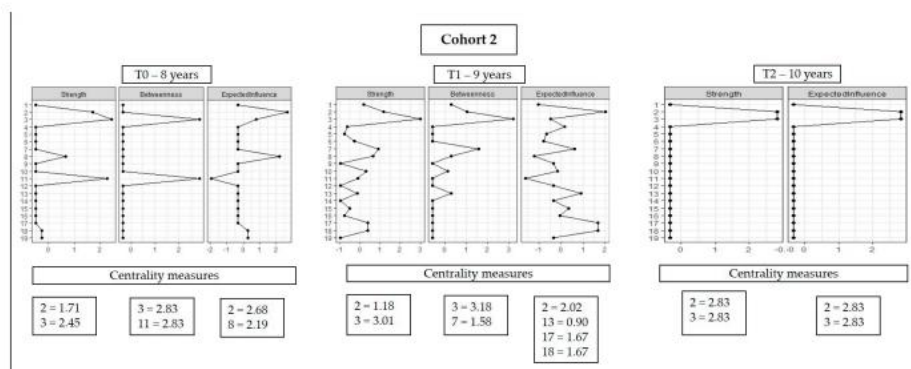


Figure 4. Graphical representation of the centrality indicators of cohort 2.

4. Discussion

The study had the main objective to analyze the dynamic and non-linear association through network analysis between health, biological, behavioral, and cognitive variables in children monitored over time, and as a secondary objective, to estimate the gender differences in health, physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function indicators in three moments.

Results indicated that boys achieved better results for physical fitness, physical activity, and motor competence compared to girls in both evaluation moments (T0 to T2), in both cohorts. Girls had higher values for BFP at all assessment times in both cohorts, and had better results for flexibility and cognitive flexibility ability in the second cohort. The network analysis results indicated different configurations for each age group. Few interactions were observed at six and seven years in cohort 1, and greater interactions between the variables of health, physical activity, real motor competence, and physical fitness at eight years of age. More sparse networks were observed at eight and 10 years of age in cohort 2, and at nine years of age there was a greater interaction between health indicators, motor competence, physical fitness, and physical activity.

Gender differences in physical and motor activities are reported in studies conducted in different countries/cultures [13,20,21,52,53] reporting that boys tend to score higher than girls in a variety of physical and motor tasks [21,54]. Differences between the ages and cohorts analyzed were observed in the present study. Girls had higher BFP values at all ages in both cohorts when compared to boys. These findings in the first cohort may be due to differences in physical activity, nutrition or metabolism, such as the production of the hormone leptin, which may favor an early accumulation of fat in girls, as reported in previous studies [55,56]. Processes related to growth, differences in physical fitness, as well as sexual dimorphism in fat patterning may have occurred in the second cohort [57], as girls showed greater subcutaneous adiposity, which is mainly contributed by the skin fold of the triceps. However, it is highlighted that the findings are worrying due to the possible negative implications for health, and the morbidities (hypertension, diabetes, cardiovascular diseases, development of atherosclerosis, among others) associated with accumulating body fat can compromise the whole development of the child [12,53].

Physical activity behavior (number of steps and questionnaire score) varied between genders according to evaluation times and the studied cohorts. The differences between genders for physical activity were accentuated in younger children, as observed in the literature [13,58], which shows that boys tend to be involved in a greater range of activities than girls of the same age group [52] due to factors such as parental influence and physical activity practice [59]. On the other hand, physical activity behavior did not differ significantly between genders among older children (cohort 2); however, boys had relatively higher values than girls. Such results may be related to self-efficacy (confidence in the ability to be active in specific situations), type of habitual physical activity, unstructured physical activity, and/or active participation in the physical education classes that children were involved in [3]. In addition, the observed results can be attributed to the characteristics of each cohort, in which the learning conditions, the context in which children are involved, and even the age group in which they started the study may have provided this scenario, given that younger children tend to present a more active profile as opposed to older ones.

The results of physical fitness in the present study point to better performance of boys. Boys are encouraged from an early age to participate in more vigorous activities involving greater physical contact, as well as team activities, and outdoor games/play that can contribute to improvements in physical fitness [53,60,61]. In contrast, girls tend to engage in more static, collaborative, and domestic activities, which result in low-intensity activities [61]. Thus, activity patterns and selection throughout childhood are established, which reaffirm higher physical fitness levels among boys [53,62]. However, it is worth mentioning that other factors in recent years such as high exposure to screens (smartphones, tablets, computers, television, etc.), public insecurity, and a lack of leisure spaces can directly impact children's physical fitness and lifestyle [63].

The motor proficiency of locomotor skills in both genders showed similar values. These results are partly in contrast to the literature, in which there is a tendency for girls to be better in locomotor skills compared to boys [9,52]. However, it is noteworthy that the results are positive for locomotor skills and may contribute to better health trajectories in both genders [30]. On the other hand, boys performed better on object control skills than girls in both cohorts. These findings corroborate previous evidence that observed similar results for object control skills [4,52], in addition to the existence of a relationship between object control skills and physical activity in boys. Evidence supports that girls need other stimuli to guide the practice of physical activity (for example, systematic activities and sports programs) to improve their motor competence, especially manipulative skills [21]. In summary, it is emphasized that boys and girls should be permanently encouraged to get involved in varied activities that stimulate the development and improvement of motor competence [5,64].

Additionally, evidence supports that perceived motor competence changes substantially throughout childhood [29]. Boys had higher perceived motor competence values observed in the second cohort in the present study. This result seems to be in line with previous studies [13,65], which show that the tendency as children get older is to align their perception of motor competence with actual motor competence, which seems to be in line with the real motor competence of the boys (both in locomotor skills and object control), which showed good levels. These findings have positive implications for the developmental trajectories of children to keep them engaged in activities that are challenging, and thus contribute to the adoption of a healthy lifestyle [5,8].

Performance on executive function tasks was different for age and gender. It was observed that younger children (cohort 1) do not differ in terms of gender in their executive functions. Previous research has pointed out that the full development of executive functions seems to occur with greater intensity in early childhood or preschool [66,67], and there is a stabilization of cognitive processes during late childhood, but its assessment is still relevant. In addition, executive functions are positively influenced by physical activity and physical fitness [68], which may be related to improved neural connection, structural and functional brain outcomes, neurogenesis, and release of neurotrophic factors [69]. Boys in the second cohort showed better results for inhibitory control, similar to previous studies [70]. A hypothesis for this difference within the sample may point to the cognitive demand of the task performed, in which boys were quicker to answer the test questions. Inhibition tasks such as reaction time and response accuracy are critical in the developmental process [66], and children with low inhibitory control have difficulty developing responses and paying attention [71], which can negatively impact academic learning and focus on physical and motor activities [15]. Girls showed better results for cognitive flexibility, where potential factors such as differences in motivation, effort, approaches to schoolwork and learning styles, parental expectations, and encouragement may have favored girls [72].

New possibilities for interpreting the associations between health, biological, behavioral, and cognitive variables arise with network analysis. The most robust relationships (which indicate the greatest strength of the network, meaning relationships that were strongly connected with other nodes) in cohort 1 were observed at eight years of age (T2). Based on the topology of the network, a greater commitment to physical activity practice in this phase of life is suggested, aiming at significant contributions to the development of physical fitness [14,73]. It was also observed that physical fitness, specifically the upper limb strength and agility components, together with BFP, acted as a hub in the network at the age of eight due to the greater connectivity with other nodes (variables). Thus, focusing on developing physical fitness [73] may be the best path in future interventions given the connectivity with other health outcomes [20,61].

The WHtR and physical activity variables showed higher expected influence values. From a theoretical perspective, this centrality indicator denotes that these variables are very influential, and better results can generate a positive change in the observed network patterns. From a practical perspective, attention to these variables can shape and plan a

given intervention [3,74], meaning that the focus should be on minimizing WHtR values and encouraging children to practice various activities. Given this, the focus on promoting physical activity in this age group is extremely important, as behaviors established during childhood can be perpetuated in adolescence and adult life [74,75]. In addition, WHtR is an indicator of cardiometabolic risk associated with cardiovascular disease, hypertension, and hypercholesterolemia [53]; thus, attention should be paid to this health indicator, especially in childhood.

Cazorla-González et al. [24] recently verified the impact of crawling before walking on network interactions between body composition, cardiovascular system, lung function, motor competence, and physical fitness at seven years of age. The retrospective case-control longitudinal study observed that crawling before walking during child development was a possible modulator in the interaction of networks between body systems at seven years of age, and this skill improved throughout the children's developmental phase [24]. In general, it was observed that there were greater interactions between physical activity, physical fitness, and health indicators in the present study in cohort 1, but these interactions were different at six (T0), seven (T1), and eight (T2) years of age. However, it is noteworthy that connections with executive functions, real and perceived motor competence, were also observed, but to a lesser extent. Thus, it is assumed that these different interactions may be associated with characteristics resulting from the growth and development process, with direct implications for learning and improving the physical, motor, and cognitive skills of children [16,17,75].

Health indicators showed the greatest strength in all analyzed networks in the second cohort. These findings reinforce the importance of monitoring health indicators (WHtR and BFP) in children. Evidence supports that increased WHtR and BFP indices in childhood tend to perpetuate during adolescence and adulthood [53] and have harmful effects on health and well-being [76]. The greatest interactions were observed between health, physical fitness, physical activity, motor competence, and executive function indicators in the nine-year-old (T1) network. These results may have important practical implications, especially due to the positive association with health and cognitive variables [75]. Encouraging the regular practice of physical activity (whether aerobic, muscle strengthening, or bone strengthening) at this stage of life should be a priority, at least three times a week and 60 min a day [77]. Similar to cohort 1, BFP and cardiorespiratory fitness had high betweenness values. Above all, offering conditions for active practices such as outdoor play, games, structured activities, and active leisure, which enable children to develop and improve their physical fitness levels, can positively impact body adiposity over time [62,73]. Furthermore, WHtR, physical activity, and executive functions (inhibitory control and cognitive flexibility) should not be left out in future interventions as they are very influential variables in the network.

Although the second cohort showed few interactions between investigated variables at eight (T0) years of age, it is noteworthy that the network pattern that emerged was completely different from that observed at eight (T2) years of age in the first cohort. As far as is known, individual characteristics may have contributed to this difference in age overlap; in addition, different activities (or lack thereof) in the after-school shift in both cohorts may have also cooperated with the differences [78]. Even though it is not the focus of the study, the observed results showed that special attention should be given to overlapping ages in future mixed longitudinal studies. Furthermore, few interactions were observed at age 10 (T2). A possible explanation is given to the pre-adolescent period, in which young people's behaviors change, with reductions in the practice of physical activity associated with a loss of interest in these activities, as well as other adoption of prosocial behavior, making new friendships, etc. [18].

The present study demonstrated different network topologies throughout childhood. These results allow us to infer that the mechanisms behind growth and development are complex, dynamic, and influenced by factors such as time, as children from both cohorts started the research at different ages, and individual (physical and cognitive) and

environmental factors should be considered in each age group [26,30]. Thus, integrating several dynamic systems on time scales is not an easy task, and it is even more challenging to be able to investigate this integration during child's growth and development. This is an important challenge because it opens the door to examining different connections and emerging patterns, as observed in this study. Thus, understanding the complex dynamics through which systems interact over time during childhood makes it possible to create individual and collective interventions (if that is the purpose) which help guide children toward positive health outcomes and developmental trajectories. In summary, most studies used a linear approach when dealing with data, so the comparison of the results observed in this study with other studies was not possible. However, a comprehensive understanding of the investigated phenomena was sought.

The study strengths include direct measures of health, physical activity, physical fitness, motor competence, and executive function indicators; it is a longitudinal study, and it comprises a wide age range—six to 10 years old; it employed the use of complex data analysis—network science; to the best of our knowledge, this is the first study to analyze the dynamic and non-linear association between health, physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function variables in children over time from a network perspective.

On the other hand, some limitations are highlighted. The larger the sample size, the more stable and accurate the networks are estimated [47]. Thus, the study was limited to a small sample from a specific region of Brazil, and therefore the results should not be generalized. The number of components (variables) in the network system may have changed the accuracy of the networks; however, it is worth highlighting the importance of evaluating different variables associated with human behavior. The differences observed between genders for health, physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function indicators possibly influenced the interactions observed in networks; however, gender was included (node) in the configuration of networks.

Thus, it seems clear to us that growth and development patterns are different in relation to the specific period that is analyzed and that more longitudinal research focusing on non-linear relationships can be developed in the future. In addition, information about parental behaviors, socioeconomic status, and peer interactions should be considered in future studies.

5. Conclusions

The present study showed non-linear dynamic relationships between health, physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, and executive function indicators observed in different network configurations throughout childhood, and identified gender differences for the investigated variables. The relevance of the results indicates that the interactions between the system components can impact children's development, especially when sociodemographic variables (such as age and gender) are considered. A detailed analysis of network configurations is supported to encourage interventions aimed at promoting physical activity, physical fitness, real and perceived motor competence, executive function, and health indicators of children throughout childhood, with attention to the age at which they presented few interactions.

In addition, the overlapping of ages in mixed-longitudinal studies (although it was not the purpose of the present study) should be reconsidered given the connections established between different variables, directly influencing behavior in childhood. Thus, the present study adds important information to the literature regarding the non-linear, dynamic, and complex relationship between health, biological, behavioral, and cognitive variables of child growth and development over time.

Author Contributions: Conceptualization, E.d.S.P. and F.K.d.S.; methodology, E.d.S.P. and F.K.d.S.; formal analysis, E.d.S.P.; writing—original draft preparation, E.d.S.P.; writing—review and editing, E.d.S.P., M.T., P.F.R.B., T.N.Q.F.G. and F.K.d.S. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research is partially supported by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brasil (CAPES)—financial code: 001, and Paulo Felipe Ribeiro Bandeira—BPI-Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico—Research Productivity Grant 04-2022.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and approved by the Ethics Committee of Federal University of Viçosa (protocol code 1.888.177 and date of approval on 10 January 2017).

Informed Consent Statement: The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and approved by Ethics Committee of Federal University of Viçosa (protocol code 1.888.177 on 10 January 2017). Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: Due to ethics concerns, the data is available upon request to first author.

Acknowledgments: The authors appreciate all contributors and participants of this research.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Malina, R.M.; Katzmarzyk, P.T. Physical Activity and Fitness in an International Growth Standard for Preadolescent and Adolescent Children. *Food Nutr. Bulletin* **2006**, *27*, 295–313. [\[CrossRef\]](#)
2. Malina, R.M. Top 10 Research Questions Related to Growth and Maturation of Relevance to Physical Activity, Performance, and Fitness. *Res. Q. Exerc. Sport* **2014**, *85*, 157–173. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
3. Bauman, A.E.; Reis, R.S.; Sallis, J.F.; Wells, J.C.; Loos, R.J.F.; Martin, B.W.; Alkandari, J.R.; Andersen, L.B.; Blair, S.N.; Brownson, R.C.; et al. Correlates of Physical Activity: Why Are Some People Physically Active and Others Not? *Lancet* **2012**, *380*, 258–271. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
4. Barnett, L.M.; Salmon, J.; Hesketh, K.D. More Active Pre-School Children Have Better Motor Competence at School Starting Age: An Observational Cohort Study. *BMC Public Health* **2016**, *16*, 1068. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
5. Lopes, L.; Santos, R.; Coelho-E-Silva, M.; Draper, C.; Mota, J.; Jidovtseff, B.; Clark, C.; Schmidt, M.; Morgan, P.; Duncan, M.; et al. A Narrative Review of Motor Competence in Children and Adolescents: What We Know and What We Need to Find Out. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *15*, 18. [\[CrossRef\]](#)
6. Barnett, L.M.; Webster, E.K.; Hulteen, R.M.; de Meester, A.; Valentini, N.C.; Lenoir, M.; Pesce, C.; Getchell, N.; Lopes, V.P.; Robinson, L.E.; et al. Through the Looking Glass: A Systematic Review of Longitudinal Evidence, Providing New Insight for Motor Competence and Health. *Sport. Med.* **2022**, *52*, 875–920. [\[CrossRef\]](#)
7. Hulteen, R.M.; Barnett, L.M.; True, L.; Lander, N.J.; del Pozo Cruz, B.; Lonsdale, C. Validity and Reliability Evidence for Motor Competence Assessments in Children and Adolescents: A Systematic Review. *J. Sport. Sci.* **2020**, *38*, 1717–1798. [\[CrossRef\]](#)
8. Utesch, T.; Bardid, F.; Büsch, D.; Strauss, B. The Relationship Between Motor Competence and Physical Fitness from Early Childhood to Early Adulthood: A Meta-Analysis. *Sport. Med.* **2019**, *49*, 541–551. [\[CrossRef\]](#)
9. Cattuzzo, M.T.; dos Santos Henrique, R.; Ré, A.H.N.; de Oliveira, I.S.; Melo, B.M.; de Sousa Moura, M.; de Araújo, R.C.; Stodden, D. Motor Competence and Health Related Physical Fitness in Youth: A Systematic Review. *J. Sci. Med. Sport.* **2016**, *19*, 123–129. [\[CrossRef\]](#)
10. Lima, R.A.; Drenowatz, C.; Pfeiffer, K.A. Expansion of Stodden et al.'s Model. *Sport. Med.* **2022**, *52*, 679–683. [\[CrossRef\]](#)
11. Stodden, D.F.; Goodway, J.D.; Langendorfer, S.J.; Robertson, M.A.; Rudisill, M.E.; Garcia, C.; Garcia, L.E. A Developmental Perspective on the Role of Motor Skill Competence in Physical Activity: An Emergent Relationship. *Quest* **2008**, *60*, 290–306. [\[CrossRef\]](#)
12. Webster, E.K.; Sur, I.; Stevens, A.; Robinson, L.E. Associations between Body Composition and Fundamental Motor Skill Competency in Children. *BMC Pediatr.* **2021**, *21*, 444. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
13. de Meester, A.; Stodden, D.; Brian, A.; True, L.; Cardon, G.; Tallir, I.; Haerens, L. Associations among Elementary School Children's Actual Motor Competence, Perceived Motor Competence, Physical Activity and BMI: A Cross-Sectional Study. *PLoS ONE* **2016**, *11*, e0164600. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
14. García-Hermoso, A.; Ramírez-Campillo, R.; Izquierdo, M. Is Muscular Fitness Associated with Future Health Benefits in Children and Adolescents? A Systematic Review and Meta-Analysis of Longitudinal Studies. *Sport. Med.* **2019**, *49*, 1079–1094. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
15. Pesce, C.; Stodden, D.F.; Lakes, K.D. Editorial: Physical Activity “Enrichment”: A Joint Focus on Motor Competence, Hot and Cool Executive Functions. *Front. Psychol.* **2021**, *12*, 658667. [\[CrossRef\]](#)
16. Veldman, S.L.C.; Santos, R.; Jones, R.A.; Sousa-Sá, E.; Okely, A.D. Associations between Gross Motor Skills and Cognitive Development in Toddlers. *Early Hum. Dev.* **2019**, *132*, 39–44. [\[CrossRef\]](#)
17. Bremer, E.; Cairney, J. Fundamental Movement Skills and Health-Related Outcomes: A Narrative Review of Longitudinal and Intervention Studies Targeting Typically Developing Children. *Am. J. Lifestyle Med.* **2018**, *12*, 148–159. [\[CrossRef\]](#)

18. Messing, S.; Rütten, A.; Abu-Omar, K.; Ungerer-Röhrich, U.; Goodwin, L.; Burlacu, I.; Gediga, G. How Can Physical Activity Be Promoted among Children and Adolescents? A Systematic Review of Reviews across Settings. *Front. Public Health* **2019**, *7*, 55. [CrossRef]
19. Schmutz, E.A.; Leeger-Aschmann, C.S.; Kakebeeke, T.H.; Zysset, A.E.; Messerli-Bürgy, N.; Stülz, K.; Arhab, A.; Meyer, A.H.; Munsch, S.; Puder, J.J.; et al. Motor Competence and Physical Activity in Early Childhood: Stability and Relationship. *Front. Public Health* **2020**, *8*, 39. [CrossRef]
20. Zhang, F.; Bi, C.; Yin, X.; Chen, Q.; Li, Y.; Liu, Y.; Zhang, T.; Li, M.; Sun, Y.; Yang, X. Physical Fitness Reference Standards for Chinese Children and Adolescents. *Sci. Rep.* **2021**, *11*, 4991. [CrossRef]
21. Luz, L.G.O.; Valente-dos-Santos, J.; Luz, T.D.D.; Sousa-e-Silva, P.; Duarte, J.P.; Machado-Rodrigues, A.; Seabra, A.; Santos, R.; Cumming, S.P.; Coelho-e-Silva, M.J. Biocultural Predictors of Motor Coordination among Prepubertal Boys and Girls. *Percept. Mot. Ski.* **2018**, *125*, 21–39. [CrossRef] [PubMed]
22. Bezerra, T.A.; Bandeira, P.F.R.; de Souza Filho, A.N.; Clark, C.C.T.; Mota, J.A.P.S.; Duncan, M.J.; de Lucena Martins, C.M. A Network Perspective on the Relationship between Moderate to Vigorous Physical Activity and Fundamental Motor Skills in Early Childhood. *J. Phys. Act. Health* **2021**, *18*, 774–781. [CrossRef] [PubMed]
23. de Martins, C.M.L.; Bandeira, P.F.R.; Lemos, N.B.A.G.; Bezerra, T.A.; Clark, C.C.T.; Mota, J.; Duncan, M.J. A Network Perspective on the Relationship between Screen Time, Executive Function, and Fundamental Motor Skills among Preschoolers. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 8861. [CrossRef] [PubMed]
24. Cazorla-González, J.; García-Retortillo, S.; Gacto-Sánchez, M.; Muñoz-Castro, G.; Serrano-Ferrer, J.; Román-Viñas, B.; López-Bermejo, A.; Font-Lladó, R.; Prats-Puig, A. Effects of Crawling before Walking: Network Interactions and Longitudinal Associations in 7-Year-Old Children. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2022**, *19*, 5561. [CrossRef]
25. Sammut-Bonnici, T. Complex Adaptive Systems. *Wiley Encycl. Manag.* **2015**, *12*, 1–3. [CrossRef]
26. Spencer, J.P.; Perone, S.; Buss, A.T. Twenty Years and Going Strong: A Dynamic Systems Revolution in Motor and Cognitive Development. *Child Dev. Perspect.* **2011**, *5*, 260–266. [CrossRef]
27. Borsboom, D.; Deserno, M.K.; Rhemtulla, M.; Epskamp, S.; Fried, E.I.; McNally, R.J.; Robinaugh, D.J.; Perugini, M.; Dalege, J.; Costantini, G.; et al. Network Analysis of Multivariate Data in Psychological Science. *Nat. Rev. Methods Prim.* **2021**, *1*, 58. [CrossRef]
28. Bartsch, R.P.; Liu, K.K.L.; Bashan, A.; Ivanov, P.C. Network Physiology: How Organ Systems Dynamically Interact. *PLoS ONE* **2015**, *10*, e0142143. [CrossRef]
29. Jaakkola, T.; Yli-Piipari, S.; Huhtiniemi, M.; Salin, K.; Seppälä, S.; Hakonen, H.; Gråstén, A. Longitudinal Associations among Cardiorespiratory and Muscular Fitness, Motor Competence and Objectively Measured Physical Activity. *J. Sci. Med. Sport.* **2019**, *22*, 1243–1248. [CrossRef]
30. King-Dowling, S.; Proudfoot, N.A.; Cairney, J.; Timmons, B.W. Motor Competence, Physical Activity, and Fitness across Early Childhood. *Med. Sci. Sport. Exerc.* **2020**, *52*, 2342–2348. [CrossRef]
31. IBGE Panorama Geral de Santo Antônio Do Grama. Available online: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/santo-antonio-do-grama/panorama> (accessed on 19 October 2022).
32. Stewart, A.D.; Marfell-Jones, M.; Olds, T.; De Ridder, J.H. *International Standards for Anthropometric Assessment*; International Society for the Advancement of Kinanthropometry: Lower Hutt, New Zealand, 2011; pp. 1–139.
33. Lohman, T.G. Applicability of Body Composition Techniques and Constants for Children and Youths. *Exerc. Sport. Sci. Rev.* **1986**, *14*, 325–357. [CrossRef] [PubMed]
34. Baecke, J.A.H.; Burema, J.; Frijters, J.E. A Short Questionnaire for the Measurement of Habitual Physical Activity in Epidemiological Studies. *Am. J. Clin. Nutr.* **1982**, *36*, 936–942. [CrossRef] [PubMed]
35. Tudor-Locke, C.; Craig, C.L.; Beets, M.W.; Belton, S.; Cardon, G.M.; Duncan, S.; Hatano, Y.; Lubans, D.R.; Olds, T.S.; Raustorp, A.; et al. How Many Steps/Day Are Enough? For Children and Adolescents. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2011**, *8*, 78. [CrossRef] [PubMed]
36. Ulrich, D. *Test of Gross Motor Development: Second Edition: Examiner's Manual*, 2nd ed.; Prod-Ed: Austin, TX, USA, 2000.
37. Adam, C.; Klissouras, V.; Ravazzolo, M.; Renson, R.; Tuxworth, W.; Kemper, H.C.G.; van Mechelen, W.; Hlobil, H.; Beunen, G.; Levarlet-Joye, H. *EUROFIT: European Test of Physical Fitness—Handbook*; Committee for the Development of Sport, Council of Europe: Rome, Italy, 1988.
38. Plowman, S.; Meredith, M.D. *Fitnessgram/Activitygram Reference Guide*, 4th ed.; The Cooper Institute: Dallas, TX, USA, 2013.
39. Gaya, A.; Gaya, A.R. Projeto Esporte Brasil: Manual de Testes e Avaliação Versão 2016. Available online: <https://www.ufrgs.br/proesp/arquivos/manual-proesp-br-2016.pdf> (accessed on 4 November 2022).
40. American Alliance for Health, Physical Education, Recreation, and Dance. *Physical Best: A Physical Fitness Education & Assessment Program*; The Alliance: Vienna, VA, USA, 1988.
41. Barnett, L.M.; Ridgers, N.D.; Zask, A.; Salmon, J. Face Validity and Reliability of a Pictorial Instrument for Assessing Fundamental Movement Skill Perceived Competence in Young Children. *J. Sci. Med. Sport.* **2015**, *18*, 98–102. [CrossRef] [PubMed]
42. Sedó, M.; de Paula, J.J.; Malloy-Diniz, L.F. *FDT—Teste Dos Cinco Dígitos*; Hogrefe: São Paulo, Brazil, 2015.
43. Wechsler, D. *Escala Wechsler de Inteligência Para Crianças: WISC IV. Manual Técnico/Tradução Do Manual Original*, 4th ed.; Caso do Psicólogo: São Paulo, Brazil, 2013.

44. Lezak, M.D.; Howieson, D.B.; Bigler, E.D. *Neuropsychological Assessment*, 5th ed.; Oxford University Press: New York, NY, USA, 2012.
45. Strauss, E.; Sherman, E.; Spreen, O. *A Compendium of Neuropsychological Tests*, 3rd ed.; Oxford University Press: New York, NY, USA, 2006.
46. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*; Routledge: London, UK, 2013; ISBN 9781134742707.
47. Hevey, D. Network Analysis: A Brief Overview and Tutorial. *Health Psychol. Behav. Med.* **2018**, *6*, 301–328. [[CrossRef](#)]
48. Fruchterman, T.M.J.; Reingold, E.M.; Wiley, J. Graph Drawing by Force-Directed Placement. *Softw. Pract. Exp.* **1991**, *21*, 1129–1164. [[CrossRef](#)]
49. Chen, J.; Chen, Z. Extended Bayesian Information Criteria for Model Selection with Large Model Spaces. *Biometrika* **2008**, *95*, 759–771. [[CrossRef](#)]
50. Foygel, R.; Drton, M. Extended Bayesian Information Criteria for Gaussian Graphical Models. *Adv. Neural Inf. Process. Syst.* **2010**, *23*. [[CrossRef](#)]
51. Epskamp, S.; Cramer, A.O.J.; Waldorp, L.J.; Schmittmann, V.D.; Borsboom, D. Qgraph: Network Visualizations of Relationships in Psychometric Data. *J. Stat. Softw.* **2012**, *48*, 1–18. [[CrossRef](#)]
52. Khodaverdi, Z.; Bahram, A.; Stodden, D.; Kazemnejad, A. The Relationship between Actual Motor Competence and Physical Activity in Children: Mediating Roles of Perceived Motor Competence and Health-Related Physical Fitness. *J. Sport. Sci.* **2016**, *34*, 1523–1529. [[CrossRef](#)]
53. López-Gil, J.F.; Brazo-Sayavera, J.; Lucas, J.L.Y.; Cavichioli, F.R. Weight Status Is Related to Health-Related Physical Fitness and Physical Activity but Not to Sedentary Behaviour in Children. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 4518. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
54. Antunes, A.M.; Maia, J.A.; Stasinopoulos, M.D.; Gouveia, É.R.; Thomis, M.A.; Lefevre, J.A.; Teixeira, A.Q.; Freitas, D.L. Gross Motor Coordination and Weight Status of Portuguese Children Aged 6–14 Years. *Am. J. Hum. Biol.* **2015**, *27*, 681–689. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
55. Garcia-Mayor, R.V.; Andrade, M.A.; Rios, M.; Lage, M.; Dieguez, C.; Casanueva, F.F. Serum Leptin Levels in Normal Children: Relationship to Age, Gender, Body Mass Index, Pituitary-Gonadal Hormones, and Pubertal Stage. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **1997**, *82*, 2849–2855. [[CrossRef](#)]
56. Taylor, R.W.; Gold, E.; Manning, P.; Goulding, A. Gender Differences in Body Fat Content Are Present Well before Puberty. *Int. J. Obes.* **1997**, *21*, 1082–1084. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
57. Gültekin, T.; Akin, G.; Ozer, B.K. Gender Differences in Fat Patterning in Children Living in Ankara. *Anthropol. Anz.* **2005**, *63*, 427–437. [[CrossRef](#)]
58. Laukkanen, A.; Pesola, A.; Havu, M.; Sääkslahti, A.; Finni, T. Relationship between Habitual Physical Activity and Gross Motor Skills Is Multifaceted in 5- to 8-Year-Old Children. *Scand. J. Med. Sci. Sport.* **2014**, *24*, e102–e110. [[CrossRef](#)]
59. Foweather, L.; Knowles, Z.; Ridgers, N.D.; O'Dwyer, M.V.; Foulkes, J.D.; Stratton, G. Fundamental Movement Skills in Relation to Weekday and Weekend Physical Activity in Preschool Children. *J. Sci. Med. Sport.* **2015**, *18*, 691–696. [[CrossRef](#)]
60. Estevan, I.; García-Massó, X.; Molina García, J.; Barnett, L.M. Identifying Profiles of Children at Risk of Being Less Physically Active: An Exploratory Study Using a Self-Organised Map Approach for Motor Competence. *J. Sport. Sci.* **2019**, *37*, 1356–1364. [[CrossRef](#)]
61. Iglesias-Soler, E.; Rúa-Alonso, M.; Rial-Vázquez, J.; Lete-Lasa, J.R.; Clavel, I.; Giráldez-García, M.A.; Rico-Díaz, J.; del Corral, M.R.; Carballeira-Fernández, E.; Dopico-Calvo, X. Percentiles and Principal Component Analysis of Physical Fitness From a Big Sample of Children and Adolescents Aged 6–18 Years: The DAFIS Project. *Front. Psychol.* **2021**, *12*, 627834. [[CrossRef](#)]
62. Rodrigues, L.P.; Leitão, R.; Lopes, V.P. Physical Fitness Predicts Adiposity Longitudinal Changes over Childhood and Adolescence. *J. Sci. Med. Sport.* **2013**, *16*, 118–123. [[CrossRef](#)]
63. He, Z.; Wu, H.; Yu, F.; Fu, J.; Sun, S.; Huang, T.; Wang, R.; Chen, D.; Zhao, G.; Quan, M. Effects of Smartphone-Based Interventions on Physical Activity in Children and Adolescents: Systematic Review and Meta-Analysis. *JMIR Mhealth Uhealth* **2021**, *9*, e22601. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
64. Robinson, L.E.; Stodden, D.F.; Barnett, L.M.; Lopes, V.P.; Logan, S.W.; Rodrigues, L.P.; D'Hondt, E. Motor Competence and Its Effect on Positive Developmental Trajectories of Health. *Sport. Med.* **2015**, *45*, 1273–1284. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
65. Estevan, I.; Menescardi, C.; García-Massó, X.; Barnett, L.M.; Molina-García, J. Profiling Children Longitudinally: A Three-Year Follow-up Study of Perceived and Actual Motor Competence and Physical Fitness. *Scand. J. Med. Sci. Sport.* **2021**, *31*, 35–46. [[CrossRef](#)]
66. Barker, J.E.; Semenov, A.D.; Michaelson, L.; Provan, L.S.; Snyder, H.R.; Munakata, Y. Less-Structured Time in Children's Daily Lives Predicts Self-Directed Executive Functioning. *Front. Psychol.* **2014**, *5*, 593. [[CrossRef](#)]
67. Diamond, A. Executive Functions. *Annu. Rev. Psychol.* **2013**, *64*, 135–168. [[CrossRef](#)]
68. Donnelly, J.E.; Hillman, C.H.; Castelli, D.; Etnier, J.L.; Lee, S.; Tomporowski, P.; Lambourne, K.; Szabo-Reed, A.N. Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *Med. Sci. Sport. Exerc.* **2016**, *48*, 1197–1222. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
69. Valkenborghs, S.R.; Noetel, M.; Hillman, C.H. The Impact of Physical Activity on Brain Structure and Function in Youth: A Systematic Review. *Pediatrics* **2019**, *144*, 20184032. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

70. Gerber, M.; Lang, C.; Beckmann, J.; du Randt, R.; Gall, S.; Seelig, H.; Long, K.Z.; Ludyga, S.; Müller, I.; Nienaber, M.; et al. How Are Academic Achievement and Inhibitory Control Associated with Physical Fitness, Soil-Transmitted Helminth Infections, Food Insecurity and Stunting among South African Primary Schoolchildren? *BMC Public Health* **2021**, *21*, 852. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
71. Diamond, A.; Ling, D.S. Conclusions about Interventions, Programs, and Approaches for Improving Executive Functions That Appear Justified and Those That, despite Much Hype, Do Not. *Dev. Cogn. Neurosci.* **2016**, *18*, 34–48. [[CrossRef](#)]
72. Stad, F.E.; Wiedl, K.H.; Vogelaar, B.; Bakker, M.; Resing, W.C.M. The Role of Cognitive Flexibility in Young Children's Potential for Learning under Dynamic Testing Conditions. *Eur. J. Psychol. Educ.* **2019**, *34*, 123–146. [[CrossRef](#)]
73. Ortega, F.B.; Ruiz, J.R.; Castillo, M.J.; Sjöstrom, M. Physical Fitness in Childhood and Adolescence: A Powerful Marker of Health. *Int. J. Obes.* **2008**, *32*, 1–11. [[CrossRef](#)]
74. Sherar, L.B.; Cumming, S.P. Human Biology of Physical Activity in the Growing Child. *Ann. Hum. Biol.* **2020**, *47*, 313–315. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
75. Howie, E.K.; McVeigh, J.A.; Smith, A.J.; Zabatiero, J.; Bucks, R.S.; Mori, T.A.; Beilin, L.J.; Straker, L.M. Physical Activity Trajectories from Childhood to Late Adolescence and Their Implications for Health in Young Adulthood. *Prev. Med.* **2020**, *139*, 106224. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
76. Aadland, E.; Kvalheim, O.M.; Anderssen, S.A.; Resaland, G.K.; Andersen, L.B. The Multivariate Physical Activity Signature Associated with Metabolic Health in Children. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2018**, *15*, 77. [[CrossRef](#)]
77. Chaput, J.P.; Willumsen, J.; Bull, F.; Chou, R.; Ekelund, U.; Firth, J.; Jago, R.; Ortega, F.B.; Katzmarzyk, P.T. 2020 WHO Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour for Children and Adolescents Aged 5–17 Years: Summary of the Evidence. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2020**, *17*, 141. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
78. Knuth, A.G.; Hallal, P.C. School Environment and Physical Activity in Children and Adolescents: Systematic Review. *Rev. Bras. De Ativ. Física Saúde* **2012**, *17*, 463–473. [[CrossRef](#)]

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.