

1 2 9 0



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

José Pedro de Almeida Galvão

O JOVEM CICLISTA: MATURAÇÃO,
ANDAMENTOS E PERFORMANCE

Dissertação no âmbito do Mestrado em Treino Desportivo para Crianças e Jovens orientada pelo Professor Doutor Amândio Cúcido dos Santos e pela Professora Doutora Beatriz Branquinho Gomes e apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra.

Setembro de 2023

Agradecimentos

A caminho do encerrar de mais uma etapa académica, e num momento de reflexão, é fundamental reconhecer todos aqueles que de perto acompanharam o percurso que agora termina e que foram parte importante na elaboração desta dissertação.

À Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra, a minha *alma mater*, pelo seu esplendor “que deixa saudade a quem por lá passa”.

Ao professor Doutor Amândio Santos e à professora Doutora Beatriz Branquinho Gomes, orientadores desta dissertação, por todo o apoio e incentivo para a análise de um tema sobre ciclismo, modalidade que tanta paixão me desperta. Pela disponibilidade para me auxiliar quando tive dúvidas e quando parecia não haver uma forma de ultrapassar as barreiras. E por terem feito com que esta dissertação fosse um impulso à minha capacidade de superar desafios e por toda a paciência, rigor e exigência.

Ao Mestre Rui António Fernandes por todo o aconselhamento científico e pelo auxílio permanente no esclarecimento de dúvidas.

Ao treinador e atletas da equipa Cantanhede *Cycling* por terem acedido ao meu pedido de participação no estudo.

Aos meus pais, a quem dedico este trabalho, que estiveram desde o primeiro momento do meu lado, dispostos a ajudar-me a realizar este ciclo e por acreditarem sempre em mim, mesmo quando até eu próprio duvidava.

Ao meu irmão, cunhada e sobrinha por me acolherem e ouvirem os meus anseios e receios.

Aos meus tios, primos, madrinha e avó – a ti avô que me inculciste o gosto pelo ciclismo – por me capacitarem que tudo é possível desde que tenhamos força para superar as adversidades.

À minha namorada que partilhou comigo o percurso durante o mestrado e por me auxiliar em todos os momentos.

Aos meus amigos que sempre me ajudaram de forma direta ou indireta neste processo.

Aos meus colegas de trabalho por não colocarem entraves às minhas necessidades e por me auxiliarem sempre que foi necessário.

“O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis.”

Fernando Pessoa

Índice

Agradecimentos	III
Índice de Tabelas	VI
Lista de Abreviaturas	VII
Resumo	VIII
<i>Abstrat</i>	IX
1.Introdução	11
2. Revisão de Literatura.....	13
2.1 Caracterização do ciclismo de estrada.....	13
2.2 Potência no Ciclismo	15
2.3 Cadência no Ciclismo	16
2.4 Categorias dos Corredores.....	16
2.5 Crescimento e Maturação.....	17
3. Objetivo do Estudo.....	19
3.1 Pertinência do Estudo.....	19
4. Metodologia.....	21
4.1 Autorização e Consentimento	21
4.2 Caracterização e Seleção da Amostra	21
4.3 Amostra.....	21
4.4 Critério de Inclusão	21
4.5 Maturação.....	21
4.6 Antropometria	23
4.6 Protocolo de teste	26
4.7 Materiais Utilizados	26
4.7 Análise estatística.....	28
5. Resultados	29
6. Discussão	41
7. Conclusão	47
8. Limitações do estudo.....	49
9. Referências bibliográficas	51

Índice de Tabelas

Tabela 1. Top-5 dos Campeonatos da Europa de Juniores no período entre 2011 e 2021.....	24
Tabela 2. Medalheiro por país entre 2011 e 2021.	25
Tabela 3. Lista de andamentos utilizados por escalão nos países selecionados.	26
Tabela 4. Protocolo de teste.....	26
Tabela 5. Andamentos de teste.....	28
Tabela 6. Resultados de antropometria, maturação e do teste de 10 min com diferentes revoluções de pedaleira.....	29
Tabela 7. Média e Desvio Padrão de dados agrupados por grupo de performance. ...	32
Tabela 8. Dados de performance com os dois andamentos em estudo.	33
Tabela 9. Correlação de Spearman para andamento 52x14 e 52x11.	35
Tabela 10. Performance individual com os dois andamentos em estudo.	39

Lista de Abreviaturas

Cm – centímetros;

CRI – Contrarrelógio individual;

EMP – Estatura matura predita;

FC – Frequência cardíaca;

H – horas;

IPVC – Idade no pico de velocidade de crescimento;

Km – quilómetro;

Km/h – quilómetro por hora;

M – metros;

Mg – Massa gorda;

Min – minuto;

Mm – Massa magra;

PVC – Pico de velocidade de crescimento;

Rpm – Rotação por minuto;

S – Segundo;

VO₂máx – Volume máximo de oxigénio;

W – Watts;

Resumo

O objetivo deste estudo prende-se com a avaliação do estado maturacional de jovens ciclistas portugueses, verificando o desempenho em contrarrelógio de 10 minutos, utilizando duas revoluções de pedaleira (andamentos) diferentes, averiguando a relação ótima entre a força e a velocidade em jovens ciclistas a partir da análise da potência.

Foram avaliados 6 atletas do sexo masculino, do escalão de cadetes (15 e 16 anos), com filiação na Federação Portuguesa de Ciclismo, experiência mínima de 1 ano e participação regular em competições. A amostra (n=6) apresentou uma idade cronológica de $15,93 \pm 0,4$ anos, estatura $172,25 \pm 7,73$ cm, massa corporal $60,12 \pm 7,14$ kg e $5,17 \pm 2,99$ anos de prática. Realizou-se um contrarrelógio individual (CRI) de 10 min para se obter dados de distância percorrida, potência média e cadência média. Avaliou-se o andamento 52x14, onde se obteve a distância de $6,22 \pm 0,35$ km, potência média de $286,50 \pm 31,04$ W e cadência média de $80 \pm 4,69$ rpm. Com o andamento 52x11 obteve-se a distância de $6,52 \pm 0,42$ km, potência média de $280 \pm 25,53$ W e cadência média de $56,50 \pm 3,83$ rpm.

Os resultados obtidos revelam que existe uma relação positiva entre a idade cronológica, o número de anos de prática e a idade no pico de velocidade de crescimento com o desempenho obtido, quer em distância percorrida quer em potência desenvolvida. Verificou-se, ainda, que com o aumento dos andamentos os atletas tendem a reduzir a cadência de pedalada, obrigando-os a realizar mais força.

Concluiu-se que os atletas devem adotar o andamento mais favorável, quando possível, de acordo com as suas capacidades individuais.

Palavras-chave: Andamentos, Maturação, Performance, Ciclismo, Jovens.

Abstract

The aim of this study is to evaluate the maturational status of young Portuguese cyclists by checking their performance in a 10-minute time trial, using two different pedal revolutions (paces), and investigating the optimal relationship between strength and speed in young cyclists from power analysis.

Six male athletes were evaluated, from the under-17 category (15 and 16 years old), with membership in the Portuguese Cycling Federation, minimum experience of 1 year and regular participation in competitions. The sample (n=6) had a chronological age of 15.93 ± 0.4 years, height of 172.25 ± 7.73 cm, body mass of 60.12 ± 7.14 kg and 5.17 ± 2.99 years of practice. A 10-minute individual time trial (ITT) was conducted to obtain data on distance covered, average power and average cadence. The 52x14 was evaluated, resulting in a distance of 6.22 ± 0.35 km, an average power of 286.50 ± 31.04 W and an average cadence of 80 ± 4.69 rpm. With the 52x11 we obtained a distance of 6.52 ± 0.42 km was obtained, an average power of 280 ± 25.53 W and an average cadence of 56.50 ± 3.83 rpm.

The results obtained reveal that there is a positive relationship between chronological age, the number of years of practice and the age at peak growth velocity with the performance obtained, both in terms of distance covered and developed power. It was also found that with increasing speed, athletes tend to reduce their pedalling cadence, forcing them to exert more force.

It was concluded that athletes should adopt the most favourable pace, when possible, according to their individual capabilities.

Key-words: paces, maturation, performance, cycling, youth sports.

1. Introdução

A designação de desporto compreende toda a prática de atividade física regular que promove o desenvolvimento de um diverso conjunto de habilidades, envolvendo a componente competitiva ou de lazer. As habilidades desenvolvidas podem ser elementos de agilidade, destreza e força ou de melhoria da capacidade cardiovascular. Contudo, importa salientar que a vertente competitiva do desporto é organizada por federações e associações que contemplam um regulamento e, por conseguinte, têm por objetivo o alcance dos melhores desempenhos, ao contrário da vertente de lazer que é parte da atividade física com objetivo central o bem-estar físico e mental.

Ao longo do tempo o desporto tem sido um importante veículo de promoção do desenvolvimento das sociedades e tem originado a sua evolução. Consequentemente, as modalidades desportivas têm recebido fortes avanços tecnológicos que permitem uma maior aplicabilidade no treino e em competição. A bicicleta é um exemplo disso mesmo, considerando que é utilizada há diversos anos e, atualmente, está fortemente desenvolvida.

A bicicleta é um meio de transporte bastante popular em diversos países e a sua utilização faz-se como mera forma de prática de atividade física ou como vertente competitiva ou de lazer. Podemos definir as modalidades desportivas de acordo com a relação que o equipamento pode ter no desempenho, por exemplo, no judo o equipamento não terá uma função tão relevante para o desempenho como nos desportos motorizados, no qual equipamento desempenha um papel preponderante para o rendimento (Miller, 2005). O mesmo se verifica no ciclismo, no qual consideramos que o equipamento é parte fundamental do desempenho.

No ciclismo, podemos considerar que o equipamento é parte fundamental para a melhoria do rendimento dos atletas, com a bicicleta a ter destaque. Conforme refere Burke (2003) a seleção do equipamento apropriado no ciclismo pode ajudar a melhorar o tempo e a diminuir o consumo de energia, incrementando conveniência, conforto, manobrabilidade e segurança. Atkinson et al. (2003) referem que a posição dos ciclistas na bicicleta, mais verticais ou horizontais em relação ao selim, afeta de forma notória a produção de potência. De acordo com Burke (2003) é importante compreender o nível de influência do equipamento, da técnica de pedalada que se utiliza, mas é também vital que se consiga compreender a velocidade com que conseguimos impulsionar a

bicicleta, uma vez que esta depende da potência que se transmite na aplicação nos pedais.

2. Revisão de Literatura

2.1 Caracterização do ciclismo de estrada

O ciclismo de estrada é uma modalidade olímpica e, conforme refere o nome, desenvolve-se na estrada. Esta modalidade compreende provas de um dia exemplo das clássicas, Campeonatos do Mundo e Jogos Olímpicos ou corridas por etapas (máximo 3 semanas) como é exemplo a Volta a Portugal (uma semana) *Tour de France*, *Giro d'Itália* ou *La Vuelta* (três semanas). Existem, ainda, as provas de contrarrelógio, que podem ser individuais ou em equipa, nas quais os atletas percorrem num esforço contra o tempo a velocidades médias de cerca de 50 km/h, sendo a intensidade do esforço perto de 90% do VO₂máx e a potência média de cerca de 350 W, bem como a cadência média ronda as 90 rotações por minuto (rpm) (Lucía et al., 2001).

Para resistir a este tipo de esforços de forma prolongada e com alta intensidade deve existir uma grande adaptação por parte dos atletas para melhorar a sua resistência. O ciclismo é, então, designado como uma modalidade de *endurance*, onde o metabolismo predominante é o aeróbio. Para obter resultados, o potencial de cada atleta deve ser desenvolvido de forma a melhorar a performance que depende de fatores fisiológicos, psicológicos, físicos e biomecânicos (Swart & Holliday, 2019).

A performance dos atletas jovens é cada vez mais tida em conta como um preditor de sucesso no futuro desportivo de cada um, ainda que, não garanta uma carreira profissional em elite. Por esta razão, é importante que se recolham dados de atletas em processo de formação desportiva e de crescimento, desenvolvimento e maturação somática. Então, torna-se importante considerar a idade e as competições onde o atleta tem um rendimento superior, importante como preditor de sucesso (Mostaert et al., 2021). Tofari et al. (2017) refere que o processo de identificação e desenvolvimento de jovens talentos permite o reconhecimento precoce de atributos físicos e fisiológicos para uma determinada modalidade.

No movimento de pedalar observa-se que os membros inferiores se movimentam no plano sagital de forma circular, o que decorre da geometria da bicicleta e da necessidade de transmitir energia para os pedais e para os cranques (Bini et al., 2020). A transferência de energia do corpo humano para a bicicleta advém da transmissão de força para os pedais e depende de fatores

como o comprimento do cranque, posição do pé no pedal, altura do selim e ângulo do tubo de selim (Faria et al., 2005).

A cadência de pedalada tem uma importância preponderante para o melhor rendimento no ciclismo, uma vez que, é determinante que o ciclista utilize uma relação de cadência ótima que permita um gasto de energia menor para uma velocidade elevada. Assim, a cadência relaciona-se com a velocidade de deslocação e com a potência aplicada nos pedais.

Os atletas, normalmente, adotam a desmultiplicação, vulgarmente designada por andamento, de acordo com os requisitos da competição. Nesta perspectiva, procura-se, então, uma adaptação das desmultiplicações relativamente ao perfil de corrida, de uma determinada etapa (montanha ou em linha) ou de uma especialidade (contrarrelógio).

Estudos mais antigos, referem que os atletas, para etapas em linha, optavam por desmultiplicações de 53x13/54x14 e resultando numa velocidade média de 43,8 km/h e em etapas de contrarrelógio optavam por desmultiplicações de 54x13/54x14 e a velocidade média de deslocação era de 47,3 km/h (Faria et al., 2005). O autor indica que os atletas que obtêm desempenho perto de 50 km/h atingem cadência superior a 90 rpm, por outro lado, andamentos mais duros levavam a realização de cadências mais baixas, na ordem das 70 rpm.

A potência produzida pelos músculos durante um esforço depende da força e da velocidade. Deste modo, para obter o valor máximo de potência produzida é necessário verificar a força transmitida aos pedais e a velocidade com que o pedal dá uma volta completa por minuto de tempo (cadência), e é expressa em rotações por minuto (rpm). A transmissão de energia através da corrente é utilizada em diversos sistemas (Lodge & Burgess, 2001), através do complexo, corrente e roda dentada, sendo diversos os métodos de seleção do tamanho da roda dentada, normalmente, baseados em parâmetros de esforço/fadiga. Nesta perspectiva, a transmissão de força através dos pedais, permite que a corrente e a roda dentada transmitam velocidade de rotação que promove o movimento.

Assim, o tamanho ideal da roda dentada é a combinação com maior eficiência de transmissão, que permite um maior torque (Lodge & Burgess, 2001), também designado por momento angular e é o movimento de um objeto em relação a um eixo. No ciclismo utilizam-se modelos analíticos para descrever o equilíbrio entre a potência transmitida à bicicleta (através do pedal) e a potência de saída (velocidade) o que permite identificar possíveis áreas de

melhorias na técnica do ciclista ou no design do equipamento (Barnaby et al., 2020).

O estudo e a análise das forças aplicadas nos pedais permitem obter dados que descrevem a técnica de pedalada dos ciclistas e o desempenho que conseguem atingir. Nesta linha de pensamento, uma análise importante a ter em consideração prende-se com a alteração da cadência de pedalada e a forma como esta afeta o desempenho, uma vez que, a cadência de pedalada remete-nos para a velocidade de revolução do pedal. Nestes termos, são diversos os estudos que descrevem que a cadência preferida dos ciclistas se situa entre 90-100 rpm, tal como refere Lucía et al. (2001). Ainda assim, o autor conclui que a cadência preferida pelos ciclistas depende do tipo de esforço a que estão sujeitos, pelo que, um esforço em terreno plano, contrarrelógio ou em subida, produz valores de cadência diferentes. Então, entende-se que as condições de prática se revelam fundamentais para as diferenças que se possam evidenciar.

A identificação de jovens atletas que tenham participado em Campeonatos do Mundo júnior assinala a importância dos programas de treino a longo prazo para desenvolvimento dos atletas no ciclismo (Schumacher et al., 2006). Na sua análise, Schumacher et al., (2006) concluiu que 1/3 dos ciclistas de elite obtiveram participações de sucesso na categoria júnior em Campeonatos do Mundo. O autor concluiu que os atletas que na categoria júnior alcançam resultados de sucesso, obtêm resultados significativamente melhores na categoria elite nas diferentes disciplinas do ciclismo (Schumacher et al., 2006). Os dados mencionados anteriormente são semelhantes aos obtidos por Barreiros et al., (2014) que referem que 1/3 dos atletas internacionais pré-júnior reaparecem como sénior.

2.2 Potência no Ciclismo

A potência no ciclismo refere-se à quantidade de força que o ciclista é capaz de transmitir aos pedais por forma a fazer movimentar a bicicleta e a sua unidade de medida são os watts (W). Os medidores de potência indicam os watts (W) produzidos e, tal como refere Encarnação (2016) é-nos dada pelo produto da força aplicada no pedal (torque) pela frequência de pedalada ou cadência (rpm – rotações por minuto). Então, temos que: Potência (watts) = Força (torque) x Cadência (rpm). No entanto, fatores como o tipo de terreno, vento ou temperatura podem influenciar a capacidade de produção de potência pelo atleta. Estes dados são identificados como determinantes no rendimento no

ciclismo pois relacionam-se com o consumo máximo de oxigênio e pode ser influenciada pela eficiência técnica. Contrariamente ao que acontece com a frequência cardíaca (FC) que quantifica o stress fisiológico a potência mede a taxa de trabalho fisiológico durante o esforço (Encarnação, 2016).

Neste âmbito, a potência pode ser medida com recurso a diferentes tipos de potenciômetros. Alguns destes equipamentos fazem a medição diretamente no pedal, conforme já foi descrito anteriormente. No caso dos pedais *Favero Assioma Duo* os mesmos têm integrado um sistema que permite obter dados de potência e de cadência. Os pedais instrumentados fazem uma análise ao torque aplicado e relacionam a efetividade da carga com a força aplicada no pedal por ambas as pernas (Montalvo-Pérez et al., 2021). Os pedais *Favero Assioma Duo* utilizam estes dados para fornecer aos ciclistas os valores de potência que transmitem aos pedais. Montalvo-Pérez et al., (2021) através de testes laboratoriais validou a precisão dos pedais, confirmando a sua validade e confiabilidade.

2.3 Cadência no Ciclismo

A cadência de pedalada ou frequência de pedalada refere-se ao número de voltas completas do pedal por minuto e expressa-se em rotações por minuto (rpm). Alguns autores referem que a eficiência de pedalada elimina o problema da sobrecarga dos membros inferiores e evita que ocorra perda de energia (Montenegro 2011).

Ademais, existem evidências que sugerem que a cadência é uma variável que afeta a eficiência de pedalada (Ettema & Lorås, 2009).

2.4 Categorias dos Corredores

A Federação Portuguesa de Ciclismo atribui categorias aos ciclistas de acordo com a idade, dividindo-os em escalões. Nesta lógica, separa o ciclismo de iniciação e o ciclismo de competição. Por conseguinte, verifica-se a existência de quatro categorias de ciclismo de iniciação – pupilos (5 a 8 anos), iniciados (9 e 10 anos), infantis (11 e 12 anos) e juvenis (13 e 14 anos). Quanto ao ciclismo de competição – cadetes ou sub-17 (15 e 16 anos), juniores ou sub-19 (17 e 18 anos), sub-23 (19 a 22 anos), elites (23 anos ou mais) e masters 30, 40, 50 e 60 (30-39; 40-49; 50-59; 60 anos ou mais, respetivamente), sendo que nesta categoria pode haver subdivisões de 5 em 5 anos dependendo do regulamento particular das provas.

A distância de competição para os cadetes masculinos encontra-se limitada a provas em linha até 80 km, contrarrelógios individuais até 15 km e contrarrelógios por equipas até 20 km. Caso realizem provas por etapas, estão limitados a uma média diária de 60 km e a um máximo de 3 dias de competição.

2.5 Crescimento e Maturação

O estado de crescimento indica o tamanho alcançado numa determinada idade cronológica, utilizando-se, na maioria das vezes, a estatura e a massa corporal (Reilly & Williams, 2003). Crescimento compreende a relação nas mudanças mensuráveis quanto a tamanho (estatura), composição corporal e dos órgãos, enquanto que, por outro lado, maturação é o progresso até ao estado maduro (Manna, 2014). O mesmo autor refere que se trata de processos relacionados e que influenciam o desempenho físico. Nestes termos, conhecer o estado maturacional dos jovens atletas permite avaliar as necessidades de adaptações do processo de treino.

A maturação corresponde ao processo de desenvolvimento biológico até ao estado maduro e compreende o crescimento de todos os tecidos, órgãos e sistemas do corpo humano (Reilly & Williams, 2003), sendo que, o mesmo autor refere que a maturidade biológica é normalmente vista de acordo com indicadores esqueléticos, sexuais e somáticos. Durante o processo de maturação podemos definir dois conceitos – “timing” e “tempo” – sendo que “timing” se refere ao momento em que ocorrem os momentos específicos de maturação e “tempo” refere-se à taxa de progressão da maturação (Silva et al., 2010). A taxa de crescimento aumenta até atingir um pico, que é designado por pico de velocidade de crescimento, que após ser atingido diminui gradualmente (Silva et al., 2010).

A maturação nos adolescentes é, invariavelmente, dependente de cada caso. Neste contexto, existirão sempre atletas que sendo muito jovens serão bastante desenvolvidos e ocorrerá o oposto, isto é, atletas mais velhos que são pouco maduros biologicamente. Correia, (2021), ao referir Malina, menciona maturação biológica como um processo de estudo do amadurecimento dos indivíduos considerando que é um processo que varia entre indivíduos, envolvendo uma relação de tempo biológico e cronológico que ocorre de forma assíncrona, ou seja, a maturação biológica e a idade cronológica podem não coincidir.

Gonçalves et al., (2012), indica que, em média, os rapazes e as raparigas mais maduros são atletas mais altos e mais pesados do que os seus pares da mesma idade cronológica, características que lhes concedem uma superioridade desportiva. Nas idades compreendidas entre os 11 e os 16 anos é onde se verifica a maior variação do estado maturacional entre jovens (Gonçalves et al., 2012). As características antropométricas são fortemente associadas a cada especialidade do ciclismo, revelando em parte quais os mais aptos para trepador, rolador, contrarrelogista ou sprinter (Lucía et al., 2001). A avaliação das características físicas dos ciclistas revelou que estas afetam o rendimento dependendo do tipo de terreno e de provas. Mujika & Padilla, (2001), avaliaram as características físicas dos ciclistas e verificaram que existia uma relação entre a massa corporal e o desempenho. Nos trepadores a resistência é principalmente determinada pela ação da gravidade ao invés dos roladores que, por terem uma maior área frontal, encontram resistência aerodinâmica (Mujika & Padilla, 2001).

Reilly & Williams, (2003), referem que a idade cronológica não é o marcador biológico ideal, considerando que atletas maiores podem garantir uma vantagem que deriva do tamanho relativamente a um atleta com a mesma idade cronológica, mas com menor tamanho. Existem diversas formas de avaliar o estado de crescimento, maturação e desenvolvimento dos jovens atletas e para realizar esta avaliação pode recorrer-se a métodos não invasivos. Um método não invasivo é o proposto por Khamis & Roche (1994, 1995) que permite estimar a estatura matura de jovens atletas. Este é um método que se designa por estatura matura predita e dispensa a necessidade de avaliar a idade óssea. Neste sentido, o método proposto pelos autores revela que através do conhecimento de variáveis como a estatura do jovem, a massa corporal e a estatura média dos pais, recorrendo-se à multiplicação pelos coeficientes de ponderação associados à idade óssea dos sujeitos, é possível estimar a estatura matura predita. Pode, também, recorrer-se ao método proposto por Sherar et al., (2005) para estimar a de estatura na idade adulta. A utilização da área sob curvas cumulativas de velocidade de altura para indivíduos de maturação precoce, média e tardia permite prever a estatura matura (Sherar et al., 2005). Para o presente estudo optou-se pela utilização do método de Khamis-Roche, considerando que se teve acesso à estatura dos pais.

3. Objetivo do Estudo

O objetivo deste estudo prende-se com a avaliação do estado maturacional de jovens ciclistas portugueses, verificando o desempenho em contrarrelógio de 10 minutos, utilizando duas revoluções de pedaleira (andamentos) diferentes, apurando a relação ótima entre a força e a velocidade, a partir da análise da potência. O rendimento obtido permite-nos interpretar a capacidade que cada atleta tem para executar a ação desempenhada. Com esta análise prevê-se que possa rentabilizar-se a eficiência técnica, evitando o desperdício de energia para otimizar os resultados, comparando variáveis como a potência, cadência, frequência cardíaca, velocidade e distância percorrida. Serão utilizados, também, indicadores maturacionais.

3.1 Pertinência do Estudo

Ao longo do tempo o ciclismo tem sido alvo de fortes avanços que alteraram a forma como se perspetiva a preparação física dos atletas. Treinadores e atletas procuram, cada vez mais, identificar variáveis capazes de predizer a probabilidade de sucesso em competição ou para deteção de jovens talentos. Neste sentido, o presente estudo visa avaliar o desempenho de jovens atletas de escalões de formação que integram o calendário competitivo da Federação Portuguesa de Ciclismo. Procura-se verificar, através do desempenho e do estatuto maturacional, quais os andamentos que se devem colocar nas bicicletas dos atletas, por forma a permitir que exista um ajuste do equipamento, de acordo com as reais capacidades físicas individuais.

Esta ideia surgiu da necessidade de adaptar os andamentos de acordo com o tipo de competição em que os atletas participam. São vários os atletas que integram nos seus calendários corridas em Espanha, sendo que algumas delas permitem a utilização de andamentos escolhidos pelos atletas/treinadores, ao invés do que sucede em Portugal, que para o escalão de cadetes se limita à utilização do andamento 52x14, que percorre 7,93m por cada volta completa do pedal (ciclo de pedalada).

Tendo em consideração que não existe consenso a nível internacional sobre a temática e deparando-nos com a necessidade de perceber se os atletas estão capacitados para a utilização de andamentos mais pesados, propusemo-nos ao presente estudo.

4. Metodologia

4.1 Autorização e Consentimento

Todos os intervenientes no estudo (atletas, pais e/ou encarregados de educação e treinadores) foram informados sobre o objetivo do estudo. Foi explicado todo o processo de recolha e análise dos dados, tendo sido assinado o termo de consentimento informado aprovado pelo Conselho Científico.

4.2 Caracterização e Seleção da Amostra

Neste projeto participaram atletas da equipa Cantanhede *Cycling*, do escalão de cadetes (15 e 16 anos). A realização dos testes foi de livre participação e consentimento informado, autorizando a utilização dos dados obtidos para análise que se expõe nesta dissertação. Foi distribuído um relatório, com todos os dados obtidos, aos atletas que participaram no estudo, bem como ao respetivo treinador com consentimento do atleta.

4.3 Amostra

Avaliaram-se 6 atletas masculinos do escalão de cadetes com idades compreendidas entre os 15 e 16 anos.

4.4 Critério de Inclusão

Foi definido como critério de inclusão a aprovação no exame médico desportivo, inscrição como atleta federado sob a égide da Federação Portuguesa de Ciclismo e participação em provas regionais ou nacionais. Os atletas deveriam ter, pelo menos, 1 ano de experiência competitiva e pertencer ao escalão de cadetes (15 e 16 anos). É necessário que os Encarregados de Educação tenham lido e aceite o consentimento informado, que deveria estar, devidamente, assinado.

4.5 Maturação

Para avaliação do estado maturacional dos atletas avaliados recorreu-se à avaliação da altura no momento da recolha e solicitou-se que fosse disponibilizada a estatura dos pais para aferir a estatura matura predita, deste modo, utilizaram-se as seguintes fórmulas:

Estatuta Matura Predita = interseção + estatura \times (coeficiente para estatura) + massa corporal \times (coeficiente para massa corporal) média de estatura parental \times (coeficiente para a média de estatura parental)

Os coeficientes do método de Khamis-Roche são apresentados em polegadas e libras, pelo que requerem a conversão para o sistema métrico convencional (quilogramas e centímetros). O indicador da estatura matura predita é dado pela percentagem de altura já alcançada no momento da medição. Este é um método que assume que um indivíduo está mais próximo da sua altura adulta prevista do que o esperado para a idade, logo está avançado no estado maturacional, enquanto um indivíduo que se encontra abaixo do previsto está atrasado maturacionalmente (Cumming et al., 2009).

$$\% \text{ *Estatuta Matura Predita* } = \frac{\text{Estatuta atual}}{\text{Estatuta Matura Predita}} \times 100$$

Para determinar o *maturity offset* vamos recolher os seguintes dados: idade cronológica, estatura, massa corporal, comprimento do membro inferior, altura sentado e rácio (r) entre massa corporal e estatura, que é dado por $r = \frac{\text{Massa corporal}}{\text{estatura}} \times 100$, (Mirwald et al., 2002).

Maturity offset

$$\begin{aligned} &= -9,236 + [0,002708 \times (\text{comprimento do membro inferior} \times \text{altura sentado})] + [8 \\ &- 0,001663 \times (\text{idade cronológica} \times \text{comprimento do membro inferior})] \\ &+ [(0,007216 \times (\text{idade cronológica} \times \text{altura sentado})] \\ &+ (0,02292 \times \text{rácio massa corporal e estatura}) \end{aligned}$$

O resultado desta equação permite-nos estimar a distância, em anos, a que um jovem se encontra do pico de velocidade de crescimento em altura (PVC) e o valor pode ser negativo ou positivo. Assim, os jovens podem ser agrupados em grupos de acordo com o resultado obtido, segundo a metodologia proposta por Mendez-Villanueva et al., (2010) o estado maturacional é definido pela idade atual relativamente à idade no pico de velocidade de crescimento (IPVC). Nesta perspetiva, os participantes serão distribuídos em três grupos dependendo do estado maturacional: pré -IPVC (<-1,5 anos do PVC), no estimado (>-1,5 anos do PVC a <1,5 anos do PVC) e pós-IPVC (>1,5 anos do PVC).

4.6 Antropometria

A antropometria permite quantificar as dimensões externas do corpo humano, recorrendo a um conjunto técnicas de medição *standard* e posições específicas de medida, com recurso a instrumentos apropriados. Todas as medições serão realizadas conforme descrito pela *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK). Serão recolhidos os seguintes dados, massa corporal, estatura, altura sentado, comprimentos (braço, antebraço, coxa e perna), perímetros (peitoral, braquial, coxa e gastrocnémio), diâmetros (cintura escapular) e pregas cutâneas (subescapular, midaxilar, peito, abdominal, suprailíaca, tricipital, crural e geminal).

Através da medição das pregas subcutâneas é possível estimar a percentagem de massa gorda, deste modo, utilizando a equação proposta por SLAUGHTER et al., (1988) para rapazes entre os 8 e os 18 anos e verificou-se qual a percentagem de massa gorda dos atletas avaliados.

$$\text{Massa Gorda (Mg)} = 0.735(\text{tríceps} + \text{gastrocnémio}) + 1.0$$

Composição corporal entende-se como a proporção entre os diferentes componentes corporais e a massa corporal total, que pode expressar-se em percentagem de massa gorda (%Mg) e percentagem de massa magra (%Mm), de acordo com (F. Gonçalves & Mourão, 2008). De acordo com o mesmo autor, a avaliação da composição corporal revela-se importante pois permite quantificar a quantidade de gordura de um indivíduo.

Após a leitura da introdução e revisão da literatura deveriam ser identificados o problema de investigação, a pertinência e os objetivos.

Tabela 1. Top-5 dos Campeonatos da Europa de Juniores no período entre 2011 e 2021.

	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011
1º	França	Dinamarca	Ucrânia	Bélgica	Itália	França	Polónia	Itália	França	Áustria	França
2º	Noruega	Chéquia	Alemanha	Suíça	Noruega	França	Bélgica	Bélgica	França	França	França
3º	França	Bélgica	Itália	Espanha	Alemanha	Eslovénia	Países Baixos	França	Bélgica	Itália	Bélgica
4º	Bélgica	Alemanha	Países Baixos	Bélgica	Dinamarca	Países Baixos	Bélgica	Suíça	França	Eslovénia	Itália
5º	Itália	Itália	Alemanha	Chéquia	Noruega	Itália	Suíça	Luxemburgo	Itália	Eslovénia	Rússia

Tabela 2. Medalheiro por país entre 2011 e 2021.

País	1º	2º	3º	4º	5º	TOTAL
França	4	4	2	1		11
Bélgica	1	2	3	3		9
Itália	2		2	1	4	9
Alemanha		1	1	1	1	4
Noruega		2			1	3
Suíça		1		1	1	3
Eslovénia			1	1	1	3
Países Baixos			1	2		3
Chéquia		1			1	2
Dinamarca	1			1		2
Espanha			1			1
Polónia	1					1
Áustria	1					1
Luxemburgo					1	1
Ucrânia	1					1
Rússia					1	1

De acordo com os resultados analisados no site da União Ciclista Internacional (UCI) no período 2011-2021 (Tabela 2), os países mais medalhados em Campeonatos da Europa no escalão júnior são a França a Bélgica e a Itália.

Na Tabela 4 apresenta-se a relação de andamentos utilizada na categoria de cadetes pelos países com melhores resultados em campeonatos da Europa de juniores entre 2011 e 2021. É possível verificar que em Portugal é utilizada, nesta categoria, uma relação de andamentos diferente da utilizada nos países identificados, com melhores resultados em Campeonatos da Europa de juniores. Esta relação de andamentos é o número de metros que a bicicleta percorre por uma revolução completa da roda pedaleira. No regulamento federativo português até janeiro 2023 estava prevista a utilização da relação 46x14 (7,02m) tendo sido atualizado para 52x14 (7,93m), ou seja, por cada volta completa do pedal a bicicleta passou a percorrer mais 91cm.

Tabela 3. Lista de andamentos utilizados por escalão nos países selecionados.

	Portugal	França	Itália	Bélgica	UCI
	Cadetes	Cadetes	Cadetes	Cadetes	Juniores
Andamento	52x14	50x14	52x16	48x14	LIVRE
Revolução de Pedaleira	7,93m	7,63m	6,94m	7,32m	N/A

UCI: União Velocipédica Internacional

4.6 Protocolo de teste

No terreno realizou-se um protocolo, conforme descrito na tabela 5, com aquecimento de 20 min a uma cadência entre 60 e 80 rpm com 2 sprints de 10 s. Finalizado o aquecimento, o atleta iniciou um contrarrelógio de 10 min com o andamento previamente selecionado (52x14=7,93 m na primeira avaliação e 52x11=10,09 m na outra avaliação). Após terminar o teste, realizou-se um retorno à calma de 10 min.

Tabela 4. Protocolo de teste.

Protocolo				
	Volume	Intensidade	Andamentos	
	Aquecimento	20 min	60-90 rpm	Livre
CRI	Teste (máximo)	10 min	Máximo	Andamento de teste
	Retorno à calma	10 min	70-90 rpm	Livre

CRI: Contrarrelógio Individual.

4.7 Materiais Utilizados

Utilizaram-se os pedais *Assioma Favero Duo* equipados com potenciómetro para obter os dados de potência e de cadência. Para registo da distância realizada, do tempo de prova e da frequência cardíaca, utilizou-se um *garmin forerunner 945*, equipado com GPS.

Os atletas realizaram 2 testes, com diferentes andamentos como mostra a tabela 6. Cada teste foi realizado com um intervalo mínimo de 2 dias e máximo de 1 semana.

Para a medição de massa corporal dos atletas, optou-se por vestuário que não compromettesse a medição, sendo observado de calções e descalço, utilizando uma balança SECA (modelo 770) que fornece os dados com uma aproximação de 0,1Kg. A antropometria avaliou-se com recurso a um

antropómetro de segmentos metálicos com ponteiros retilíneos, os perímetros mediram-se com recurso a fita métrica.

Tabela 5. Andamentos de teste.

Teste		
	Andamento	Revolução (m)
Cadetes	52x14	7,93
Definido para teste	52x11	10,09

M: Metros.

4.7 Análise estatística

Para a análise estatística recorreu-se à utilização do *software IBM SPSS Statistics versão 28.0 para Windows*. Recorreu-se a testes não paramétricos com correlação de Spearman para verificar a existência de correlações entre as variáveis estatísticas. Os atletas foram agrupados por grupo de performance definido pela distância percorrida em cada teste. Calculou-se a média e desvio padrão de todas as variáveis analisadas.

5. Resultados

A tabela 6 apresentam-se os resultados de antropometria e do teste de 10 min com diferentes andamentos de pedaleira. É possível verificar que a idade média dos atletas é $15,9 \pm 0,4$ anos. Relativamente aos anos de prática a média verificada é $5,2 \pm 3,0$ anos e o número de horas de treino semanal apresenta uma média $11,3 \pm 1,2$ horas.

A análise antropométrica revelou que a média de estatura é $172,25 \pm 7,73$ cm e a estatura sentado $89,47 \pm 2,78$ cm. A massa corporal $60,12 \pm 2,69$ kg e a percentagem de massa gorda é $13,62 \pm 2,69$ %. Na análise aos perímetros verificou-se que a média do perímetro da coxa é $49,05 \pm 2,93$ cm e o perímetro geminal é $34,55 \pm 2,56$ cm.

O diâmetro biacromial apresenta uma média de $40,65 \pm 1,56$ cm. Na avaliação da maturação verificou-se que a estatura matura predita apresenta uma média de $176,19 \pm 7,25$ cm, a percentagem de estatura matura predita é $97,90 \pm 0,97$ %, o *maturity offset* é $1,75 \pm 0,52$ anos e a idade no pico de velocidade de crescimento é $14,19 \pm 0,46$ anos.

Ao realizar-se a análise aos dados de performance obtidos verifica-se que com o andamento 52x14 a distância média é $6,22 \pm 0,35$ km, a velocidade média é $37,65 \pm 2,30$ km/h, a potência média é $286,50 \pm 31,04$ watts e a cadência média $80,0 \pm 4,49$ rpm.

Já no teste com o andamento 52x11 os dados analisados reportam que a distância média é $6,52 \pm 0,42$ km, a velocidade média é $39,13 \pm 2,61$ km/h, a potência média é $280,00 \pm 25,53$ watts e a cadência média $66,50 \pm 3,83$ rpm.

Tabela 6. Resultados de antropometria, maturação e do teste de 10 min com diferentes revoluções de pedaleira.

Variável	Média \pm Desvio Padrão
Idade cronológica (anos)	15.93 \pm 0,4
Anos de prática (anos)	5.17 \pm 2.99
Horas de treino por semana (horas)	10.67 \pm 1.21
Antropometria	
Estatura (cm)	172.25 \pm 7.73
Estatura sentado (cm)	89.47 \pm 2.78
Massa corporal (kg)	60.12 \pm 2.69
Massa Gorda (%)	13,62 \pm 2,69
Perímetro braquial (cm)	25.95 \pm 1.40
Perímetro do peito (cm)	80.92 \pm 2,88
Perímetro da coxa (cm)	49.05 \pm 2.93
Perímetro geminal (cm)	34.55 \pm 2.56
Diâmetro biacromial (cm)	40.65 \pm 1.56
Comprimento do braço (cm)	32.75 \pm 1.38
Comprimento do antebraço (cm)	25.33 \pm 1.86
Comprimento da coxa (cm)	43.82 \pm 6.70

Comprimento da perna (cm)	40.70 ± 2.56
Maturação	
Estatura Madura Predita (cm)	176.19 ± 7.25
Estatura Madura Predita (%)	97.90 ± 0.97
<i>Maturity Offset</i> (anos)	1.75 ± 0.52
Idade Pico Velocidade de Crescimento	14.19 ± 0.46
Performance	
Teste com andamento 52x14	
Distância CRI (km)	6.22 ± 0.35
Velocidade média (km/h)	37.65 ± 2.30
Potência máxima (watts)	476.17 ± 98.53
Potência média (watts)	286.50 ± 31.04
Cadência máxima (rpm)	94.50 ± 4.23
Cadência média (rpm)	80.0 ± 4.69
Teste com andamento 52x11	
Distância CRI (km)	6.52 ± 0.42
Velocidade média (km/h)	39.13 ± 2.61
Potência máxima (watts)	461.83 ± 86.04
Potência média (watts)	280.00 ± 25.53
Cadência máxima (rpm)	83.67 ± 10.03
Cadência média (rpm)	66.50 ± 3.83

Cm: centímetros; km: quilómetros; km/h: quilómetros por hora; rpm: rotações por minuto.

Na Tabela 7 estão descritas as médias obtidas quando se agrupou os dados obtidos por grupos de performance, a partir da ordenação por distância realizada no teste. A tendência de performance dos atletas foi igual nos dois testes. Os 2 primeiros, o 3º e 4º e os dois últimos foram os mesmos atletas.

Os atletas melhores classificados apresentam idade cronológica $16,15 \pm 0,18$ anos, anos de prática $7,50 \pm 3,54$ anos, horas de treino por semana $10,50 \pm 2,12$ horas, estatura $181,00 \pm 2,83$ cm, massa corporal $67,1 \pm 3,9$ kgs, estatura matura predita $183,71 \pm 1,21$ cm, percentagem de estatura matura predita $98,52 \pm 0,89$ %, *maturity offset* $2,28 \pm 0,06$ anos, idade no pico de velocidade de crescimento $13,87 \pm 0,11$ anos.

A tabela 8., descreve os resultados de performance obtidos com os dois andamentos em estudo. Com o andamento 52x14 a distância realizada $6,50 \pm 0,14$ km, potência máxima $581,00 \pm 46,67$ watts, potência média $318,50 \pm 20,51$ watts e cadência média $83,50 \pm 2,12$ rpm.

Já com o andamento 52x11 a distância realizada $6,95 \pm 0,35$ km, potência máxima $521,50 \pm 62,93$ watts, potência média $302,50 \pm 14,85$ watts e cadência média $70,00 \pm 4,24$ rpm.

Os atletas classificados em 3º e 4º apresentam idade cronológica $15,54 \pm 0,58$ anos, anos de prática $6,00 \pm 0,00$ anos, horas de treino por semana $11,50 \pm 5,71$ horas, estatura $170,75 \pm 5,79$ cm, massa corporal $58,80 \pm 2,69$ kgs, estatura matura predita $175,81 \pm 5,80$ cm, percentagem de estatura

matura predita $97,15 \pm 1,39$ %, *maturity offset* $1,52 \pm 0,60$ anos, idade no pico de velocidade de crescimento $14,03 \pm 0,02$ anos.

Com o andamento 52x14 a distância realizada $6,35 \pm 0,21$ km, potência máxima $480,50 \pm 13,44$ watts, potência média $285,00 \pm 15,56$ watts e cadência média $82,00 \pm 2,83$ rpm.

Já com o andamento 52x11 a distância realizada $6,50 \pm 0,00$ km, potência máxima $495,00 \pm 63,64$ watts, potência média $276,50 \pm 14,85$ watts e cadência média $66,00 \pm 0,00$ rpm.

Os atletas com pior classificação apresentam idade cronológica $16,12 \pm 0,22$ anos, anos de prática $2,00 \pm 0,00$ anos, horas de treino por semana $10,50 \pm 0,00$ horas, estatura $165,00 \pm 4,24$ cm, massa corporal $54,50 \pm 8,34$ kgs, estatura matura predita $169,05 \pm 3,55$ cm, percentagem de estatura matura predita $98,04 \pm 0,09$ %, *maturity offset* $1,46 \pm 0,36$ anos, idade no pico de velocidade de crescimento $14,66 \pm 0,58$ anos.

Com o andamento 52x14 a distância realizada $5,80 \pm 0,14$ km, potência máxima $367,00 \pm 18,39$ watts, potência média $256,00 \pm 15,56$ watts e cadência média $74,50 \pm 2,12$ rpm.

Já com o andamento 52x11 a distância realizada $6,10 \pm 0,14$ km, potência máxima $369,00 \pm 49,50$ watts, potência média $261,00 \pm 32,52$ watts e cadência média $63,50 \pm 3,54$ rpm.

Tabela 7. Média e Desvio Padrão de dados agrupados por grupo de performance.

Variável	Performance (média ± desvio padrão)		
	1º e 2º	3º e 4º	5º e 6º
Idade cronológica (anos)	16,15 ± 0,18	15.54 ± 0.58	16.12 ± 0.22
Anos de prática (anos)	7,50 ± 3,54	6.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
Horas de treino por semana (horas)	10,50 ± 2,12	11.50 ± 0.71	10.00 ± 0.00
Antropometria			
Estatura (cm)	181,00 ± 2,83	170.75 ± 5.79	165.00 ± 4.24
Estatura sentado (cm)	92,20 ± 0,4	89.25 ± 1.77	86.95 ± 2.76
Massa corporal (cm)	67,1 ± 3,9	58.80 ± 2.69	54.50 ± 8.34
Massa Gorda (%)	15.34 ± 3.64	13.13 ± 3.63	12.40 ± 0.52
Maturação			
Estatura Madura Predita (cm)	183.71 ± 1.21	175.81 ± 5.80	169.05 ± 3.55
Estatura Madura Predita (%)	98.52 ± 0.89	97.15 ± 1.39	98.04 ± 0.09
<i>Maturity Offset</i> (anos)	2.28 ± 0.06	1.52 ± 0.60	1.46 ± 0.36
Idade Pico Velocidade de Crescimento	13.87 ± 0.11	14.03 ± 0.02	14.66 ± 0.58

Cm: centímetros.

Tabela 8. Dados de performance com os dois andamentos em estudo.

Variável	Performance (média ± desvio padrão)					
	Teste com andamento 52x14			Teste com andamento 52x11		
	1º e 2º	3º e 4º	5º e 6º	1º e 2º	3º e 4º	5º e 6º
Distância CRI (km)	6.50 ± 0.14	6.35 ± 0.21	5.80 ± 0.14	6.95 ± 0.35	6.50 ± 0.00	6.10 ± 0.14
Potência máxima (watts)	581.00 ± 46.67	480.50 ± 13.44	367.00 ± 18.39	521.50 ± 62.93	495.00 ± 63.64	369.00 ± 49.50
Potência média (watts)	318.50 ± 20.51	285.00 ± 15.56	256.00 ± 15.56	302.50 ± 14.85	276.50 ± 14.85	261.00 ± 32.52
Cadência média (rpm)	83.50 ± 2.12	82.00 ± 2.83	74.50 ± 2.12	70.00 ± 4.24	66.00 ± 0.00	63.50 ± 3.54

CRI: contrarrelógio individual; km: quilômetros; rpm: rotações por minuto.

A tabela 8 apresenta as diferenças, na média e no desvio padrão, entre os atletas que obtiveram os melhores desempenhos, ou seja, aqueles que obtiveram maior distância percorrida, com cada andamento de teste. É possível verificar que os atletas que realizaram maior distância são os que apresentam maior estatura, maior massa corporal, os que têm mais anos de prática, apresentam maior valor de potência máxima, maior valor de potência média, bem como cadência mais elevada.

A potência média foi menor quando os atletas realizaram o teste com o andamento mais pesado, ainda que tenham percorrido uma distância maior.

Isto parece sugerir que as características individuais são um fator influenciador no resultado. Destarte, tal conclusão pode ser aferida, bem como justificável pela diferença de metros que cada revolução de pedaleira permite percorrer ($52 \times 14 = 7,93\text{m}$ e $52 \times 11 = 10,09\text{m}$).

Tabela 9. Correlação de Spearman para andamento 52x14 e 52x11.

	N	Andamento 52x14					Andamento 52x11						
		Distância	Potência Máxima	Potência Média	Cadência média	Velocidade média	FC média	Distância	Potência Máxima	Potência Média	Cadência média	Velocidade média	FC média
		Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação
Idade Cronológica	6	-0.290	-0.290	0.116	-0.290	-0.290	-0.603	0.000	-0.145	0.145	0.092	0.029	0.074
Anos de Prática	6	0.883*	0.794	0.618	0.883*	0.883*	-0.045	0.806	0.883*	0.618	0.657	0.794	0.537
Treino por semana (H)	6	0.618	0.353	0.000	0.618	0.618	0.224	0.313	0.618	0.088	0.188	0.265	0.000
EMP	6	0.829*	0.943**	0.943**	0.829*	0.829*	-0.319	0.928**	0.771	0.771	0.880*	0.886*	0.522
% EMP	6	-0.371	-0.086	0.371	-0.371	-0.371	-0.203	0.029	-0.429	0.314	0.091	0.143	0.493
Maturity offset	6	0.314	0.600	0.829*	0.314	0.314	-0.696	0.696	0.257	0.886*	0.759	0.771	0.638
Idade no PVC	6	-0.829*	-0.943**	-0.943**	-0.829*	-0.829*	0.464	-0.986**	-0.771	-0.943**	-0.941**	-1.000**	-0.667
Estatura	6	0.829*	0.943**	0.943**	0.829*	0.829*	-0.319	0.928**	0.771	0.771	0.880*	0.886*	0.522
Estatura Sentado	6	0.657	0.829*	0.886*	0.657	0.657	-0.667	0.899*	0.543	1.000**	0.941**	0.94**	0.580
Massa Corporal	6	0.543	0.771	0.943**	0.543	0.543	-0.580	0.841	0.429	0.943**	0.880*	0.886*	0.638

		Distância	Potência Máxima	Potência Média	Cadência média	Velocidade média	FC média	Distância	Potência Máxima	Potência Média	Cadência média	Velocidade média	FC média
	N	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação	Coefficiente de correlação
Soma 7 Pregas	6	-0.371	-0.086	0.371	-0.371	-0.371	-0.203	0.029	-0.429	0.314	0.091	0.143	0.493
% Massa Gorda	6	0.029	0.319	0.696	0.029	0.029	-0.426	0.441	-0.058	0.696	0.493	0.551	0.676
Perímetro Braquial	6	-0.029	0.143	0.371	-0.029	-0.029	-0.406	0.203	-0.314	0.486	0.395	0.257	0.058
Perímetro do Peito	6	-0.257	-0.029	0.257	-0.257	-0.257	-0.522	0.058	-0.486	0.429	0.273	0.143	0.058
Perímetro da coxa	6	0.086	0.314	0.600	0.086	0.086	-0.406	0.377	-0.143	0.600	0.516	0.429	0.290
Perímetro Geminal	6	0.429	0.486	0.429	0.429	0.429	-0.667	0.551	0.200	0.771	0.698	0.600	0.116
Diâmetro Biacromial	6	0.314	0.371	0.486	0.314	0.314	0.145	0.319	0.143	0.200	0.334	0.257	0.087
Comprimento do Braço	6	0.714	0.771	0.714	0.714	0.714	-0.174	0.696	0.600	0.486	0.698	0.600	0.145
Comprimento do Antebraço	6	0.600	0.714	0.543	0.600	0.600	-0.812*	0.667	0.486	0.657	0.820*	0.600	-0.116
Comprimento da Coxa	6	0.486	0.600	0.829*	0.486	0.486	0.145	0.638	0.486	0.543	0.516	0.657	0.754
Comprimento da Perna	6	0.600	0.657	0.543	0.600	0.600	-0.232	0.551	0.429	0.314	0.577	0.429	-0.058

PVC: Pico de Velocidade de Crescimento; H: Horas; EMP: Estatura Madura Predita; *. A correlação é significativa no nível 0.05; **. A correlação é significativa no nível 0.01.

A análise dos resultados apresentados na tabela 9, sugerem que com o andamento 52x14 (n=6) revela que existe uma correlação estatisticamente significativamente no nível $p>0,05$ entre os anos de prática e a distância percorrida, a cadência e a velocidade média ($p=0.883$).

A estatura matura predita tem uma correlação estatisticamente significativa no nível $p>0,05$ com a distância ($p=0.829$), no nível $p>0,01$ com potência máxima ($p=0.943$), potência média ($p=0.943$), e no nível $p>0,05$ com cadência média ($p=0.829$) e a velocidade média ($p=0.829$).

O maturity offset apresenta uma correlação estatisticamente significativa no nível $p>0,05$ com a potência ($p=0.829$).

A idade no PVC expõe uma correlação estatisticamente significativa com a distância no nível $p>0,05$ ($p=0.829$), no nível $p>0,01$ com a potência máxima ($p=-0.943$) e potência média ($p=-0.943$) e no nível $p>0,05$ com a cadência ($p=0.829$) e velocidade ($p=0.829$).

A estatura exibe uma correlação estatisticamente significativa no nível $p>0,05$ com a distância ($p=0.829$), no nível $p>0,01$ com a potência máxima ($p=0.943$), e no nível $p>0,05$ com a cadência ($p=0.829$) e a velocidade média ($p=0.829$).

A estatura sentada correlaciona-se significativamente no nível $p>0,05$ com a potência máxima ($p=0.829$) e com a potência média ($p=0.888$).

A massa corporal apresenta uma correlação estatisticamente significativa com a potência média ($p=0.943$), no nível $p>0,01$. O comprimento do antebraço correlaciona-se no nível $p>0,05$ com a FC ($p=-0.812$). Já o comprimento da coxa correlaciona-se no nível $p>0,05$ com a potência média ($p=0.829$).

Por outro lado, com o andamento 52x11 (n=6) a análise revela que existe uma correlação estatisticamente significativa no nível $p>0,05$ entre os anos de prática e a potência máxima ($p=0.883$).

A estatura matura predita apresenta uma correlação estatisticamente significativa no nível $p>0,01$ com a distância ($p=0.928$), e no nível $p>0,05$ com a cadência média ($p=0.880$) e a velocidade média ($p=0.886$).

O maturity offset correlaciona-se no nível $p>0,05$ com a potência média ($p=0.886$).

A idade no PVC apresenta uma correlação estatisticamente significativa no nível $p>0,01$ com a distância ($p=0.982$), com a potência média ($p=-0.943$), cadência ($p=-0.941$) e velocidade ($p=-1.000$).

A estatura apresenta uma correlação estatisticamente significativa no nível $p > 0,01$ com a distância ($p = 0.928$) e o nível $p > 0,05$ cadência ($p = 0.880$) e velocidade média ($p = 0.886$).

A estatura sentada revela uma correlação estatisticamente significativa no nível $p > 0,01$ com a distância ($p = 0.899$), com a potência média ($p = 1.000$), a cadência ($p = 0.941$) e a velocidade média ($p = 0.94$).

A massa corporal apresenta uma correlação estatisticamente significativa no nível $p > 0,01$ com a potência média ($p = 0.943$) e no nível $p > 0,05$ com a cadência ($p = 0.880$) e a velocidade média ($p = 0.886$).

O comprimento do antebraço apresenta uma correlação estatisticamente significativa no nível $p > 0,05$ com a cadência ($p = 0.820$).

Tabela 10. Performance individual com os dois andamentos em estudo.

Atleta	Performance com 52x14					Performance com 52x11					
	Massa Corporal (kg)	Distância (km)	Velocidade média (km/h)	Potência média (W)	W/kg	Cadência média (rpm)	Distância (km)	Velocidade média (km/h)	Potência média (W)	W/kg	Cadência média (rpm)
A	64,3	6,6	40	304	4,73	85	7,2	43,4	313	4,87	73
B	69,8	6,4	38,8	333	4,77	82	6,7	40,3	292	4,18	67
C	60,4	5,9	35,7	267	4,42	76	6,2	36,7	284	4,70	66
D	60,7	6,2	37,6	296	4,88	80	6,5	39,2	287	4,73	66
E	56,9	6,5	39,6	274	4,82	84	6,5	39,0	266	4,67	66
F	48,6	5,7	34,2	245	5,04	73	6,0	36,2	238	4,90	61

Kg: quilograma; km: quilômetro; km/h: quilômetro por hora; W/kg: watts por quilograma; rpm: rotações por minuto.

A tabela 10 apresenta os dados de performance individual para os dois andamentos estudados. Podemos apurar que há um atleta que se destaca dos demais apresentando índices de performance que suscitam a análise. É possível identificar que o atleta foi o único que melhorou a distância percorrida (7,2m) e a potência média (313W) quando realizou o teste com o andamento mais pesado, baixando apenas a cadência (73 rpm). Os restantes atletas apresentaram valores de distância próximos com os dois andamentos, ainda assim, superior com o 52x11 que é mais pesado e que permite percorrer maior distância por ciclo de pedalada, verificando-se uma diferença de cerca de 300m percorridos. Os atletas apresentaram valores mais baixos de cadência e de potência no andamento 52x11, apesar de percorrerem maior distância.

6. Discussão

O objetivo deste estudo prende-se com a avaliação do estado maturacional de jovens ciclistas portugueses verificando o desempenho em contrarrelógio de 10 minutos, utilizando duas revoluções de pedaleira (andamentos) diferentes. A decisão de realizar este teste susteve-se na necessidade de verificar os parâmetros do ciclismo nacional com o ciclismo internacional. Daí surgiu a hipótese de avaliar andamentos que se podem utilizar em provas internacionais comparativamente ao limite de andamento que se utiliza nas provas nacionais. Muitos dos atletas portugueses incluem no calendário competições em Espanha. Em algumas dessas competições os regulamentos permitem a escolha livre de andamentos, ao contrário do calendário português que estabelece em todas as provas o limite de andamentos máximos a utilizar, o 52x14. Ao depararmos com esta problemática decidiu-se que o ideal seria comparar o estado maturacional dos atletas e comparar com o desempenho com os andamentos definidos pela Federação Portuguesa de Ciclismo, em regulamento federativo para a época 2022/2023, e um andamento mais “pesado” que aquele. Quando verificamos os resultados alcançados pelos atletas verificamos que com andamentos mais duros os atletas tendem a baixar a cadência de pedalada, dados que são semelhantes aos obtidos por Faria et al., (2005) que verificou o mesmo com atletas do escalão de elite.

Os resultados parecem apontar no sentido de que a maturação biológica tem um papel importante no desempenho dos atletas. Na comparação entre grupos de performance foi possível verificar que os atletas com melhor classificação ($n=2$) apresentam uma idade cronológica de $16,15 \pm 0,18$ anos que é superior à dos atletas classificados em 3º e 4º ($n=2$) $15,54 \pm 0,58$ anos e que os atletas com pior desempenho ($n=2$) $16,12 \pm 0,22$ anos. Também os anos de prática parecem ter alguma influência na performance, uma vez que os atletas que obtiveram os melhores desempenhos são aqueles que praticam a modalidade há mais anos. Estes dados são semelhantes aos observados por Fernandes et al., (2021) que apurou que os canoístas com melhor desempenho eram mais maduros que os seus pares, com mais anos de prática e um nível técnico superior, evidenciando um maior incremento de força.

O desenvolvimento de um atleta para a obtenção do seu máximo potencial é um processo moroso e paciente com diversos fatores associados que contribuem e influenciam essa evolução. As características fisiológicas, equipamento utilizado, personalidade, táticas, estratégias e técnica são alguns dos fatores que influenciam

o processo de desenvolvimento de um talento (Fernandes, 2013). Pelo que a avaliação do processo de desenvolvimento e as questões relacionadas com o equipamento devem ser avaliadas de forma permanente e a longo prazo para haver um termo de comparação. Com o andamento 52x14 (n=6) verificou-se uma correlação significativa dos anos de prática com a distância percorrida, a cadência e a velocidade média. A estatura matura predita correlacionou-se significativamente com a distância, potência máxima e média, cadência e velocidade média. Estes dados apontam para o melhor desempenho dos atletas que atingiram o pico de velocidade de crescimento mais cedo.

Figueiredo et al., (2009) constatou, num estudo com jovens futebolistas, que os resultados de performance derivam de uma relação direta com a maturação e o crescimento. A maturação pode, inclusivamente, ser utilizada para deteção e seleção de jovens talentos. Neste sentido, atletas com a mesma idade cronológica podem apresentar diferentes níveis de desenvolvimento o que garante uma maior aptidão aos jovens avançados maturacionalmente em comparação com os que são atrasados maturacionalmente (Malina et al., 2015).

No nosso estudo foi possível verificar para o andamento 52x14 que os atletas com maior número de anos de prática da modalidade foram os que tiveram melhores desempenhos, uma vez que esta variável se relaciona com a distância percorrida, cadência de pedala e velocidade média. Atletas com maior estatura matura predita tiveram melhores índices de distância, potência máxima e média, cadência e velocidade média. Aqueles que atingiram o pico de velocidade de crescimento mais cedo tiveram melhores desempenhos a nível de distância percorrida, potência gerada, cadência e velocidade mais elevadas. A estatura parece indicar que os atletas mais altos são os que percorrem maior distância, produzindo mais força e com cadência e velocidade mais elevada, tal como a estatura sentada que indica que os atletas produzem mais potência. Já a massa corporal relaciona-se positivamente com a capacidade de gerar potência, facto verificado também no comprimento da coxa na relação com a produção de força.

Por outro lado, com o andamento 52x11 os anos de prática apenas revelaram uma correlação com a capacidade de gerar maior potência máxima. Este facto pode estar relacionado com índices de especialização e de técnica associados à experiência na modalidade. A estatura matura predita (EMP) parece ter influência na distância percorrida, na cadência de pedalada e na velocidade média, isto é, atletas com maior EMP apresentam melhores desempenhos nas variáveis mencionadas. A idade no PVC indica que os atletas que atingiram o pico de

velocidade de crescimento mais cedo percorrem uma distância maior com mais potência média, maior cadência e velocidade média superior aos seus pares. A estatura tem influência na distância percorrida, na cadência e na velocidade média, por seu turno a estatura sentada tem, também, influencia ao nível da potência média. A massa corporal correlacionou-se significativa e positivamente com a cadência e as potência e velocidade médias, garantindo melhor desempenho aos atletas mais pesados. Correia, (2021) num estudo com atletas de *jiu-jitsu* verificou que a maturação biológica e os fatores antropométricos como a altura e o comprimento dos membros inferiores se correlacionam com o desempenho na taxa de produção de força muscular.

Marín-Pagán et al., (2021) refere, no seu estudo com jovens ciclistas, que a idade e a maturação biológica, tal como o histórico desportivo do atleta influenciam os resultados. No presente estudo os dados reportam para uma análise semelhante ao descrito.

Do mesmo modo, os dados obtidos no nosso estudo são similares aos que Coelho & Rama, (2016) obtiveram num estudo com jovens canoístas e onde verificaram que os atletas que produziram maior potência foram os que garantiram melhor desempenho. Existe a evidência de que o *maturity offset* se correlaciona com a performance (Coelho & Rama, 2016), ou seja, atletas avançados maturacionalmente apresentam uma performance com melhores índices.

Ao analisarmos os dados de cadência podemos identificar que ao colocar um andamento mais resistente os atletas têm mais dificuldade em pedalar com rotações por minuto semelhante ao que acontece com andamento com menos resistência. Estes factos parecem indicar que, caso os atletas produzissem a mesma cadência a velocidade seria maior, baixando os índices de fadiga e melhoravam a distância percorrida. Lucía et al. (2001) evidenciou, nos seus estudos, que uma velocidade elevada pode ser alcançada com cadências superiores a 90 rpm e cadências mais baixas verificam-se com andamentos mais duros. Evidências que também foi possível verificar no nosso estudo.

Por seu turno, também Abade et al. (2012) verificou num estudo com jovens nadadores dados semelhantes aos que verificámos, havendo evidência de que atletas que treinam há mais anos e com maior experiência desportiva conseguem obter o melhor desempenho.

No ciclismo a maturação parece ter um papel fundamental, tal como apontam os dados por nós obtidos. Jacques et al. (2014) refere no seu estudo que

a alteração entre a cadência de pedalada não reflete diferença na potência articular, sugerindo que o padrão coordenativo de pedalada e o trabalho mecânico articular se mantenha.

As características antropométricas parecem apontar para determinada especialidade no ciclismo. Atletas com massa corporal maior têm melhores desempenhos em provas planas ou no esforço contra o tempo, enquanto que atletas mais leves parecem ter desempenhos relevantes em provas com maior altimetria, considerando-se, por isso, trepadores (Mujika & Padilla, 2001).

Foi possível verificar que os atletas tiveram desempenhos diferentes com os dois andamentos avaliados. Com 52x14 tiveram desempenhos inferiores comparativamente ao 52x11, quando avaliamos a distância como fator que define o desempenho. Quanto a cadência e a potência, com o andamento 52x14 os valores foram superiores do que com o 52x11.

Então, como com o andamento mais pesado os atletas reduziram a cadência e apresentaram valores de potência mais baixos, estes dados sugerem que o andamento possa ser demasiado pesado para estes atletas limitando-lhes a frequência gestual. Cadências demasiado altas traduzem-se em menor aplicação de força e cadências demasiado baixas refletem uma grande aplicação de força. Nem uma nem outra são o desejável.

Ao pedalar com cadências mais baixas, o ciclista tem de produzir mais força, uma vez que o torque diminui. Nesta perspectiva, deve encontrar-se uma relação ótima entre cadência e a força que permitam aos atletas atingir uma velocidade de “cruzeiro” preferencialmente numa zona plana (Lucía et al., 2001) isto garante ao atleta um deslocamento eficiente com um dispêndio de energia mínimo

Esta afirmação pode ser observada na tabela 8 que mostra que os atletas alcançaram maior distância com o andamento 52x11 apesar de os dados de cadência e potência média terem sido inferiores. Os dados suscitam que a maior distância percorrida pode obter-se pela maior revolução de pedaleira com o andamento 52x11. Isto é, com o andamento referido, por cada volta completa do pedal a bicicleta percorre 10,09m ao contrário do andamento 52x14 que por cada volta completa só percorre 7,93m.

Com base no conhecimento da modalidade é possível inferir que, caso os atletas conseguissem realizar com o andamento 52x11 a mesma cadência que realizam com 52x14 iriam percorrer uma maior distância, conseguindo uma cadência mais eficiente em termos energéticos. Lucía et al. (2001) refere que os

ciclistas adotam, de forma espontânea, cadências aproximadamente de 90 rpm em provas de tipologia plana.

7. Conclusão

A realização deste estudo teve como foco a possibilidade de avançar em pesquisas com jovens atletas de ciclismo, permitindo avaliar o estatuto maturacional e verificar os níveis de desempenho. Sabendo que os atletas pretendem sempre o melhor resultado e que clubes e federações desejam ter nas suas fileiras atletas vencedores, pode ser possível utilizar este tipo de dados para identificação e seleção de talentos.

Verificámos que são diversas as variáveis que permitem identificar dados preditores de performance. A estatura, a massa corporal e os anos de prática revelaram uma relação com o desempenho e são dados que facilmente qualquer treinador pode recolher. No nosso estudo percebemos que os atletas mais altos, mais pesados e com mais anos de prática são, conseqüentemente, aqueles que obtêm melhores desempenhos. Avaliando dados maturacionais também verificámos uma relação entre a estatura matura predita, *maturity offset* e idade no pico de velocidade de crescimento com o desempenho. Atletas que têm uma estatura matura predita mais alta e que atingem o pico de velocidade de crescimento mais cedo são os que conseguem obter os melhores resultados.

Desta forma, verificámos que os atletas obtiveram melhores desempenhos com o andamento 52x11, uma vez que consideramos que o fator determinante da performance se define pela distância percorrida. Os atletas, no mesmo teste de 10 min, obtiveram cadências e potências mais baixas com o andamento mais pesado, no entanto conseguiram superar a distância percorrida ao utilizar esse mesmo andamento. Podemos depreender que isso se deve à maior revolução do pedal com o andamento 52x11, que percorre 10,09m.

Assim, podemos concluir que, esta amostra de atletas tem desenvolvidas capacidades que lhes permite a utilização de um andamento mais pesado em competição. A nível maturacional verificámos que já atingiram o PVC e estão perto da estatura matura predita e a nível de desempenho no terreno verificámos que alcançaram uma distância superior ao utilizar um andamento que lhes permitiu percorrer maior distância.

Em futuros estudos sugerimos que se possa analisar uma amostra alargada e heterogénea relativamente à experiência, anos de prática e maturação.

8. Limitações do estudo

A principal limitação encontrada no estudo foi a necessidade de recolher dados com atletas que competem no calendário nacional e internacional e nem sempre se encontra a fase ideal da época para recolher os dados. A reduzida amostra também é uma limitação ao estudo porque pode induzir vários erros, tal como avaliar atletas da mesma equipa, pois podem ter padrões de treino semelhantes e há pouca variabilidade.

9. Referências bibliográficas

- Abade, H. M., Coelho E Silva, M. J., Figueiredo, A. J., & Rama, L. M. (2012). Morfologia e iniciação desportiva: Interdependência interdependência da idade, experiência desportiva e indicadores maturacionais em jovens nadadores. *Annals of Research in Sport and Physical Activity*, 3, 95–108. https://doi.org/10.14195/2182-7087_3_5
- Atkinson, G., Davison, R., Jeukendrup, A., & Passfield, L. (2003). Science and cycling: Current knowledge and future directions for research. *Journal of Sports Sciences*, 21(9), 767–787. <https://doi.org/10.1080/0264041031000102097>
- Barnaby, G. C., Yon, J., & Burgess, S. C. (2020). *Sprocket Size Optimization for Derailleur Racing Bicycles*. 1.
- Barreiros, A., Côté, J., & Fonseca, A. M. (2014). From early to adult sport success: Analysing athletes' progression in national squads. *European Journal of Sport Science*, 14(sup1), S178–S182. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.671368>
- Bini, R., Daly, L., & Kingsley, M. (2020). Changes in body position on the bike during seated sprint cycling: Applications to bike fitting. *European Journal of Sport Science*, 20(1), 35–42. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1610075>
- Burke, E. (2003). *High-tech cycling*. Human Kinetics.
- Coelho, A. B., & Rama, L. (2016). *Valor preditivo de um protocolo progressivo para a prova de 1000 m em kayak ergómetro*.
- Correia, A. B. (2021). *FATORES DISCRIMINANTES E RELAÇÃO ENTRE ANTROPOMETRIA E MATURAÇÃO NO DESEMPENHO DE FORÇA EM JOVENS ATLETAS DE JIU-JITSU*. 47.
- Cumming, S. P., Standage, M., Gillison, F. B., Dompier, T. P., & Malina, R. M. (2009). Biological maturity status, body size, and exercise behaviour in British youth: A pilot

- study. *Journal of Sports Sciences*, 27(7), 677–686.
<https://doi.org/10.1080/02640410902725590>
- Encarnação, T. A. M. (2016). *Análise da medição de potência em ciclismo: Comparação entre diferentes rolos de treino*. 113.
- Ettema, G., & Lorås, H. W. (2009). Efficiency in cycling: A review. *European Journal of Applied Physiology*, 106(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1008-7>
- Faria, E. W., Parker, D. L., & Faria, I. E. (2005). The Science of Cycling: Factors Affecting Performance - Part 2. *Sports Medicine*, 35(4), 313–337.
<https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00003>
- Fernandes, R. A. (2013). Analysis of the relationships between the anthropometric characteristics of young kayakers, the paddle set-up and the performance. *Dissertação de Mestrado Apresentada à Faculdade de Ciências Do Desporto e Educação Física Da Universidade de Coimbra*, 65. Coimbra.
- Fernandes, R. A., López-Plaza, D., Correas-Gómez, L., Gomes, B. B., & Alacid, F. (2021). The Importance of Biological Maturation and Years of Practice in Kayaking Performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16), 8322.
<https://doi.org/10.3390/ijerph18168322>
- Figueiredo, A. J., Gonçalves, C. E., Coelho E Silva, M. J., & Malina, R. M. (2009). Youth soccer players, 11–14 years: Maturity, size, function, skill and goal orientation. *Annals of Human Biology*, 36(1), 60–73. <https://doi.org/10.1080/03014460802570584>
- Gonçalves, C., Rama, L., & Figueiredo, A. (2012). Talent Identification and Specialization in Sport: An Overview of Some Unanswered Questions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(4), 390–393. <https://doi.org/10.1123/ijsspp.7.4.390>
- Gonçalves, F., & Mourão, P. (2008). *A AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL - A MEDIÇÃO DE PREGAS ADIPOSAS COMO TÉCNICA PARA A AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL*. 4(4), 10.

- Jacques, T. C., Lanferdini, F. J., Bini, R. R., & Vaz, M. A. (2014). Implicações da cadência de pedalada sobre a potência mecânica e o período de contração muscular no ciclismo. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 28(3), 387–394.
<https://doi.org/10.1590/1807-55092014000300387>
- Khamis, H., & Roche, A. (1994). Predicting Adult Stature Without Using Skeletal Age The Khamis-Roche Method. *Pediatrics*, 94(4), 504–507.
- Lodge, C. J., & Burgess, S. C. (2001). A model of the tension and transmission efficiency of a bush roller chain. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 216(4), 385–394.
<https://doi.org/10.1243/0954406021525179>
- Lucía, A., Hoyos, J., & Chicharro, J. L. (2001). Preferred pedalling cadence in professional cycling: *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(8), 1361–1366.
<https://doi.org/10.1097/00005768-200108000-00018>
- Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho E Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: Assessment and implications. *British Journal of Sports Medicine*, 49(13), 852–859. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094623>
- Manna, I. (2014). Growth Development and Maturity in Children and Adolescent: Relation to Sports and Physical Activity. *American Journal of Sports Science and Medicine*, 2(5A), 48–50. <https://doi.org/10.12691/ajssm-2-5A-11>
- Marín-Pagán, C., Dufour, S., Freitas, T. T., & Alcaraz, P. E. (2021). Performance Profile among Age Categories in Young Cyclists. *Biology*, 10(11), 1196.
<https://doi.org/10.3390/biology10111196>
- Miller, S. (2005). PERFORMANCE MEASUREMENT OF TENNIS EQUIPMENT. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 05(02), 217–229.
<https://doi.org/10.1142/S0219519405001424>

- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D. G., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). *An assessment of maturity from anthropometric measurements*. 6.
- Montalvo-Pérez, A., Alejo, L. B., Valenzuela, P. L., Castellanos, M., Gil-Cabrera, J., Talavera, E., Lucia, A., & Barranco-Gil, D. (2021). Validity of the Favero Assioma Duo Power Pedal System for Measuring Power Output and Cadence. *Sensors*, *21*(7), 2277.
<https://doi.org/10.3390/s21072277>
- Mostaert, M., Vansteenkiste, P., Pion, J., Deconinck, F. J. A., & Lenoir, M. (2021). The importance of performance in youth competitions as an indicator of future success in cycling. *European Journal of Sport Science*, 1–10.
<https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1877359>
- Mujika, I., & Padilla, S. (2001). Physiological and Performance Characteristics of Male Professional Road Cyclists: *Sports Medicine*, *31*(7), 479–487.
<https://doi.org/10.2165/00007256-200131070-00003>
- Reilly, T., & Williams, A. M. (2003). *Science and Soccer, Second Edition*. 341.
- Schumacher, Y. O., Mroz, R., Mueller, P., Schmid, A., & Ruecker, G. (2006). Success in elite cycling: A prospective and retrospective analysis of race results. *Journal of Sports Sciences*, *24*(11), 1149–1156. <https://doi.org/10.1080/02640410500457299>
- Sherar, L. B., Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D. G., & Thomis, M. (2005). Prediction of adult height using maturity-based cumulative height velocity curves. *The Journal of Pediatrics*, *147*(4), 508–514. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2005.04.041>
- Silva, M. C. e, Figueiredo, A. J., Elferink-Gemser, M. T., & Malina, R. M. (2010). *Youth sports: Growth, maturation and talent*. Imprensa da Universidade de Coimbra.
<https://doi.org/10.14195/978-989-26-0506-7>
- Slaughter, M. H., Lohman, T. G., Boileau, R. A., Horswill, C. A., Stillman, R. J., Loan, M. D. V., & Bembien, D. A. (1988). Skinfold Equations for Estimation of Body Fatness in Children and Youth. *Human Biology*, *60*(5), 709–723.

Swart, J., & Holliday, W. (2019). Cycling Biomechanics Optimization—The (R) Evolution of Bicycle Fitting: *Current Sports Medicine Reports*, 18(12), 490–496.

<https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000665>

Tofari, P. J., Cormack, S. J., Ebert, T. R., Gardner, A. S., & Kemp, J. G. (2017). Comparison of ergometer- and track-based testing in junior track-sprint cyclists. Implications for talent identification and development. *Journal of Sports Sciences*, 35(19), 1947–1953.

<https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1243795>