



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA



ADÍLIO GOMES SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DA CADÊNCIA DE PEDALADA: BAIXA, ALTA E COM
VARIAÇÃO, NAS MODALIDADES MOUNTAIN BIKE E ESTRADA**

UBERLÂNDIA
2021

ADÍLIO GOMES SILVA

CARACTERIZAÇÃO DA CADÊNCIA DE PEDALADA: BAIXA, ALTA E COM
VARIAÇÃO, NAS MODALIDADES MOUNTAIN BIKE E ESTRADA

Trabalho apresentado à Faculdade de Educação Física da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do certificado de Graduado em Educação Física.

Orientador: Prof. Ms. Heitor Santos Cunha

UBERLÂNDIA

2021

ADÍLIO GOMES SILVA

CARACTERIZAÇÃO DA CADÊNCIA DE PEDALADA: BAIXA, ALTA E COM
VARIAÇÃO, NAS MODALIDADES MOUNTAIN BIKE E ESTRADA

Trabalho apresentado à Faculdade de Educação
Física da Universidade Federal de Uberlândia,
como requisito parcial à obtenção do diploma
de Graduado em Educação Física.

Área de concentração: Fisiologia do Exercício

Uberlândia, 29 de Outubro de 2021

Banca Examinadora

Presidente: _____

Prof. Ms. Heitor Santos Cunha – FAEFI/UFU

Membro: _____

Prof. Dr. Guilherme Gularte de Agostini – FAEFI/UFU

Membro: _____

Prof. Dr. João Elias Dias Nunes – FAEFI/UFU

Coordenadora do Curso: Prof.^a Dra. Marina Ferreira de Souza Antunes

Dedico este trabalho aos meus familiares, amigos e professores, pelo estímulo, carinho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares, que sempre me apoiaram. Aos meus amigos pelo incentivo. À Universidade Federal de Uberlândia e à Faculdade de Educação Física pela oportunidade de realizar este curso. Aos professores que contribuíram na minha formação.

CARACTERIZAÇÃO DA CADÊNCIA DE PEDALADA: BAIXA, ALTA E COM VARIAÇÃO, NAS MODALIDADES MOUNTAIN BIKE E ESTRADA

ADÍLIO GOMES SILVA

Graduando da Faculdade de Educação Física da Universidade Federal de Uberlândia

E-mail: adiliogomes@ufu.br

HEITOR SANTOS CUNHA

Técnico Desportivo da Faculdade de Educação Física da Universidade Federal de Uberlândia

E-mail: heitor.santos@ufu.br

RESUMO

O ciclismo é um esporte complexo e muito competitivo, além de possuir diversas modalidades. O desempenho de um ciclista é determinado por inúmeros fatores, dentre eles a cadência, um fator crucial para a prática do ciclismo, visto que a cadência dita o ritmo com o qual um ciclista exerce força sobre o pedal e promove assim movimento na bicicleta. A literatura é vasta a respeito da cadência, especialmente envolvendo a modalidade Estrada, contudo, muito pouco foi estudado sobre esse fator tão importante na modalidade Mountain Bike (MTB). Os objetivos deste estudo foram determinar um protocolo de cadência mais eficaz em avaliar a performance de um ciclista de MTB durante teste incremental máximo e, comparar a perda ou ganho de desempenho que teriam os ciclistas mais fortes em relação aos mais fracos entre os diferentes protocolos de cadência que foram aplicados. Participaram deste estudo 21 ciclistas da modalidade Estrada ou MTB, os dados de 12 foram utilizados nas análises deste trabalho e 9 foram descartados por não cumprirem os critérios de participação. Antes da aplicação dos protocolos com a cadência, os voluntários foram submetidos à um teste de determinação de carga máxima em 1 Repetição Máxima (RM). A performance dos ciclistas foi determinada pela potência aeróbia máxima (P_{MAX}) gerada em teste incremental máximo realizado em cicloergômetro, cada indivíduo realizou os testes em três dias não consecutivos, em diferentes cadências (60 rpm, 90 rpm e 90/60 rpm). Após a análise dos dados não foram encontradas diferenças significativas entre o protocolo proposto (90/60 rpm - variável) e os protocolos clássicos (60 rpm e 90 rpm - fixos) de análise de potência em teste incremental. Também não foram identificadas quedas significativas de potência entre os mais fortes e os mais fracos nos diferentes protocolos. Logo, o protocolo proposto mostrou-se ineficaz em melhor avaliar um atleta de MTB.

PALAVRAS-CHAVE: cadência variável, Mountain Bike, potência.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OBJETIVOS	9
3	MATERIAL E MÉTODO	9
3.1	Sujeitos	9
3.2	Desenho Experimental	10
3.3	Protocolo de Coleta	10
3.4	Análise Estatística	11
4	RESULTADOS	12
5	DISCUSSÃO	15
6	CONCLUSÃO	177
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

1 INTRODUÇÃO

O ciclismo é um esporte complexo, com várias modalidades e fatores determinantes para sua prática em alto rendimento. Um destes fatores é a cadência, ou frequência de pedalada (o impulso que se dá no pedal), ela gera a propulsão no ciclismo. Foi definida por Soares *et al.* (2005) como o ritmo de pedalada ou ainda, como o número de vezes que um ciclo de pedalada se repete (MARTIN; SANDERSON; UMBERGER, 2004). A escolha da melhor cadência é fundamental e depende do momento e da estratégia do ciclista durante a competição, treino ou simplesmente durante um passeio no final de semana.

A cadência mais econômica, ou de menor gasto energético, fica entre 60 e 80 rpm (rotações por minuto), como descrito por Marsh (1993); Coast (1986) e Padilla *et al.* (2001), após realizarem testes de cadência baixa *vs.* alta. Esta faixa de cadência gera melhor eficiência bruta, que é um menor gasto energético total para uma determinada potência, salienta Denadai, Ruas e Figueira (2005). Já a cadência preferida pela maioria dos ciclistas, treinados ou não treinados, está entre 85 e 95 rpm, a qual possui menor eficiência, mas gera maior potência (MARSH, 2000; COAST, 1986). Há aí uma contradição, manter uma potência elevada por longos períodos de tempo pode levar a fadiga precoce, por que então dar preferência a uma cadência menos eficiente?

Kohler e Boutellier (2005) buscam explicar este “paradoxo da cadência” em seu trabalho. De acordo com os autores, a influência da fadiga na pedalada é extremamente complexa, podendo a fadiga ser central ou periférica, um mecanismo pouco entendido. Se a fadiga for periférica, pedalar a uma cadência superior à cadência mais eficiente pode ser mais vantajoso pois, uma menor área da seção transversal do músculo é necessária, para uma dada carga de trabalho, em relação à cadência mais eficiente. Assim sendo, cada fibra muscular seria usada por um período menor de tempo, e teria mais tempo de recuperação, fazendo com que o atleta resista mais à fadiga, mesmo que o gasto energético seja superior, devido à baixa eficiência. Os autores ainda ressaltam que nem todo o percurso de um ciclista é plano, sendo necessário que ele encontre o balanço mais vantajoso entre eficiência, potência e fadiga. Deste modo, conforme as características de cada prova, uma cadência prevaleceria sobre a outra.

Esta prevalência está associada a fatores energéticos onde, em provas mais curtas, este fator não tem uma implicância tão significativa, podendo ser usadas cadências mais potentes. Já em provas mais longas, onde os fatores energéticos tendem a ter mais influência, seria interessante a utilização de cadências mais eficientes. Dito isto, as provas de mountain bike no formato cross-country, disputadas em múltiplas voltas, duram cerca de 105 – 135 minutos,

tempo ideal de competição sugerido pela Union Cycliste Internationale (UCI), que ainda aconselha que os circuitos oficiais tenham ascensão acumulada em torno de 1.500m. Já as provas de ciclismo de estrada podem percorrer até 210 ± 35 km em 5 a 6 horas de prova (PADILLA *et al.*, 2001).

Lucia *et al.* (2001), em seu estudo com atletas de ciclismo de estrada profissionais, teve como seu principal achado uma cadência média significativamente mais baixa durante subidas longas ($71,0 \pm 1,4$ rpm) comparado a etapas planas ($89,3 \pm 1,0$ rpm) e contrarrelógios ($92,4 \pm 1,3$ rpm). Dados em estudos, que relacionem a cadência para estas condições de prova, não foram encontrados para o MTB.

As informações sobre a cadência no ciclismo de estrada são vastas e conflitantes. Logo, a cadência ideal ainda não foi totalmente compreendida pela literatura e, faltam relatos sobre estudos que comparem cadências baixas e altas com uma cadência variável (baixa/alta), especialmente para a modalidade de mountain bike, onde a variação de terreno é constante (COSTA; OLIVEIRA, 2009).

Outro fator que pode ser fundamental para a prática não só do ciclismo, mas de diversas outras modalidades, é a força. “A força é uma função da força máxima. Para melhorar a força o indivíduo deve melhorar força máxima e assim desenvolver níveis mais altos de desempenho.” (BELTRÃO, 2013, p.11).

Ainda sobre a força, verificamos que:

O treinamento de resistência com força elevada/baixa cadência pode potencialmente melhorar o componente força/torque de pedaladas de uma pessoa, particularmente em situações de alto torque, como pedalar de pé, subidas sentado ou em corridas de MTB, onde o gradiente de altitude pode ser altamente variado e requer múltiplas situações de torque elevado. (FREDRICK; HUNT; NICHOLSON, 2013, p. 1).

Pensando nisto, a hipótese do presente estudo é (1) a de que os protocolos de testes existentes para avaliar o desempenho efetivo de ciclistas de MTB é inadequado; e (2) de que indivíduos mais fortes percam menos potência à medida que a cadência diminui, quando comparado a indivíduos mais fracos.

A primeira (1) hipótese parte da premissa de que a ciclística envolvida na modalidade MTB difere da modalidade Estrada, devido aos ritmos de prova variados, os tipos de terrenos, a altimetria, a irregularidade do terreno, presença de saltos, menor contato do pneu com o solo em determinadas situações, curvas e passagens estreitas. A segunda (2) hipótese é justificada pelos impactos e efeitos benéficos da força máxima sobre as capacidades de um indivíduo,

podendo este gerar uma potência elevada mesmo em baixas cadências (sabendo-se que para gerar uma potência maior em uma cadência reduzida é necessário a aplicação de uma força maior no pedal da bicicleta), além de impactar diretamente em sua economia de movimento.

2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram: (1) verificar se o protocolo de cadência variada, utilizando-se da estimativa da potência aeróbia máxima durante teste incremental até a exaustão, é mais eficaz que os protocolos padrões com cadência fixa (neste trabalho utilizou-se 60 rpm e 90 rpm) para avaliar a modalidade MTB e, (2) verificar o ganho/perda de potência dos voluntários nos diferentes protocolos de cadência com base na carga obtida em 1 RM no aparelho *leg-press* 45°.

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 Sujeitos

Participaram deste estudo 21 voluntários do gênero masculino, sendo 9 deles ciclistas de estrada (idade: $34,5 \pm 6,56$ anos; massa corporal: $71,35 \pm 12,23$ kg; estatura: $173,75 \pm 6,46$ cm) e 12 ciclistas de MTB (idade: $35 \pm 10,21$ anos; massa corporal: $68,8 \pm 9,28$ kg; estatura: $177,4 \pm 4,81$ cm). Todos eles ativos, sadios, sem patologia ou outra impossibilidade de participar da realização dos protocolos propostos e com pelo menos 2 anos de experiência na modalidade que praticavam (estrada ou MTB). Eles foram informados sobre os procedimentos do experimento e suas implicações, em seguida, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Os critérios para participar do estudo e ter os dados incluídos na pesquisa eram:

1. Realizar todos os protocolos experimentais aplicados neste estudo;
2. Praticar somente uma das modalidades e possuir somente uma das bicicletas referente ao trabalho (Estrada/Mountain Bike);
3. Manter durante todo o teste o protocolo de cadência definida: 60 ± 2 rpm, 90 ± 2 rpm ou $60/90 \pm 2$ rpm;
4. Realizar os testes por uma duração mínima de 7 minutos em cada um dos protocolos de cadência.

Os dados de nove voluntários foram excluídos desta pesquisa por não cumprirem os critérios determinados, sendo que cinco voluntários não realizaram todos os testes e outros quatro voluntários não cumpriram o tempo mínimo de duração de sete minutos. Deste modo, foram incluídos neste trabalho apenas os dados de 12 participantes (seis de cada modalidade).

3.2 Desenho Experimental

Os participantes do estudo visitaram o laboratório de pesquisa, localizado no campus Educação Física, da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), em 3 ocasiões. Cada sessão tinha 48 horas de intervalo mínimo e 72 horas no máximo. Os voluntários eram orientados a não realizar atividades extenuantes durante o período de testes e, manter cuidados com alimentação, hidratação e repouso.

3.3 Protocolo de Coleta

Na primeira sessão eram avaliadas as medidas antropométricas (estatura e massa corporal) dos voluntários, seguindo os protocolos da Sociedade Internacional para o Avanço da Cineantropometria como sugerido por Silva (2020).

Também era realizado um teste de força máxima de 1 RM para membros inferiores no aparelho *leg-press* 45°, conforme protocolo ACSM (2003) da seguinte maneira:

1. O voluntário fazia um aquecimento de 15 repetições com carga de 50 kg com intervalo de três minutos para início do teste;
2. A carga inicial era de 200 kg para todos os participantes;
3. Cargas extras eram acrescentadas a partir da percepção subjetiva de esforço até o comprometimento da execução do exercício (falha).
4. Neste caso, uma nova tentativa era realizada com um peso intermediário entre o último levantamento correto e a repetição da falha, determinando assim a carga;
5. A carga deveria ser encontrada em até seis tentativas, com intervalos de três minutos entre elas.

Em seguida, o participante aguardava 30 minutos em repouso antes de iniciar o teste de cadência.

Nas outras duas sessões seguintes apenas o protocolo de cadência foi aplicado. Antes de cada sessão o próprio voluntário escolheu qual protocolo de cadência ele seguiria (se 60, 90 ou 90/60 rpm).

Os testes envolvendo a cadência foram realizados em ciclo ergômetro de polia com frenagem acionada por cinta e anilhas. Este equipamento permite ajuste na posição do selim e guidão, possibilitando reproduzir minimamente o posicionamento ao qual o ciclista estava acostumado em sua própria bicicleta. Os pedais foram substituídos para que o voluntário utilizasse sua própria sapatilha.

Foi avaliada a potência aeróbia máxima estimada (P_{MAX}) em watts (w) de maneira indireta. A P_{MAX} foi considerada a última carga de trabalho completa, quando a última carga de trabalho não foi mantida por 2 minutos completos, a P_{MAX} foi definida de acordo com o método de Kuipers et al. (2003), descrito a seguir:

$$P_{MAX} = P_f + \frac{(t \times 45)}{120}$$

Onde: P_f = a potência do último estágio completo (P_f = k_p x rotação), t= representa o tempo em segundos do estágio incompleto.

O protocolo de Balke (1959) conforme descrito por Pini *et al.* (1992), foi modificado e utilizado para os testes incrementais com a cadência. A princípio havia um aquecimento que durava 3 minutos com carga de 1 kp e rotação de 90 rpm antes de todos os protocolos de cadência (60, 90 e 90/60 rpm). Em seguida, o teste prosseguia com uma carga de 2 kp e incremento de 0,5 kp a cada estágio de 2 minutos para o protocolo de cadência de 90 rpm. Para o protocolo de 60 rpm iniciou-se com 3 kp e incremento de 0,75 kp a cada 2 minutos.

Por fim, para o protocolo de cadência variável 90/60 rpm, o estágio inicial possuía uma cadência de 90 rpm e 2 kp, após 30 segundos pedia-se ao voluntário que diminuísse a cadência para 60 rpm e então aumentava-se a carga para 3 kp, e assim sucessivamente até a conclusão do estágio de 2 minutos. Então, a cada estágio de 2 minutos, havia um incremento na potência, variando o kp conforme necessário devido a alteração da cadência a cada 30 segundos (note que a potência era mantida constante durante todos os estágios).

Todos os testes começavam com a mesma potência (180 w) no estágio inicial e possuíam o mesmo incremento de potência (45 w) a cada estágio.

3.4 Análise Estatística

A análise dos dados foi feita utilizando o software Past 4.03. Após a verificação da normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, foi aplicado o teste Anova *One-way* com medidas repetidas, comparando a P_{MAX} Absoluta e Relativa nos três grupos de

cadências diferentes (60 rpm, 90 rpm e 90/60 rpm), para a mesma modalidade (MTB ou Estrada) e Post Hoc de Tukey para comparações múltiplas. O mesmo procedimento foi utilizado na comparação para a P_{MAX} Relativa entre o grupo mais forte e mais fraco de cada modalidade.

Na comparação entre as modalidades foi usado o teste t de Student para variáveis independentes. O nível de significância adotado para todos os testes foi de $p < 0,05$.

4 RESULTADOS

Os dados coletados e calculados, para as diferentes cadências, da potência aeróbia máxima estimada (P_{MAX}) Absoluta e Relativa, a carga Absoluta e Relativa do teste de força máxima de 1 RM e a massa corporal de cada voluntário, da modalidade MTB, estão dispostos na tabela 1. Na tabela 2 estão os dados obtidos e calculados, para as diferentes cadências, da P_{MAX} Absoluta e Relativa, carga do teste de força máxima de 1 RM Absoluta e Relativa e massa corporal de cada voluntário, da modalidade Estrada.

Diferenças estatisticamente significativas foram identificadas entre os valores de P_{MAX} Absoluta a 60 rpm e 90 rpm, tanto para a modalidade MTB quanto Estrada ($p < 0,05$), com valores mais elevados encontrados para a cadência de 60 rpm. Aproximadamente 17% em relação a 90 rpm e 8% a 90/60 rpm para a modalidade MTB e aproximadamente 18% em relação a 90 rpm e 11% a 90/60 rpm para a modalidade Estrada. Não foram encontradas diferenças significativas na comparação entre as demais cadências da mesma modalidade. A comparação da P_{MAX} Absoluta e Relativa, entre as modalidades MTB e Estrada, também não revelou diferenças estatísticas.

As tabelas 3 e 4 possuem os dados da P_{MAX} Relativa, da carga relativa medida no teste de 1 RM realizado no aparelho *leg-press* 45° e da massa corporal dos indivíduos, que foram divididos em dois grupos, o grupo mais forte e mais fraco. A Tabela 3 é referente à modalidade MTB e a tabela 4 refere-se à modalidade Estrada. Após a análise estatística nenhuma diferença significativa foi encontrada ($p < 0,05$) na comparação da P_{MAX} Relativa, entre os protocolos de cadência diferentes, para o grupo mais forte ou mais fraco, na mesma modalidade (MTB ou Estrada). Não foram encontradas diferenças estatísticas ($p < 0,05$) nas comparações da P_{MAX} Relativa feitas entre as duas modalidades.

Os voluntários mais fortes da modalidade MTB perderam menos desempenho entre os protocolos 60 rpm e 90 rpm na comparação com o grupo mais fraco (16% de perda contra 18,5%). O mesmo foi observado entre os protocolos de 90 rpm e cadência variável – 90/60 rpm

(5,6% de perda contra 12,4%). Já na comparação entre os protocolos de 60 rpm e cadência variável – 90/60 rpm, os voluntários mais fortes perderam mais performance (9,6% contra 5,4% dos mais fracos). Independente disto, os maiores valores da P_{MAX} foram sempre obtidos pelo grupo mais forte.

Para a modalidade Estrada, os voluntários mais fortes apresentaram perda de potência mais elevada em todos os cenários, quando comparados aos voluntários mais fracos (19% de perda contra 16,4% entre os protocolos de 60 rpm e 90 rpm; 8,7% de perda contra 8,4% entre os protocolos de 60 rpm e 90/60 rpm; e 9,5% de perda contra 2,7% entre os protocolos de 90 rpm e 90/60 rpm). Apesar disto, todos os valores da P_{MAX} foram maiores para o grupo mais forte.

Tabela 1: Potência Aeróbia Máxima (P _{MAX}) Absoluta e Relativa, Massa Corporal, Carga Absoluta e Relativa do teste de 1 RM.									
Mountain Bike (MTB)									
Voluntário	P _{MAX} Absoluta (w)			P _{MAX} Relativa (w/kg)			Massa Corporal (kg)	Carga (kgf)	Carga Relativa (kgf/kg)
	60 rpm	90 rpm	90/60 rpm	60 rpm	90 rpm	90/60 rpm			
1	399,38	331,50	360,38	4,72	3,92	4,26	84,6	305	3,61
2	373,50	327,00	351,38	5,35	4,68	5,03	69,8	340	4,87
3	432,38	370,50	384,75	6,79	5,82	6,04	63,7	420	6,59
4	378,00	325,88	345,00	6,03	5,20	5,50	62,7	295	4,70
5	385,50	334,88	411,38	6,13	5,32	6,54	62,9	270	4,29
6	450,75	372,75	384,75	5,35	4,43	4,57	84,2	360	4,28
Média ± DP	403,25 ± 31,49*	343,75 ± 21,84*	372,94 ± 25,14	5,73 ± 0,73	4,89 ± 0,68	5,32 ± 0,87	71,32 ± 10,47	331,67 ± 53,91	4,72 ± 1,02

* Diferença significativa (p = 0,0039).

Tabela 2: Potência Aeróbia Máxima (P _{MAX}) Absoluta e Relativa, Massa Corporal, Carga Absoluta e Relativa do teste de 1 RM.									
Estrada									
Voluntário	P _{MAX} Absoluta (w)			P _{MAX} Relativa (w/kg)			Massa Corporal (kg)	Carga (kgf)	Carga Relativa (kgf/kg)
	60 rpm	90 rpm	90/60 rpm	60 rpm	90 rpm	90/60 rpm			
1	363,00	319,88	336,75	5,08	4,48	4,72	71,4	335	4,69
2	360,00	293,63	345,38	6,30	5,14	6,05	57,1	335	5,87
3	382,50	331,88	307,13	5,15	4,47	4,13	74,3	400	5,38
4	376,50	323,63	333,38	5,08	4,37	4,50	74,1	420	5,67
5	436,88	360,00	403,13	4,49	3,70	4,14	97,3	365	3,75
6	448,50	381,75	406,13	5,23	4,45	4,74	85,7	520	6,07
Média ± DP	394,56 ± 38,37 ^α	335,13 ± 31,27 ^α	355,31 ± 40,29	5,22 ± 0,59	4,44 ± 0,46	4,71 ± 0,71	76,65 ± 13,64	395,83 ± 69,82	5,24 ± 0,87

^α Diferença significativa (p = 0,034).

Tabela 3: Carga Relativa do teste de 1 RM, P _{MAX} Relativa e Massa Corporal. Comparação entre o grupo mais fraco e mais forte, modalidade MTB.					
	Carga Relativa em teste de 1 RM (kgf/kg)	Média e Desvio Padrão da P _{MAX} Relativa (w/kg)			Massa Corporal (kg)
		60 rpm	90 rpm	90/60 rpm	
Mais fracos	3,61				84,6
	4,28	5,40 ± 0,71	4,56 ± 0,71	5,12 ± 1,24	84,2
	4,29				62,9
Mais Fortes	4,70				62,7
	4,87	6,06 ± 0,72	5,23 ± 0,57	5,53 ± 0,50	69,8
	6,59				63,7

Tabela 4: Carga Relativa do teste de 1 RM, P _{MAX} Relativa e Massa Corporal. Comparação entre o grupo mais fraco e mais forte, modalidade Estrada.					
	Carga Relativa em teste de 1 RM (kgf/kg)	Média e Desvio Padrão da P _{MAX} Relativa (w/kg)			Massa Corporal (kg)
		60 rpm	90 rpm	90/60 rpm	
Mais fracos	3,75				97,3
	4,69	4,91 ± 0,36	4,22 ± 0,45	4,33 ± 0,33	71,4
	5,38				74,3
Mais Fortes	5,67				74,1
	5,87	5,54 ± 0,67	4,65 ± 0,42	5,10 ± 0,83	57,1
	6,07				85,7

5 DISCUSSÃO

A literatura relata que cadências mais elevadas são mais potentes e menos eficientes que cadências mais baixas, para uma mesma carga de trabalho – Gráfico 1. Porém, durante o teste incremental máximo os voluntários foram capazes de se manter mais tempo realizando a atividade quando no protocolo com cadência a 60 rpm, seguido pelo protocolo 90/60 e por fim, o protocolo de 90 rpm. Isto impactou diretamente na P_{MAX} obtida pelos ciclistas, levando à uma diferença significativa para a P_{MAX} Absoluta em 60 rpm quando comparada à P_{MAX} Absoluta alcançada em 90 rpm, em ambas as modalidades.

A 60 rpm, em condições submáximas, a frequência cardíaca é menor, a ventilação pulmonar permite trocas gasosas mais eficientes pois o fluxo sanguíneo é menor, a musculatura repete menos vezes o ciclo de alongamento/encurtamento, o que leva a um gasto menor de energia para a realização da atividade.

Avaliando o desempenho dos voluntários no teste com a cadência 90/60 rpm, podemos notar que o valor médio obtido para a P_{MAX} foi menor que o protocolo de cadência a 60 rpm,

porém, melhor que o valor alcançado a 90 rpm. Contudo, não houve diferença estatística significativa entre eles. Isto pode significar que o uso deste tipo de estratégia ao pedalar tenha suas vantagens, pois, é um método de pedalada que se comporta como ambos, 60 e 90 rpm. Ou seja, minimiza-se as desvantagens do uso de somente uma das cadências de pedalada (60 ou 90 rpm).

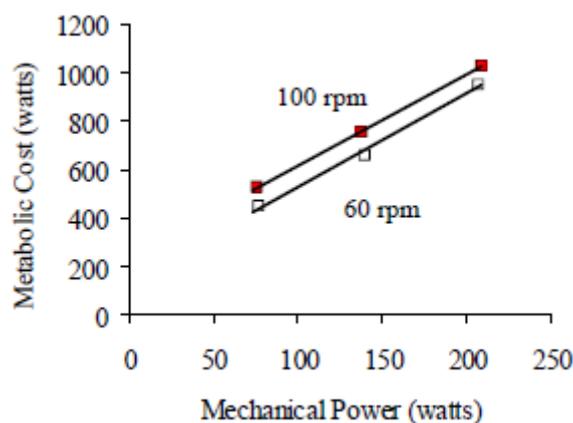


Gráfico 1: comparação entre gasto metabólico e potência mecânica, ambos em watts, para uma mesma carga de trabalho. (Fonte: MCDANIEL; MARTIN; ELMER, 2015?)

Entretanto, para este estudo, este método de cadência variável não se mostrou eficaz em avaliar mais adequadamente ciclistas da modalidade MTB, visto que os voluntários alcançaram potências mais elevadas em um protocolo mais específico para a modalidade Estrada (o teste em ciclo ergômetro possui características mais semelhantes à modalidade Estrada, com cadência fixa, sem alterações de altimetria, terreno, etc.).

Devemos salientar, que este estudo, assim como a maioria dos estudos citados, foi realizado em ciclo ergômetro que controlam variáveis externas e intensidades. A diferença entre laboratório e ciclismo ao ar livre na posição da bicicleta, atrito do pneu ao solo, inclinação do terreno, movimento lateral da bicicleta e a inércia do pedivela, induzem diferentes demandas conforme descrito por Jobson et al. (2008, citado por NIMMERICHTER, 2011). Além disso, os indivíduos, quando testados em laboratórios, são requeridos a pedalam sentados, o que não retrata algumas situações normais, como trechos em subidas longas, na qual se utiliza a posição em pé (DIAS; LIMA; NOVAES, 2007).

Carmo *et al.* (2002), cita que o aprimoramento da força máxima pode influenciar no desempenho de resistência de força, sendo então, determinante para a melhora do desempenho em qualquer que seja a modalidade. Ellery, Keogh e Sheerin (2012) sugerem que um

treinamento de força máxima, com ênfase em adaptação neural é o método mais eficaz para melhorar o desempenho no ciclismo de Estrada.

Contudo, ao analisarmos a força entre os voluntários, encontramos um resultado inesperado. Na modalidade MTB os voluntários mais fortes obtiveram uma P_{MAX} Relativa maior em todas as cadências quando comparados aos mais fracos. Ao relacionar a perda de desempenho entre os protocolos de cadência, para os indivíduos mais fortes e mais fracos na modalidade MTB, observamos que os voluntários mais fortes só se saíram pior que os mais fracos no protocolo de 90/60 rpm em comparação com o protocolo de 60 rpm. Já na modalidade Estrada os dados são ainda mais interessantes, visto que os voluntários mais fortes, apesar de obterem maior P_{MAX} Relativa, perderam mais performance entre os protocolos de cadência (60, 90 e 90/60 rpm) que os indivíduos mais fracos.

Ponderando os valores da P_{MAX} Relativa alcançados pelos voluntários da modalidade MTB, observamos que, tanto o grupo mais fraco quanto o mais forte, obtiveram valores mais expressivos que àqueles alcançados pelos voluntários do grupo Estrada. Um resultado interessante, visto que as médias das cargas do teste de 1 RM da modalidade MTB foram substancialmente menores que as médias atingidas pelos voluntários da modalidade Estrada. Isto pode indicar que, mesmo sendo mais fracos, os ciclistas que praticam MTB façam mais uso da força durante a pedalada, levando a adaptações neurais e musculares que os permitam aplicar de maneira mais eficiente a força.

Um complemento para a explicação desta diferença pode ser dado por St Clair Gibson, Chabot e Noakes (2001, citado por DAHLKE *et al.*, 2007, p. 4), que dizem em seu estudo que a economia de movimento permite classificar ciclistas com capacidades aeróbias semelhantes, mas que são fisiologicamente mais econômicos e eficientes, gerando mais potência para uma mesma intensidade de esforço. Ou seja, ao que tudo indica, neste estudo, os ciclistas de MTB foram mais econômicos em seus movimentos e, portanto, mais eficientes que os ciclistas de Estrada.

6 CONCLUSÃO

A literatura apresenta resultados diversos e abundantes sobre cadências baixas e altas, especialmente no que diz respeito ao ciclismo de Estrada. O nosso objetivo era, então, encontrar um modelo de pedalada que se assemelhasse mais ao estilo do ciclista praticante do MTB e, assim, propor um protocolo que fosse mais fiel ao analisar o desempenho do atleta. Não foram encontradas diferenças estatísticas entre os métodos tradicionais de cadência fixa e o método

de cadência variável aplicado por nós. Logo, acreditamos que esta pode ser mais uma ferramenta a ser utilizada ao se medir a performance de um ciclista, contudo, não é específico para a modalidade de MTB, visto que ambas as modalidades apresentaram resultados semelhantes para o protocolo 90/60 rpm. Novos estudos são necessários para a elaboração de um método de análise de desempenho que compreenda melhor as condições impostas à um ciclista de MTB.

Sabemos que a força tem forte relação com o desempenho e também a economia de movimento, por isso esperávamos que voluntários mais fortes obtivessem melhores desempenhos de P_{MAX}, contudo não foi o que aconteceu. Os voluntários da modalidade MTB foram mais capazes de extrair potência nas mais variadas cadências, mesmo sendo substancialmente mais fracos que os voluntários da modalidade Estrada. Além disso, os voluntários mais fortes de MTB perderam menos desempenho entre os protocolos de cadência (exceto entre os protocolos de 60 e 90/60 rpm), quando comparados com os mais fracos, o oposto do observado na modalidade Estrada. Um achado interessante e que necessita de mais pesquisas.

Por fim, a comparação do nosso estudo com outros estudos é limitada, visto que há uma escassez de trabalhos relacionados à variação de cadência durante um teste incremental máximo. Aproveitamos a oportunidade para reafirmar a necessidade de estudos que envolvam mais atletas da modalidade MTB e a elaboração de um protocolo que se adeque mais à modalidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **Resource Manual for guidelines for exercise testing and prescription**. 4ed. USA; 2003.

BELTRÃO, A. P. S. Importância do desempenho da capacidade força muscular para o ciclismo. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação em Musculação e Treinamento em Academias) - **Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional**. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2013.

CARMO, J. C.; NASCIMENTO, F. A. O.; COSTA, J. C.; ROCHA, A. F. Instrumentação para aquisição e avaliação das forças exercidas nos pedais por ciclistas. **Brazilian Journal of Biomechanics**, v.2, n.3, p.31-39, 2002.

COAST, J.R.; COX, R.H.; Welch, H.G. Optimal pedaling rate in prolonged bouts of cycle ergometry. **Med Sci Sports Exerc** 1986;8(2):225-230 <https://doi.org/10.1249/00005768-198604000-00013>

COSTA, V. P.; OLIVEIRA, F. R. de. ASPECTOS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS NO CICLISMO DE ESTRADA E MOUNTAIN BIKE CROSS-COUNTRY. **Revista de Educação Física / Journal of Physical Education**, [S. l.], v. 78, n. 145, 2009. <https://doi.org/10.37310/ref.v78i145.287> Disponível em: <https://revistadeeducacaofisica.emnuvens.com.br/revista/article/view/287>. Acesso em: 8 out. 2021.

DAHLKE, R. et al. Relação entre potência mecânica e economia de movimento no ciclismo. 2007. **XII Congresso Brasileiro de Biomecânica**. DOI:[10.13140/RG.2.1.4073.5602](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4073.5602)

Denadai, B.S; Ruas, V.D.A; Figueira, T.R. Maximal lactate steady state concentration independent of pedal cadence in active individuals. **Eur J Appl Physiol** 2005a;96(4):477-480. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-0090-8>

DIAS, M. R.; LIMA, J.; NOVAES, J. S. Cadência de Pedalada no Ciclismo: Uma Revisão de Literatura. **Motricidade**. 2007. 3. 10.6063/motricidade.3(1).681. [https://doi.org/10.6063/motricidade.3\(1\).681](https://doi.org/10.6063/motricidade.3(1).681)

ELLERY, S. T.; KEOGH, J. W.L.; SHEERIN, K. R. Does maximal strength training improve endurance performance in highly trained cyclists: a systematic review. **Euro J Sports Exerc Sci**, v.1, n.3, p.90-102, 2012.

FREDRICK, D.; HUNT, J.; NICHOLSON, P. **Force it, use strength or muscle the gear?** 2013. Disponível em: <http://www.wholeathlete.com/assets/documents/force.pdf>. Acesso em: 14/10/2021.

KOHLER, G.; BOUTELLIER, U. A relação força-velocidade generalizada ex- planícies porque a taxa de pedalada preferida dos ciclistas excede o mais esforço eficiente. **Eur J Appl Physiol** 2005; 94: 188 – 195. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1283-2>

KUIPERS, H. *et al.* Effects of stage duration in incremental running tests on physiological variables. **Int J Sports Med.** 2003 Oct;24(7):486-91. PMID: 12968205. <https://doi.org/10.1055/s-2003-42020>

LUCIA, A.; Hoyos, J.; Chicharro, J. L. Physiology of professional road cycling. **Sports Med.** 2001;31(5):325-37. PMID: 11347684. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131050-00004>

MARSH, A.P.; MARTIN, P.E.; FOLEY, K.O. Effect of cadence, cycling experience, and aerobic power on delta efficiency during cycling. **Med Sci Sports Exerc.** 2000;32(9):1630-1634. <https://doi.org/10.1097/00005768-200009000-00017>

MARSH, A.P.; MARTIN, P.E.; The association between cycling experience and preferred and most economical cadences. **Med Sci Sports Exerc.** 1993 Nov;25(11):1269-74. PMID: 8289615. <https://doi.org/10.1249/00005768-199311000-00011>

MARTIN, P. E.; SANDERSON, D. J.; UMBERGER, B. R. Fatores que afetam as frequências de movimento preferidas em atividades cíclicas. In: ZATSIORSKY, V. M. (Ed.). **Biomecânica no esporte**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 111- 124.

McDANIEL, J.; MARTIN, J.; ELMER, S. Myths and Science in Cycling. **Ucsfme.com** [S.l.]. 2015. Disponível em: <https://www.ucsfme.com/cycling/bikefit/syllabus/Myths%20and%20Science%20of%20Cycling.pdf>. Acesso em: 14 out. 2021.

NIMMERICHTER, ALFRED *et al.* Effects of low and high cadence interval training on power output in flat and uphill cycling time-trials. **European journal of applied physiology.** 2012. Jan;112(1):69-78. Epub 2011 Apr 11. PMID: 21479957. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1957-5>

PADILLA, S. *et al.* Exercise Intensity and Load during Mass- Start Stage Races in Professional Road Cycling. **Med Sci Sports Exerc** 2001;33(5):796-802. <https://doi.org/10.1097/00005768-200105000-00019>

PINI, M.C. *et al.* Fisiologia Esportiva. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan 2ª edição**. 1992. p. 271-281.

SILVA, V. S.; VIEIRA, M. F. S. International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) Global: international accreditation scheme of the competent anthropometrist. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano [online]**. 2020. v. 22 [Accessed 24 July 2021]. Epub 03 Apr 2020. ISSN 1980-0037. <https://doi.org/10.1590/1980-0037.2020v22e70517>

SOARES, D. *et al.* Caracterização da escolha da cadência preferida a partir de parâmetros biomecânicos e fisiológicos. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA**, 11, 2005, João Pessoa. Anais. João Pessoa: Sociedade Brasileira de Biomecânica, 2005. Disponível em: URL: <http://hdl.handle.net/10183/9976> Acessado em: 10 Ago. 2021

UNION CYCLISTE INTERNATIONALE (UCI). The hub [online]. Disponível em: URL: <http://www.uci.org>. Acessado em: 02 Jun. 2021.