



Universidade Federal de Santa Catarina  
Programa de Pós-Graduação em Educação Física

Mateus Rossato

**A TÉCNICA DE PEDALADA DE CICLISTAS: ALTERAÇÕES DECORRENTES DO  
USO DE DIFERENTES CADÊNCIAS E INTENSIDADES**

**Dissertação de Mestrado**

Florianópolis - SC  
2007

**Mateus Rossato**

**A TÉCNICA DE PEDALADA DE CICLISTAS: ALTERAÇÕES DECORRENTES DO  
USO DE DIFERENTES CADÊNCIAS E INTENSIDADES**

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Educação Física da  
Universidade Federal de Santa Catarina  
como requisito parcial para obtenção  
do Título de Mestre em Educação Física,  
área de Cineantropometria e  
Desempenho Humano

Orientador: *Dr. Antônio Renato Pereira Moro*

Florianópolis

2007



*Dedico este trabalho aos meus pais,  
Darci e Maria, irmãos, Alexania e Marcus  
e a Caren, com carinho.*



## AGRADECIMENTO

Mais uma etapa acadêmica é concluída, e novamente percebo que se não estivesse eu apoiado em “ombros de gigantes” não estaria aqui. Por isso, gostaria de agradecer alguns “gigantes” que colaboraram para o sucesso deste trabalho.

Primeiramente a **DEUS** por ter colocado todas as pessoas que citarei abaixo, na minha vida.

A minha Família, “**Seu Darci e Dona Maria**”, **Alexania e Marcus** aos primeiros pelo dom da vida e os demais pelo carinho e compreensão.

Ao meu grande amor **Caren**, que sempre me deu força, não me deixando cair no abatimento.

A **CAPES** por ter me auxiliado financeiramente, neste último ano de mestrado.

Ao professor **Antônio Renato Moro** pela oportunidade de desenvolver este mestrado sob sua orientação, sempre com uma palavra amiga para confortar a mente perturbada de mestrando.

Aos demais professores do LABIOMEC, professor **Peter** e professora **Saray**, aos quais muitas vezes recorri para sanar minhas dúvidas.

Ao amigo e professor **Luiz Guilherme**, que a parceria iniciada, continue por longos períodos, podendo sempre contar comigo.

Aos professores **Carlos Bolli Mota e Marco Aurélio Vaz**, que entenderam os propósitos do estudo e não hesitaram em ceder os equipamentos de seus laboratórios para o desenvolvimento deste.

**Aos ciclistas**, em especial ao **André de Quadros Mademann**, que entenderam os propósitos da pesquisa e cumpriram todas as etapas propostas, sem estes com certeza eu não me faria presente aqui hoje!

Aos integrantes do BIOMEC, **Patrícia, Tatiane, Luciano, Guilherme e Susane** em especial ao professor **Diogo Cunha dos Reis**, pelo auxílio nas coletas e processamentos dos dados cinemáticos.

A todos integrantes do LAEF, em especial **Juliano, Leandro e Talita** os quais pude contribuir um pouco mais para seu crescimento profissional .

Ao melhor “irmão” de mestrado que eu poderia ter **Oswaldo André Furlanetto Rodrigues**, ou popularmente Dedé.

Aos **GEPEQUIANOS** que sempre, de uma forma ou outra ajudaram na concretização dessa idéia, em especial ao professor **Frederico Dagnese** que auxiliou na primeira coleta de dados.

Ao amigo **Valdeci Foza** que sempre deu força para seguir este caminho, muito antes da UFSC.

Por fim não teria como não prestar um agradecimento especial a 3 professores que não mediaram esforços para a elaboração deste manuscrito, **Felipe Pivetta Carpes, Rodrigo Rico Bini e Fernando Diefanthaer**. O primeiro, amigo de longa data, os demais uma amizade mais recente mas não menos intensa. Espero um dia poder retribuir os grandes favores que devo a vocês.

Como deu pra perceber, quando apoiados em ombros gigantes, fica fácil estar no alto! Espero que neste período de dois anos junto ao CDS-UFSC que agora finda, tenha eu sido também “ombros” para alguém!

**A todos, o mais sincero OBRIGADO!**

ROSSATO, Mateus. *A técnica de pedalada de ciclistas: alterações decorrentes do uso de diferentes cadências e intensidades*. 2007. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Educação Física, UFSC, Florianópolis.

## RESUMO

**Introdução:** No ciclismo, a técnica de pedalada é dependente de diversos fatores, dentre eles a intensidade e a cadência. No entanto, os estudos que investigaram de forma associada esses fatores são carentes quanto aos aspectos da individualidade e a especificidade do treinamento. **Objetivo:** Verificar a ocorrência de alterações na técnica de pedalada de ciclistas quando modificadas as cadências e as intensidades. **Metodologia:** Fizeram parte do estudo oito ciclistas profissionais com idade entre 18 e 30 anos. Todos os atletas realizaram um teste progressivo para a determinação dos valores de potência máxima. Após 48 horas, os ciclistas realizaram duas séries de 30 minutos, com intervalo de 30 a 35 minutos entre as séries, nas intensidades de 60% e 80%P<sub>máx</sub>. Cada série foi constituída por: 10 minutos na cadência preferida (Pref), 10 minutos na cadência 20% abaixo da cadência preferida (Pref -20%) e 10 minutos na cadência 20% acima da preferida (Pref +20%). Para o registro das forças utilizou-se um pedal instrumentado bidimensional, sincronizado com um sistema de cinemetria para a identificação simultânea do respectivos ângulos do pedal e pé-de-vela (PDV). **Análises estatísticas:** Utilizou-se a estatística descritiva para apresentar as variáveis. Para comparação entre as cadências e intensidades utilizou-se análise de variância Anova *two way*, com *post-hoc de tukey* (HSD), o nível de significância assumido foi de 0,05. **Resultados: Efeitos da cadência: 1)** Os valores de Força Resultante (FR), Força Efetiva (FE) e torque, em ambas as intensidades, foram superiores, porém não significativos na fase de propulsão para Pref. Na fase de recuperação a Pref -20% apresentou-se estatisticamente superior para FR(60%), FE (60 e 80%) e Torque (60 e 80%) **2)** A taxa de efetividade não foi influenciada pelas cadências **3)** Os %FE positiva e negativa da Pref +20%, em ambas as intensidades, foi estatisticamente diferente das demais cadências **4)** O IE não foi alterado com as cadências **5)** A cadência Pref (60 e 80%) Pref +20% (80%) foram as mais técnicas em relação ao IE propulsivo. **Efeitos das intensidades: 1)** A 80% os %FE positiva e negativa tenderam a apresentar valores superiores, porém não foram significativos. **2)** A taxa de efetividade, com exceção da intensidade 80% na Pref +20%, apresentaram comportamentos semelhantes **3)** A intensidade 80% apresentou os maiores valores de IE, porém significativo somente para Pref +20%. **4)** Não foram reportadas diferenças significativas entre os IE propulsivo e IE recuperação, apesar de ser observado valores mais elevados para 60% (propulsivo) e 80% (recuperação) **5)** A 80% todas as cadências apresentaram valores superiores de pico de torque negativo, indicando que em intensidades elevadas os ciclistas procuram puxar o pedal. **Conclusões:** Chegou-se a conclusão que tanto a cadência quanto a intensidade, alteram a técnica de pedalada. Analisando de forma separada a cadência preferida pelos ciclistas tende a apresentar melhor padrão técnico que as demais, independente das intensidades testadas. Em relação à intensidade concluiu-se que para a 80%, independente das cadências, é onde os ciclistas apresentam uma melhor técnica de pedalada. Portanto, as características dos treinamentos, geralmente próximos a 80%, e em cadência preferida, são responsáveis por adaptações na técnica dos ciclistas.

Palavras-chave: Ciclismo, técnica de pedalada, biomecânica.

ROSSATO, Mateus. **The cyclist's pedaling technique: modifications decurrent from use of different cadence and intensities.** Master's dissertation. Programa de Pós Graduação em Educação Física, UFSC, Florianópolis.

## ABSTRACT

**Introduction:** In cycling the pedaling technique depends of many factors as intensity and cadence. However, the studies that have investigated the association of these factors have not given attention about cyclist's individuality and specificity training. **Purpose:** To verify the changes in the cyclist's pedaling technique when the cadence and intensity are altered. **Method:** Eight professional cyclists with age between 18 and 30 years, take part of this study. All the cyclists completed an incremental test to assess the maximal power output. After 48 hours the cyclists to accomplish two bounds of 30 minutes pedaling within 60 and 80% of maximal power output, with 30-35 minutes of rest. Each bound were divided in: 10 min pedaling at the preferred cadence (Pref); 10 min pedaling at 20% below the preferred cadence (Pref-20%); 10 min pedaling at 20% above the preferred cadence (Pref+20%). A bi-dimensional dynamometric pedal was fixed in the cyclists' bicycle in order to acquire the normal and tangential components of the force applied on the pedal synchronized with a motion system to identify the crank and pedal angles along the cycle. **Statistic procedure:** A descriptive statistic was used to show the variables. For comparison among different cadences and intensities were used a variance analysis ANOVA two way with a Tukey post-hoc, the level of significance was 0.05. **Effects of the cadence:** 1) the values of resultant Force (FR), effective force (FE) and torque, in both intensities, were higher, however not significant in the propulsion phase for Pref. In the recovery phase the Pref -20% was higher estatistic for FR(60%), FE (60 and 80%) and Torque (60 and 80%) 2) The rate of effectiveness (TE) was not influenced by the cadences 3) Positive and negative %FE of Pref +20%, in both intensities, was estatistics different from the other cadences 4) IE was not altered with the cadences 5) the cadence Pref (60 and 80%) Pref +20% (80%) they were the more techniques in relation to the IE propulsivo. **Effects of the intensities:** 1) to 80% positive and negative %FE tended to present higher values, however they were not significant. 2) the rate of effectiveness (TE), except for the intensity 80% in Pref +20%, they presented similar behaviors 3) the intensity 80% presented the largest values of IE, however significant only for Pref +20%. 4) they were not significant differences between the IE propulsivo and IE recovery, in spite of being observed higher values for 60% (propulsivo) and 80% (recovery) 5) To 80% all the cadences presented superior values of peak of negative torque, indicating that in elevated intensities the cyclists try to pull the pedal. **Conclusions:** The cadence and intensity changed the pedaling technique. Cyclists pedaling at preferred cadence seem to show better technique instead others cadence tested, independent of the intensity. In relation to intensity was concluded that pedaling at 80%, independent of the cadence, cyclists demonstrate a better technique. Therefore, training at intensities close 80% of the maximal power output, at preferred cadence, seem to provoke adaptations in the cyclists' pedaling technique.

Key-words: Cycling, pedaling technique, biomechanics.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....</b>	<b>12</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>13</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>15</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2 OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>18</b>
<b>1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>19</b>
<b>1.4 HIPÓTESES TESTADAS.....</b>	<b>19</b>
<b>1.5 CLASSIFICAÇÃO E DEFINIÇÃO OPERACIONAL DAS VARIÁVEIS.....</b>	<b>20</b>
1.5.1 Variáveis Independentes .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
1.5.2 Variáveis Dependentes .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
1.5.3 Variáveis de Controle .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1 CARACTERÍSTICAS DE UMA FORÇA .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2 CINÉTICA E O CICLISMO.....</b>	<b>23</b>
2.2.1 Torque .....	23
2.2.2 Forças aplicadas ao pedal.....	24
2.2.3 Avaliação da técnica no ciclismo.....	26
2.2.4 Fatores que interferem na orientação das forças nos pedais.....	29
<b>2.3 CADÊNCIAS DE PEDALADA .....</b>	<b>31</b>
<b>2.5 CARACTERÍSTICAS DOS PROGRAMAS DE TREINAMENTO DOS CICLISTAS .....</b>	<b>36</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>40</b>
<b>3.2 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO .....</b>	<b>40</b>
<b>3.3 GRUPO DE ESTUDO .....</b>	<b>40</b>
3.3.1 Seleção e critérios de inclusão no grupo de estudo .....	40
<b>3.4 PROCEDIMENTOS PARA COLETAS DE DADOS.....</b>	<b>40</b>
3.4.1 Avaliação antropométrica .....	41
3.4.2 Teste Progressivo Máximo .....	41
3.4.2.1 Variáveis analisadas.....	42

3.4.3 Testes Submáximos .....	43
3.4.3.1 Variáveis analisadas.....	45
3.4.3.2 Análise dos Dados.....	48
<b>3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....</b>	<b>52</b>
<b>4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
<b>4.1 EFEITOS DA CADÊNCIA .....</b>	<b>54</b>
4.1.1 Efeitos das cadências sobre a Força Resultante (FR) .....	54
4.1.2 Efeitos das cadências sobre o Impulso da Força Resultante (IFR).....	56
4.1.3 Efeitos das cadências sobre a Força Efetiva (FE).....	56
4.1.4 Efeitos das cadências sobre o Impulso da Força Efetiva (IFE) .....	58
4.1.5 Efeitos das cadências sobre o Percentual da Força Efetiva positiva (%FE positiva) e Percentual da Força Efetiva negativa (%FE negativa).....	60
4.1.6 Efeitos das cadências sobre a Taxa de Efetividade (TE) .....	61
4.1.7 Efeitos das cadências sobre o Índice de Efetividade (IE).....	62
4.1.8 Efeitos das cadências sobre o Torque (T).....	64
<b>4.2 EFEITOS DA INTENSIDADE.....</b>	<b>66</b>
4.2.1 Efeitos da intensidade sobre os percentuais da Força Efetiva Positiva (%FE positiva) e Negativa (%FE negativa) .....	67
4.2.2 Efeitos da intensidade sobre a Taxa de Efetividade.....	68
4.2.3 Efeitos da intensidade sobre o Índice de Efetividade (IE) .....	69
4.2.4 Efeitos da intensidade sobre o Torque .....	71
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>74</b>
<b>SUGESTÕES PARA NOVOS ESTUDOS.....</b>	<b>75</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>76</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXO 3.....</b>	<b>95</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Ilustração das forças utilizadas na análise biomecânica da pedalada. ....	26
Figura 2: Ciclosimulador <i>CompuTrainer Professional</i> modelo 8001.....	43
Figura 3: Pedal instrumentado (direito).....	46
Figura 4: Calibrador bidimensional.....	47
Figura 5: Estrutura montada no pedal para a identificação dos ângulos do pedal através da cinemetria. ....	48
Figura 6: Representação esquemática do ângulo relativo. ....	49
Figura 7: Decomposição da força tangencial.....	50
Figura 8: Decomposição da força normal.....	50
Figura 9: Desenho representativo dos impulsos propulsivo e resistivo.....	51
Figura 10: Comportamento da FR a 60% da potência máxima.....	55
Figura 11: Comportamento da FR a 80% da potência máxima.....	55
Figura 12: Comportamento da FE 60% da potência máxima.....	57
Figura 13: Comportamento da FE 80% da potência máxima.....	57
Figura 14: Comportamento da TE 60% da potência máxima.....	61
Figura 15: Comportamento da TE 80% da potência máxima.....	61
Figura 16: Comportamento do torque a 60% da potência máxima.....	65
Figura 17: Comportamento do torque a 80% da potência máxima.....	65
Figura 18: Comportamento da TE na cadência Pref -20% à 60 e 80% da potência máxima.....	68
Figura 19: Comportamento da TE na cadência Pref à 60 e 80% da potência máxima.....	68
Figura 20: Comportamento da TE na cadência Pref +20% à 60 e 80% da potência máxima.....	68
Figura 21: Comportamento do torque na cadência Pref-20% à 60 e 80% da potência máxima.....	72
Figura 22: Comportamento do torque na cadência Pref à 60 e 80% da potência máxima.....	72
Figura 23: Comportamento do torque na cadência Pref +20% à 60 e 80% da potência máxima.....	72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores médios e desvios padrão referentes às variáveis de caracterização do grupo de estudo. ....	40
Tabela 2: Valores médios e desvios padrão referentes às variáveis antropométricas .....	41
Tabela 3: Valores médios e desvios padrão referentes às variáveis obtidas no TPM .....	43
Tabela 4: Valores médios e desvios padrão referentes potência correspondentes a 60 e 80% da potência máxima (Watts) e os respectivos valores de cadência (rpm). 53	
Tabela 5: Valores de média, desvios padrão e amplitudes de maior e menor pico (N), ângulos relativos ao maior e menor pico ( $^{\circ}$ ) de FR nas diferentes situações estudadas.....	55
Tabela 6: Valores de média e desvio-padrão referentes ao Impulso da Força Resultante (IFR) (N.s) nas diferentes situações estudadas .....	56
Tabela 7: Valores de média, desvios padrão e amplitudes de pico positivo e negativo (N), ângulos relativos ao pico positivo e negativo ( $^{\circ}$ ) de FE nas diferentes situações estudadas.....	57
Tabela 8: Valores de média e desvio-padrão referentes ao Impulso da Força Efetiva (IFE) (N.s) nas diferentes situações estudadas.....	58
Tabela 9: Valores médios e desvios padrão referentes aos Impulsos da Força Efetiva na fase de propulsão (IFE propulsiva) (N.s) nas diferentes situações estudadas .....	59
Tabela 10: Valores médios e desvios padrão referentes aos Impulsos da Força Efetiva na fase de recuperação (IFE recuperação) (N.s) nas diferentes situações estudadas.....	60
Tabela 11: Valores médios e desvios padrão referentes aos % da Força Efetiva Positiva e Negativa de todo ciclo de pedalada nas diferentes situações estudadas .	60
Tabela 12: Valores médios e desvios padrão referentes aos índices de Efetividade (%) de todo ciclo de pedalada nas diferentes situações estudadas .....	62
Tabela 13: Valores médios e desvios padrão referentes aos Índices de Efetividade na fase de propulsão (IE propulsivo %) nas diferentes situações estudadas.....	63
Tabela 14: Valores médios e desvios padrão referentes aos Índices de Efetividade na fase de recuperação de todo ciclo de pedalada nas diferentes situações estudadas.....	64

Tabela 15: Valores de média, desvios padrão e amplitudes de pico positivo e negativo (N/m), ângulos relativos ao pico positivo e negativo ( $^{\circ}$ ) de Torque nas diferentes situações estudadas. ....	66
Tabela 16: Valores médios e desvios padrão para o percentual da Força Efetiva Positiva (%FE positiva) e percentual da Força Efetiva Negativa (%FE negativa), quando mantidas as cadências e modificadas as intensidades .....	67
Tabela 17: Valores médios e desvios padrão referentes aos índices de Efetividade (IE%) quando comparadas as intensidades de 60 e 80% para as das mesmas cadências. ....	69
Tabela 18: Valores médios e desvios padrão referentes aos índices de Efetividade na fase propulsiva (IE propulsivo %) quando comparadas as intensidades de 60 e 80% para as das mesmas cadências. ....	70
Tabela 19: Valores médios e desvios padrão referentes aos índices de Efetividade na fase recuperação (IE recuperação %) quando comparadas as intensidades de 60 e 80% para as das mesmas cadências. ....	71
Tabela 20: Valores de média, desvios padrão e amplitudes de pico positivo e negativo (N/m), e ângulos relativos ao pico positivo e negativo ( $^{\circ}$ ) de Torque nas diferentes situações estudadas. ....	73

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIOMEC	Laboratório de Biomecânica CDS-UFSC
bpm	Batimentos por minuto
CDS	Centro de Desportos
CEPSH	Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos
ESEF	Escola Superior de Educação Física
F	Força
FC	Frequência cardíaca
FC <sub>máx</sub>	Frequência cardíaca máxima
FE	Força efetiva
FR	Força resultante
FX	Força tangencial
FY	Força normal
FZ	Força médio-lateral
FR <sub>média</sub>	Força resultante média aplicada no pedal
IFR	Impulso da Força Resultante
IFE	Impulso da Força Efetiva
IFE propulsivo	Impulso da Força Efetiva na fase de propulsão
IFE recuperação	Impulso da Força Efetiva na fase de recuperação
%FE positiva	Percentual da Força Efetiva positiva
%FE negativa	Percentual da Força Efetiva negativa
Hz	Hertz
IE	Índice de Efetividade
IE propulsão	Índice de Efetividade na fase de propulsão
IE recuperação	Índice de Efetividade na fase de recuperação



## INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

O estudo do ciclismo por parte das ciências dos esportes, pode ser considerado como uma análise da relação ideal entre o homem e a máquina (CARMO 2001; BELLUYE e CID 2001), a qual vem sendo explorada em relação ao lazer, turismo, trabalho, meio de locomoção, forma de reabilitação e prática desportiva (MADERS e ZARO 1998; GREGOR, 2003).

Com o intuito de melhor compreender e otimizar esta relação entre bicicleta e ciclista, os biomecânicos do esporte têm desenvolvido uma série de pesquisas procurando investigar os diferentes fatores que interferem no bom desempenho através do estudo de diversas variáveis combinadas (Para uma revisão, veja GREGOR, 2003).

A capacidade de gerar e manter altas produções de potências é considerado um fator decisivo para o sucesso no ciclismo (COYLE *et al.*, 1991 e GROOT *et al.*, 1994; BALMER *et al.*, 2000, JEUKENDRUP e MARTIN, 2001) e tem merecido grande destaque nas pesquisas envolvendo a biomecânica do ciclismo (MCCARTNEY *et al.*, 1983, SCHABORT *et al.*, 1998, HILL e SMITH, 1999, MACINTOSH *et al.*, 2000, SANDERSON *et al.*, 2000, MARTIN *et al.*, 2002).

No entanto, a transferência da potência gerada pelo ciclista para a bicicleta é influenciada por diversos fatores, tais como o comprimento de pé-de-vela, posição do pé no pedal, cadência, altura do selim e inclinação do banco em relação ao eixo do pé-de-vela, (FARIA *et al.*, 2005, GREGOR, 2003). Todos estes fatores interferem na orientação e magnitude das forças nos pedais e por conseqüência interferem nos valores de potência produzida.

Como fora citado anteriormente a cadência de pedalada exerce influência sobre a potência produzida. Tal fato tem merecido uma atenção especial por parte dos cientistas do esporte (CHAVARREN e CALBET 1999, NEPTUNE e HULL 1999, SANDERSON *et al.*, 2000, MACINTOSH *et al.*, 2000, MARTIN e SPIRDUSO 2001, HANSEN *et al.*, 2002, SARRE *et al.*, 2003, BERTUCCI *et al.*, 2004, LUCIA *et al.*, 2004, NESI *et al.*, 2004, NIELSEN *et al.*, 2004, SOARES *et al.*, 2005, KOHLER e BOUTELLIER 2005, SARRE *et al.*, 2005, PIERE *et al.*, 2006, HANSEN e SJØGAARD 2006, CANDOTTI *et al.*, 2007), principalmente pelo fato de existir uma

divergência entre as cadências mais econômicas e aquelas preferidas pelos ciclistas durante seus treinamentos e competições.

Com relação à seleção da cadência, é consenso entre os autores que os fatores que determinam a preferência por cadências mais elevadas não estão completamente elucidados, sendo que fatores hemodinâmicos (GOTSHALL *et al.*, 1996), fatores ligados a minimização da fadiga (TAKAISHI *et al.*, 1994, TAKAISHI *et al.*, 1996, FARIA *et al.*, 2005, KOHLER e BOUTELLIER, 2005) e fatores ligados a diminuição dos momentos articulares ( WIDRICK *et al.*, 1992, MARSH *et al.*, 1999, SOARES *et al.*, 2005) entre outros, parecem estar associados com a escolha por parte dos ciclistas de cadências mais elevadas, que as tidas como mais econômicas.

Com o intuito de compreender o a orientação da força aplicada nos pedais em diferentes situações, diversos estudos empregaram em suas metodologias pedais instrumentados (SANDERSON 1990, NABINGER e ZARO 1998, NEPTUNE e HULL 1999, SMAK *et al.*, 1999, NEPTUNE e HERZOG 2000, SANDERSON *et al.*, 2000, SANDERSON e BLACK 2003, DIEFENTHAELER *et al.*, 2005, CARPES *et al.*, 2005, CANDOTTI *et al.*, 2007). No entanto, apesar desses estudos terem sido conduzidos sob diferentes protocolos experimentais, poucos destes têm se dedicado a investigar alterações em parâmetros cinéticos relacionados a biomecânica da pedalada, quando manipuladas variáveis como a intensidade de exercício (percentuais da potência máxima) e a cadência de pedalada, procurando respeitar a individualidade de cada ciclista (ERICSON e NISELL 1988, PATERSON E MORENO 1990, SANDERSON *et al.*, 2000).

Os estudos nos quais têm se estudado a associação entre diferentes cadências e diferentes intensidades sugerem que, tanto a força resultante quanto a força efetiva, aumentam de maneira significativa à medida que a produção de potência aumenta (ERICSON e NISELL 1988, SANDERSON *et al.*, 2000), além de ser observada uma diminuição no torque negativo ou contra-producente (SANDERSON, *et al.*, 2000) em resposta a incrementos na potência. Da mesma forma, sugere-se que, independente da potência produzida, o aumento na cadência resultará em uma diminuição tanto na força resultante, quanto da força efetiva (PATERSON e MORENO 1990, SANDERSON *et al.*, 2000).

Apesar de não utilizar diferentes intensidades de exercício, Candotti *et al.*, (2003), investigaram duas cadências tidas como muito próximas das mais econômicas fisiologicamente (60rpm) e preferidas pelos ciclistas (90rpm) reportando

que a utilização de cadência mais elevada resultou em uma redução na força resultante, força efetiva e também no índice de efetividade durante a pedalada. A explicação encontrada para estas alterações é baseada na alteração de algumas propriedades mecânicas dos músculos de forma que o aumento da velocidade de movimento ocasiona uma diminuição da força aplicada ao pedal.

Apesar de esses estudos terem fornecido parâmetros importantes para o atual entendimento da mecânica de pedalada, alguns detalhes devem ser considerados. Dentre eles podemos ressaltar a não utilização de atletas de ciclismo (ERICSON e NISELL 1988, PATERSON e MORENO 1990) o que desconsidera o aperfeiçoamento da técnica individual (TAKAISHI *et al.*, 1996). Talvez por se tratar de não ciclistas as cargas testadas estão muito aquém da realidade dos ciclistas (ERICSON e NISELL 1988, PATERSON e MORENO 1990).

Outros fatores podem influenciar a aplicação dos resultados no ciclismo competitivo, como por exemplo, a utilização de protocolos relativamente curtos (PATERSON e MORENO 1990), o que pode interferir na estabilização do padrão motor, e por fim a utilização de um sistema pouco utilizado em avaliações da mecânica da pedalada como foi o caso do trabalho realizado por (ERICSSON e NISSEL 1988) que utilizaram um pedal esquerdo instrumentado, onde na grande maioria dos trabalhos realizados utiliza-se de pedais direitos, principalmente pelo fato da maioria dos ciclistas serem destros.

Assim, a partir do que foi exposto percebe-se uma lacuna na literatura referente à realização de trabalhos envolvendo a medida da força aplicada aos pedais, onde aspectos como a individualidade e a especificidade sejam consideradas, principalmente pelo fato de grande parte dos estudos estarem relacionados ao desempenho esportivo.

Portanto, este trabalho se propõe a investigar o seguinte problema de pesquisa: Ocorrem alterações na técnica de pedalada de ciclistas em função do uso de diferentes cadências e intensidades?

## **1.2 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a ocorrência de alterações na técnica de pedalada de ciclistas quando modificadas as cadências e intensidades de esforço.

### **1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

A partir da associação entre duas intensidades de esforço e três cadências, os seguintes objetivos específicos foram traçados:

- Caracterizar os ciclistas quanto às variáveis antropométricas e fisiológicas;
- Identificar as intensidades para as sessões submáximas;

Quando mantida as intensidades de esforço e alteradas as cadências:

- Determinar e comparar o comportamento das componentes da força resultante (FR), força efetiva (FE), taxa de efetividade (TE) e torque (T);
- Determinar e comparar os impulsos da força resultante (IFR) e impulsos da força efetiva (IFE);
- Determinar e analisar os percentuais da força efetiva positiva (%FE positiva) e negativa (%FE negativa);
- Determinar e comparar o índice de efetividade durante todo o ciclo de pedalada (IE) e separados por fases (IE propulsivo e IE recuperação).

Quando mantida as cadências e alteradas as intensidades de esforço:

- Identificar as cadências preferidas nas diferentes intensidades de esforço;
- Analisar os percentuais da força efetiva positiva (%FE positiva) e negativa (%FE negativa);
- Analisar o comportamento da taxa de efetividade (TE) e o torque (T);
- Comparar o índice de efetividade durante todo o ciclo de pedalada (IE) e separados por fases (IE propulsivo e IE recuperação).

### **1.4 HIPÓTESES TESTADAS**

#### **Em relação às alterações na técnica de pedalada:**

H1- Ocorrem alterações na técnica de pedalada de ciclistas, em função do uso de diferentes cadências e intensidades de esforço.

#### **Em relação às cadências:**

H2- As cadências preferidas pelos ciclistas são as que apresentam a melhor técnica de pedalada.

#### **Em relação às intensidades:**

H3- A intensidade 80%da potência máxima, é a que apresenta a melhor técnica de pedalada

### **1.5 DEFINIÇÃO OPERACIONAL DAS VARIÁVEIS**

- **Intensidades** (Cargas em Watts, correspondentes a 60 e 80% da potência máxima obtida no teste progressivo máximo);
- **Cadências** (Número de rotações por minuto que o ciclista deveria manter (Preferida, Pref -20% e Pref +20%));
- **Força Resultante (FR) (N)**: É a força aplicada no pedal no plano sagital.
- **Força Efetiva (FE) (N)**: Força que é aplicada perpendicularmente ao pé-de-vela.
- **Impulso da Força Efetiva (IFE) (N.s)**: Valor numérico que representa a integral da curva da FE.
- **Índice de Efetividade (IE) (N.s)**: Valor numérico que, matematicamente, pode ser definido como a razão entre o impulso da força efetiva (FE) e o impulso da força resultante (FR). Este índice é utilizado para quantificar a relação existente entre a força total aplicada no pedal pelo ciclista e o quanto dessa força é transmitida para o pé-de-vela ao longo do ciclo da pedalada.
- **Índice de Efetividade na fase de propulsão (IE propulsivo) (%)**: Valor numérico que, matematicamente, pode ser definido como a razão entre o impulso da força efetiva (IFE) e o impulso da força resultante (IFR). Este índice é utilizado para quantificar a relação existente entre a força total aplicada no pedal pelo ciclista e o quanto dessa força é transmitida para o pé-de-vela de 0° a 180° do ciclo da pedalada.
- **Índice de Efetividade na fase de recuperação (IE recuperação) (%)**: Valor numérico que, matematicamente, pode ser definido como a razão entre o impulso da força efetiva (FE) e o impulso da força resultante (FR). Este índice é utilizado para quantificar a relação existente entre a força total aplicada no pedal pelo ciclista e o quanto dessa força é transmitida para o pé-de-vela de 180° a 360° do ciclo da pedalada.
- **Taxa de Efetividade (TE) (%)**: Valor que pode ser matematicamente definido como a razão entre a FE e a FR. A taxa de efetividade expressa a capacidade técnica do indivíduo ao longo do ciclo de pedalada por meio de valores compreendidos entre -1 a 1. O valor mais próximo de 1 expressa a aplicação de

força que gera torque no sentido do movimento do pé-de-vela, enquanto que o valor -1 expressa a aplicação de força que gera torque no sentido contrário ao movimento do pé-de-vela.

- **Força Efetiva Positiva (%):** Força aplicada ao pedal que é transferida para o pé-de-vela propulsionando a bicicleta. Esta força é aplicada perpendicularmente ao pé-de-vela, gerando torque propulsor.
- **Forças Inefetivas (%):** Forças que geram torque negativo para o membro contra-lateral, prejudicando a propulsão da bicicleta e aumentando o gasto energético (neste estudo é a FE negativa).
- **Torque (N/m):** É produto entre a FE e o comprimento do pé-de-vela.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

A cinética envolve o estudo do movimento, incluindo o exame da força como agente do movimento (ENOKA, 2000).

A força, do ponto de vista das ciências exatas, representa a ação de um corpo ou partícula sobre outro, e pode ser exercida à distância ou por contato direto, sendo caracterizada pelo seu ponto de aplicação, intensidade, direção e sentido, portanto representada por um vetor (BRANSON, 1974). Já autores relacionados a biomecânica, como Hamill e Knutzen (1999), definem a força como qualquer interação, de impulso ou de tração, entre dois objetos, que faça ou não que um objeto acelere positivamente ou negativamente.

### **2.1 CARACTERÍSTICAS DE UMA FORÇA**

A força é uma grandeza vetorial, e como tal, possui as características de magnitude, direção e sentido, onde a magnitude representa a quantidade de força aplicada (HAMILL e KNUTZEN, 1999). Ainda, segundo estes autores, a força apresenta outra característica importante que é seu ponto de aplicação.

No corpo humano, o ponto de aplicação é o ponto onde a força é aplicada, geralmente é a origem muscular no osso ou na inserção do músculo, já a linha de aplicação de forças representa uma linha de comprimento infinito na direção na qual a força está agindo. A orientação da linha de aplicação é geralmente dada com respeito a uma referência (sistema de coordenadas x-y no caso bidimensional). A orientação da linha de aplicação nesse sistema é dada como uma posição angular e é denominada ângulo de aplicação.

Dentre os tipos de forças existem as forças de contato, caracterizadas como sendo as forças que resultam de uma interação entre dois objetos, como a força de reação do solo, força de reação articular, força de arrasto, força de inércia, força muscular e força elástica (HAMILL e KNUTZEN, 1999). Neste momento somente abordaremos algumas destas forças, mais relacionadas com a biomecânica do ciclismo.

A força de reação do solo pode ser compreendida como sendo a reação proporcionada pela superfície onde a pessoa está se movendo. Assim como todas as forças, a força de reação do solo resultante é um vetor e pode ser decomposta

em seus componentes (FX, FY, FZ), onde FX é o componente antero-posterior, FY o componente vertical e FZ o componente médio-lateral. No ciclismo a força de reação do pedal é medida com auxílio de pedais instrumentados que serão descritos a seguir.

Outra força caracterizada como sendo de contato é a força muscular, com a característica de ter apenas características de tração, ou seja, é unidirecional. Assim cada movimento é realizado por pares de músculos, agonistas e antagonistas. As forças musculares são geralmente calculadas como forças totais, não forças individuais apesar de existirem modelos matemáticos para avaliar forças musculares individuais.

## **2.2 CINÉTICA E O CICLISMO**

Durante a análise biomecânica do ciclismo, é imprescindível a abordagem de aspectos cinéticos. O estudo da cinética do ciclismo envolve a produção de força muscular pelo ciclista e um completo entendimento das forças externas e das forças interativas partindo da bicicleta que agem sobre o ciclista, sendo as principais as forças que agem no guidom e nos pedais, neste trabalho abordaremos mais as questões relacionadas à aplicação de forças nos pedais.

### **2.2.1 Torque**

Quando uma força é aplicada de modo que cause uma rotação, o produto daquela força e a distância perpendicular entre o ponto de aplicação e o ponto de rotação é denominada torque (T) ou momento de força. Branson (1974) define torque como sendo a soma de todos os momentos das forças em relação a um dado ponto. Sendo os momentos grandezas vetoriais, eles obedecem às regras de soma dos vetores.

O torque não é uma força, mas meramente a efetividade de uma força para causar rotação sobre um eixo específico (HAMILL e KNUTZEN, 1999). Torque é uma quantidade vetorial e assim tem as propriedades de magnitude e direção. A magnitude é representada pela magnitude da força vezes a magnitude do braço do momento e o sentido é determinado pela convenção da mão direita.

O conceito de torque está muito presente no ciclismo, uma vez que alterações principalmente no comprimento do pé de vela interferem diretamente nos braços de momento e conseqüentemente na geração de torques. Too e Landwer (2000) foram alguns dos pesquisadores que estudaram diferentes comprimentos de pé de vela na geração de potência. A descrição mais elaborada de seus trabalhos encontra-se descrita abaixo.

O torque produzido é o principal responsável pela produção de potência. De acordo com Coyle *et al.*, (1991), ciclistas de elite preocupam-se em produzir grandes torques durante a fase propulsiva e não se preocupam tanto com o torque produtor (torque positivo) na fase de recuperação. Pelo fato do torque ser dependente da aplicação de forças, optou-se por apresentá-lo abaixo.

### **2.2.2 Forças aplicadas ao pedal**

O primeiro trabalho que procurou medir força de reação em pedais data de 1896, e foi realizado por Sharp. Os pedais por ele descritos e desenhados continham molas montadas entre duas plataformas que defletiam em resposta à carga durante a pedalada e causava uma marca de traço em uma tira de um papel circular montado embaixo do pedal. Esses dados (em forma gráfica) mostravam a componente perpendicular da força, similar a os dados gravados pelos vários pedais de alta tecnologia instrumentados hoje (BURKE, 1996). Mas de lá para cá muitos outros foram construídos e alguns ainda estão sendo utilizados (DAVIS e HULL, 1981, NEWMILLER *et al.*, 1988, ALVAREZ e VINYOLAS, 1996).

No Brasil, também foram desenvolvidos pedais instrumentados (BONTEMPO *et al.*, 1996, NABINGER 1997, MADERS e ZARO 1998, NABINGER e ITURRIOZ, 2005 e CARPES, 2006 (protótipo ainda não publicado)).

Segundo Bontempo *et al.*, 1996 o conhecimento detalhado das forças atuantes nos pedais é de grande interesse por vários motivos:

- É importante no estudo de freqüentes contusões sofridas pelos ciclistas, principalmente nos joelhos, que é em virtude da má postura assumida pelos mesmos ou aplicação excessiva de esforços quando se está pedalando.
- Estes estudos têm estreita relação com a fadiga muscular, já que durante a pedalada a musculatura envolvida é colocada a trabalhar em regime

cíclico, sendo mais críticos os casos em que se observam grandes amplitudes para os esforços aplicados.

- Além disso, a determinação das forças no ciclismo tem a função de determinar o rendimento do ciclista e sua eficiência no ato de pedalar, pois se aplicando os esforços em ocasiões oportunas grandes partes do esforço serão transmitidas para a bicicleta, melhora-se a técnica do ciclista e diminui-se a fadiga muscular sofrida pelo mesmo.

- Esses levantamentos também são importantes para o projeto e a fabricação de bicicletas, pois tendo o domínio dos processos que ocorrem com uma bicicleta pode-se trabalhar em busca de novas soluções e otimizações de desempenho.

Autores como Groot *et al.*(1994) e Gregor (2003) afirmam que, embora a magnitude da força de reação do pedal seja importante, a orientação do vetor resultante (FR) com respeito às extremidades inferiores também é importante e, notadamente, influenciará a maneira como os músculos das pernas responderão à variação das cargas de trabalho. Gregor (2003) relata que, durante o ciclo de pedalada, ocorrem tanto alterações na orientação do pedal como também alterações na orientação da força resultante na bicicleta e no sistema de referência do pedal. O autor ainda afirma que a magnitude da força de reação de pedal e a orientação se alteram constantemente por todo o ciclo de pedalada conforme muda a posição do membro acima do pedal.

Em relação às componentes da força elas podem ser classificadas como: força resultante ( $F_r$ ) que é obtida mediante combinação das componentes normal ( $F_y$ ) e tangencial ( $F_x$ ) aplicadas no pedal, e representa a força total, no plano sagital, aplicada pelo ciclista no pedal, conforme ilustra a Figura 1 Além das forças normal e tangencial, há também outras duas forças envolvidas no movimento da pedalada: (1) a força efetiva ( $F_e$ ), que é a componente da força aplicada perpendicularmente ao pé-de-vela e que produz torque positivo, também chamada de força transmitida; e (2) a força inefetiva ( $F_i$ ), que é a componente da força paralela ao pé-de-vela e que não produz torque (LAFORTUNE e CAVANAGH, 1983; BURKE, 1996; GREGOR, 2000).

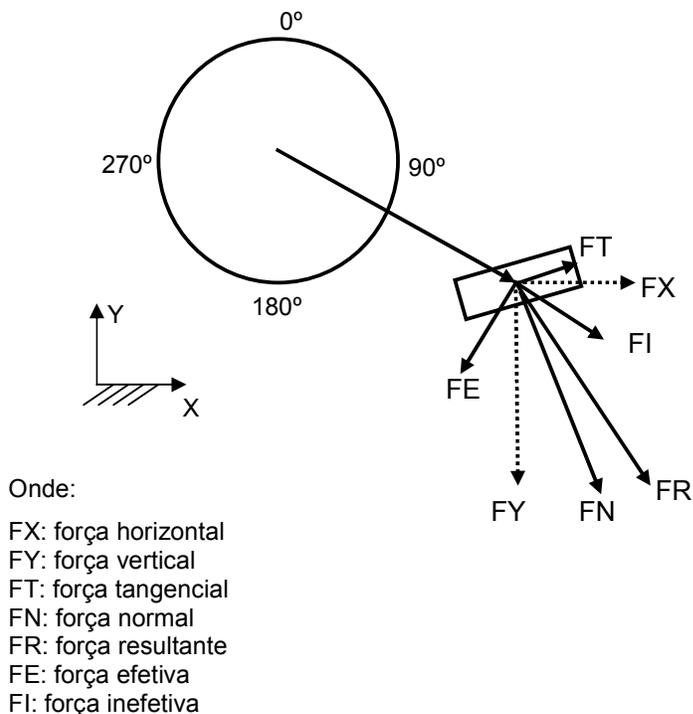


Figura 1: Ilustração das forças utilizadas na análise biomecânica da pedalada, adaptado de Coyle *et al.*, (1991).

Portanto, a dinâmica do ciclismo se torna bastante complexa quando se considera o verdadeiro movimento tridimensional dos membros e a orientação que varia do vetor resultante vindo do pedal. Em relação aos ângulos do pé de vela onde ocorrem os picos de força, estes dependem da técnica individual utilizada por cada ciclista, isso promove certa discordância entre os resultados de alguns estudos Davis e Hull (1981); Bolourchi e Hull (1985) afirmam que este pico ocorre entre 100° e 105° graus, já Gregor *et al.*, (1991) afirma que estes picos ocorrem por volta de 90°, no entanto Bertucci *et al.* (2004) acrescenta a discussão referendando valores de pico de torque em subidas por volta de 90° e em terrenos planos por volta de 95 a 97°. Portanto as faixas correspondentes entre 90 e 105° são apontados como sendo os locais onde ocorre o pico de geração de forças nos pedais.

### 2.2.3 Avaliação da técnica no ciclismo

Um dos melhores indicativos utilizados para discriminar a técnica de pedalada é o índice de efetividade (IE), ou efetividade da pedalada, que é definido como a razão entre o impulso da componente perpendicular da força ao pé-de-vela

(FE) e o impulso da componente resultante (FR) no pedal (COYLE *et al.*, 1991, ZAMEZIATI *et al.*, 2005).

Este índice mostra o quanto de toda a força aplicada no pedal, está realmente gerando movimento, ou seja, mostra que a parcela que está sendo aplicada perpendicularmente ao pé-de-vela representada aqui pela força efetiva (FE). A magnitude do IE varia de 1 a -1 durante o ciclo da pedalada (Davis e Hull, 1981).

Autores como Coyle *et al.* (1991) e Zameziati *et al.* (2005) têm utilizado diferentes formas de avaliar o IE. Enquanto Coyle *et al.* (1991) utilizaram duas equações, sendo que uma representaria o IE em todo o ciclo de pedalada (equação 1) e a outra representaria apenas a fase descendente da pedalada, ou fase de propulsão (equação 2), Zameziati *et al.*, (2005), apesar de terem utilizado uma nomenclatura diferente para definir força efetiva e força resultante, também utilizaram as duas formas de expressar o IE utilizados por Coyle *et al.* (1991). No entanto, também apresentaram uma nova equação para identificar o IE na fase ascendente do ciclo de pedalada, ou fase de recuperação. (equação 3), ou popularmente conhecida como fase de puxada.

$$IE_{360} = \frac{\int_0^{2\pi} F_E(\theta) \times d\theta}{\int_0^{2\pi} F_R(\theta) \times d\theta} \times 100 \quad (1)$$

$$IE_{180} = \frac{\int_0^{\pi} F_E(\theta) \times d\theta}{\int_0^{\pi} F_R(\theta) \times d\theta} \times 100 \quad (2)$$

$$IE_{180Asc} = \frac{\int_{\pi}^{2\pi} F_{Tangencial}(\theta) \times d\theta}{\int_{\pi}^{2\pi} F_{Total}(\theta) \times d\theta} \times 100 \quad (3)$$

Dentre as diversas situações que o IE tem sido estudado, uma têm merecido destaque, sendo a que apresenta o IE como diretamente proporcional à carga de trabalho (PATERSON e MORENO 1990, BLACK *et al.*, 1993, AMOROSO *et al.*, 1993, SANDERSON e BLACK 2003, ZAMEZIATI *et al.*, 2005).

Patterson e Moreno (1990) analisaram o comportamento do IE durante todo o ciclo da pedalada ( $IE_{360}$ ), em duas potências (100 e 200 W) encontrando aumento no IE tende a medida que potências maiores são requeridas. Os autores encontraram valores de 27% e 40%, para 100 e 200 W respectivamente, os quais estariam relacionados com melhoras na aplicação de forças. Somam-se a isto os achados de Zameziati *et al.*, (2005), que reportaram aumentos no  $IE_{360}$  de 43% para 59% quando valores maiores de potência foram requeridos (164 e 268 W respectivamente). No mesmo estudo, os autores reportaram correlações significativas ( $r=0,79$ ,  $p<0,05$ ) entre o  $IE_{360}$  e a eficiência bruta (*gross efficiency* (GE)), sugerindo que o  $IE_{360}$  pode exercer um papel determinante na modulação da eficiência muscular para cadências constantes.

No estudo de Black *et al.*, 1993, os autores avaliaram o comportamento de variáveis cinéticas e cinemáticas de ciclistas quando submetidos a um teste progressivo máximo, com análises no início e no final do teste. Em relação à efetividade na aplicação de forças, os autores relatam que o aumento na carga de trabalho fez com que a efetividade na aplicação de forças também aumentasse, o que estaria diretamente envolvido com o ângulo do pé-de-vela em que o pico da força resultante aconteceu, ou seja, no final do teste houve uma antecipação em relação ao ângulo onde aconteceu o pico, representando assim uma mudança na estratégia de pedalada.

O comportamento da efetividade na aplicação de forças também tem sido estudado em protocolos de exaustão (AMOROSO *et al.*, 1993 e SANDERSON e BLACK 2003). Amoroso *et al.*, (1993) estudaram variáveis cinéticas e cinemáticas de 11 ciclistas durante a realização de um protocolo de exaustão onde foi utilizada uma carga fixa de 300W. As análises foram feitas entre o primeiro e o último minuto do teste. Em relação aos parâmetros cinéticos, não foram observadas alterações significativas na FE, o que pode também ser visualizado quando fora calculado o IE entre as situações, quando ambas apresentaram valores semelhantes (57%). Porém, foram encontradas diferenças significativas na força normal na fase descendente (0-180°), e também uma redução na aplicação de forças tangenciais.

Os autores concluíram dizendo que a instalação de mecanismos de fadiga interfere na capacidade dos ciclistas em modificar a estratégia de pedalada.

Outro estudo que investigou a efetividade da pedalada durante protocolos de exaustão foi o desenvolvido por Sanderson e Black (2003). Os autores avaliaram a efetividade em protocolos de exaustão a 30 e 80% da potência máxima, mantendo uma cadência de 90 rpm. As comparações foram feitas nos minutos iniciais e finais. Os resultados mostraram um aumento significativo no pico de força efetiva quando comparado início e final, também os autores concluíram que os ciclistas se tornaram menos efetivos na fase de recuperação, aumentando a demanda de força na fase de propulsão.

#### **2.2.4 Fatores que interferem na orientação das forças nos pedais**

As forças que os ciclistas aplicam nos pedais são comumente utilizados para caracterizar a técnica de pedalada (BURKE 1996) e são altamente dependente de fatores mecânicos (TOO 1990 e GROOT *et al.*, 1994), como altura e posição do selim (DIEFENTHAELER *et al.*, 2005) potência produzida (SANDERSON, 1990), cadência de pedalada (ERICSON E NISELL 1988, SANDERSON 1990, PATERSON e MORENO 1990, SANDERSON *et al.*, 2000, e FARIA *et al.*, 2005), tamanho do pé de vela (TOO e LANDWER 2000), e também fisiológicos, como a fadiga muscular (SANDERSON e BLACK, 2003, CARPES *et al.*, 2005).

O padrão de aplicações de forças nos pedais, quando modificado a altura e a orientação do selim em relação a posição comumente utilizada pelo ciclista foi estudada por Diefenthaler (2005). O autor encontrou diferenças tanto na magnitude quanto na orientação entre as diferentes posições e uma das conclusões do trabalho foi que a posição mais efetiva na geração de forças é a posição em que o ciclista está habituado a pedalar.

Sanderson (1990) investigou a influência de duas potências (100 e 235W) e três cadências (60, 80, 100 rpm) sobre a assimetria de aplicação de forças em 45 sujeitos, e encontrou que quanto menor a potência produzida em cadências mais elevadas, maiores eram as assimetrias entre membros na aplicação das forças. A cadência tende a influenciar na fadiga neuromuscular (FARIA *et al.*, 2005), uma vez que o aumento de cadências aumentaria o número de fibras de contração lenta, reduzindo a fadiga nas fibras de contração rápida, porém teria como consequência a

redução da força aplicada aos pedais por revoluções por minuto (PALMER *et al.*, 1999). No entanto esta menor força aplicada aos pedais é compensada com altas cadências, uma vez que altas cadências diminuem o tempo de contração muscular, o que aumenta o fluxo sanguíneo para as fibras tipo I, retardando a fadiga. Isso explicaria em partes o porque da escolha de altas cadências entre os ciclistas. A seguir abordaremos mais aspectos relacionados às cadências.

Outro fator que também mereceu investigação e também exerce influência na geração de forças é o comprimento do pé de vela. A modificação do comprimento do pé de vela interfere na relação força/comprimento e também na relação entre força/velocidade, estas relações agem diretamente na produção de força, torque e potência. Este assunto foi investigado por Too e Landwer (2000), os autores estudaram 5 comprimento de pé de vela (110, 145, 180, 230 e 265 mm) em 11 sujeitos durante a realização do teste de Wingate, onde foram observados os valores de pico, média e mínimo de produção de potência. Os autores concluíram que o comprimento que apresentou os maiores valores de pico e de média de potência foi o de 180 mm.

Até agora, todas as causas apresentadas que poderiam interferir na geração de força eram de caráter mecânico, mas aspectos fisiológicos, como a fadiga, também podem interferir no padrão de aplicação de forças, foi o que Sanderson e Black (2003) procuraram investigar. Os autores utilizaram um protocolo de 80% da máxima potência até a exaustão, onde os 12 ciclistas estudados teriam que manter uma cadência de 90 rpm. As comparações entre o primeiro minuto e o último revelaram que ocorreu um aumento no pico de força efetiva e aumento nos valores de torque propulsivo, assim os autores concluíram que ciclistas fadigados tendem a retardar a geração de força na fase de recuperação e aumentar a produção de força durante a fase de propulsão ainda que a potência produzida permaneça constante. Ou seja, quando se aproxima de níveis considerados fatigantes o ciclista procura aproveitar ao máximo a aplicação de forças a fim de contrapor-se ao processo de fadiga. Conclusões semelhantes foram reportadas por Carpes *et al.*, (2006), em estudo envolvendo intensidades de esforço e assimetrias entre membros. Neste estudo foi investigado o comportamento na geração de torque propulsivo em ambas as pernas durante a realização de um teste progressivo máximo em 5 ciclistas, os autores concluíram que as assimetria entre as pernas na geração de forças presentes de forma significativa, até intensidades a baixo de 90% do  $VO_2$  máx,

deixava de existir quando a intensidade ultrapassava esta faixa de esforço. Os autores concluíram que a explicação poderia ser uma maior participação na geração de forças pela perna não dominante.

### **2.3 CADÊNCIAS DE PEDALADA**

A cadência de pedalada é definida como o número de revoluções por minuto do pé de vela que o ciclista de mantém, e tem sido objeto de estudo de um grande número de trabalhos científicos nos últimos anos (BARSTOW *et al.*, 1996, CHAVARREN e CALBET 1999, NEPTUNE e HULL 1999, SANDERSON *et al.*, 2000, MACINTOSH *et al.*, 2000, MARTIN e SPIRDUSO 2001, HANSEN *et al.*, 2002, SARRE *et al.*, 2003, BERTUCCI *et al.*, 2004, LUCIA *et al.*, 2004, NESI *et al.*, 2004, NIELSEN *et al.*, 2004, SOARES *et al.*, 2005, KOHLER e BOUTELLIER 2005, SARRE *et al.*, 2005, PIERE *et al.*, 2006, HANSEN e SJØGAARD 2006).

Apesar de saber que a cadência é um dos fatores que afetam a performance, ainda não existe consenso sobre quais são os reais fatores determinantes na escolha das cadências mais elevadas (FARIA *et al.*, 2005). Paradoxalmente as cadências mais econômicas são as compreendidas entre 50 e 80 rpms, (GAESSER e BROOKS 1975, DI PRAMPERO 2000), mas os ciclistas preferem utilizar cadências menos econômicas compreendendo uma faixa de 90 a 105 rpm, talvez esta discordância entre o recomendado e o utilizado seja o ponto que mais intriga os pesquisadores.

Dentre os autores que tentam explicar tal fato, estão os que defendem que fatores hemodinâmicos estariam envolvidos (GOTSHALL *et al.*, 1996), uma vez que a manutenção de cadências mais elevadas ajudaria na bomba muscular, outros (WIDRICK *et al.*, 1992) defendem a idéia que componentes internos da carga de trabalho necessários para a movimentação dos membros são proporcionalmente reduzido para cadências entre 82 e 101 rpm, o que resultaria em uma maior eficiência mecânica. Esta constatação também foi comprovada por Soares *et al.*, (2005), que analisaram por meio da análise dos momentos musculares, diferentes cadências (preferida e 60, 75, 90, 105 rpm ) e reportaram que nas cadências ditas como preferidas foram as que apresentaram um menor momento muscular, ainda os autores constataram que o momento muscular era maior para cadências mais baixas e diminuía a medida que se aproximava das cadências preferidas, mas tornava a se

e elevar a medida que a cadência maiores são solicitadas. A explicação encontrada foi que em cadências baixas existe a necessidade de gerar uma grande força, e esta quantidade de força vai diminuindo à medida que se aproxima da cadência preferida chegando a um valor ótimo da relação força x velocidade, mas em cadências acima da cadência preferida ocorre um aumento do esforço devido principalmente devido ao aumento da co-contracção da musculatura agonista-antagonista. Os autores concluíram que a escolha da cadência estaria mais associada com o esforço muscular do que com o consumo de oxigênio em uma determinada cadência.

Ainda em relação ao esforço muscular e sua influência na fadiga muscular existe os que defendem que este aumento na cadência estaria ligado a fadiga neuromuscular (TAKAISHI *et al.*, 1994 e TAKAISHI *et al.*, 1996, FARIA *et al.*, 2005), uma vez que o aumento nas cadências aumentaria o número de fibras de contracção lenta, reduzindo a fadiga nas fibras de contracção rápida. Esta questão também foi abordada por Kohler e Boutellier (2005) que afirmam que a utilização de cadências mais elevadas, existe uma menor recrutamento de pontes cruzadas para determinada área de sessão transversa, assim cada fibra muscular seria usada por um período de tempo menor aumentando o período de recuperação. Portanto a utilização de cadências mais elevadas, que as consideradas eficientes, fazem com que o ciclista consiga resistir mais a fadiga, apesar de ser exigida uma demanda energética superior em virtude de uma menor eficiência. No entanto Sarre *et al.*, (2003) investigaram a atividade eletromiográfica de 3 músculos (reto femoral, vasto medial e vasto lateral) em 3 diferentes potências (60, 80 e 100% VO<sub>2</sub> máx) e 5 cadências (70, 85, 100, 115, 130% da cadência preferida) e concluíram que exceto para o reto femoral os demais músculos não foram influenciados significativamente em função da cadência, independentemente da potência. O que leva a compreensão que a minimização da atividade dos músculo extensor de joelho não é um fator que conduziu à escolha de uma cadência em ciclismo, mas os autores concordam que outros fatores neuromusculares podem estar envolvidos na escolha das cadências preferidas.

O fato da maioria dos ciclistas experientes apresentarem valores de cadências preferidas bastante elevadas, levou Marsh e Martin (1997) a investigarem se a experiência, nível de condicionamento e a potência produzida eram determinantes para a escolha destas cadências, para isso utilizaram 12 ciclistas, 10 corredores treinados e 10 não ciclistas e criaram 4 hipóteses. As conclusões foram

que (1) a experiência no ciclismo não é um fator determinante para a escolha de cadências elevadas, uma vez que os corredores apresentaram valores de cadências preferidas semelhantes as utilizadas pelos ciclistas, (2) a aptidão física e o treinamento de *endurance* parecem estar associadas com a escolha de cadências mais elevadas, pois o grupo de destreinados apresentaram valores significativamente inferiores de cadências preferidas, (3) as cadências preferidas para os 3 grupos estudados não aumentam a medida que cargas superiores são requeridas, no grupo de ciclistas apresentou uma ligeira diminuição, os corredores mantiveram e os destreinados apresentaram uma queda mais significativa nos valores de cadências preferidas e (4) as cadências mais econômicas não foram alteradas com a mudança na potência, sendo que as mais cadências mais econômicas se encontram sempre abaixo das consideradas preferidas, sugerindo assim que a minimização da demanda aeróbica não é um determinante chave para a escolha da cadência preferida.

Posteriormente outro trabalho desenvolvido com o mesmo grupo de sujeitos Marsh *et al.*, (2000), avaliaram a influência dos mesmos fatores (diferentes cadências, experiências e potências) sobre a eficiência delta. Os autores concluíram que, (1) cadência não afetou a eficiência delta, (2) os ciclistas apresentaram eficiências levemente superiores aos outros dois grupos estudados, (3) Os ciclistas não foram capazes de maximizar suas eficiências delta nas cadências preferidas, (4) tanto o grupo de corredores quanto o grupo destreinado, que possuíam diferenças significativas na aptidão física, não apresentaram diferenças na eficiência delta, (5) a eficiência delta parece ser independente da experiência e do nível de aptidão.

Kohler e Boutellier (2005) baseados nas propriedades de força-velocidade e liberação de calor das fibras musculares propostas por Hill, indicaram que a cadência ideal não pode ser considerada como um valor fixo, e sim dependente das características de cada prova. Os autores, identificaram a existência de cadências mais eficientes e cadências mais potentes.

As cadências mais eficientes segundo os autores são as consideradas mais baixas (42-60 rpm), já as cadências mais potentes são as consideradas mais elevadas (80-115 rpm), e conforme as características de cada prova uma cadência prevaleceria sobre a outra. Esta prevalência estaria 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.

Apesar de vários estudos se deterem aos possíveis fatores que interferem na escolha das cadências, poucos tem investigado os aspectos biomecânicos relacionados a aplicação de forças na pedalada quando relacionados a mudanças tanto na potência quanto cadência (ERICSON E NISELL 1988, PATERSON e MORENO 1990, SANDERSON *et al.*, 2000, CANDOTTI *et al.*, 2003). Sendo que os estudos que abordam estes aspectos o fazem de maneira separada, e muitas vezes não condizente com a realidade com que os ciclistas estão acostumados a realizar em suas rotinas de treinamento.

Dentre os estudos que abordaram a associação entre diferentes potências e cadências sobre parâmetros biomecânicos relacionados ao ciclismo, destaca-se o trabalho de Ericson e Nisell (1988). Neste trabalho os autores investigaram além das diferentes forças que atuam nos pedais, o índice de efetividade (IE) em três diferentes potências (0, 120, 240 W), quatro diferentes cadências (40, 60, 80, 100 rpm), três diferentes alturas de banco (baixo, médio, alto) e duas posições do pé no pedal (anterior e posterior). Os autores reportaram que a força efetiva aumenta de maneira significativa a medida que potências mais elevadas são solicitadas e também quando a posição do pé é localizado mais a frente em relação ao pedal. Em relação a diferentes cadências utilizadas no estudo, os autores relataram não influenciarem a FE. Além disso cabe ressaltar que este estudo utilizou-se de sujeitos saudáveis, porém não ciclistas, e as medidas de força foram realizados com um pedal esquerdo, fato este bastante incomum em se tratando de pedais instrumentados.

Outro estudo bastante referenciado foi o desenvolvido por Paterson e Moreno (1990), no referido estudo foram utilizadas duas potências (100 e 200 W) e cinco cadências (40, 60, 80, 100 e 120 rpm). Os autores analisaram a força resultante, força efetiva e o índice de efetividade. Os autores concluíram que independente da potência, com o aumento da cadência tanto a força resultante quanto a força efetiva tenderam a diminuir, ainda em relação aos valores de força resultante, quando modificado a cadência de 60 para 120 rpm houve uma diminuição de 3% e 13% respectivamente para 100 e 200W. Em relação ao índice de efetividade este também apresentou comportamento semelhante. Apesar deste estudo ter sido referendado em muitos outros trabalhos, cabe ressaltar que foi

realizado por um grupo de não ciclistas atletas, sendo que os ciclistas pedalarão um minuto para cada situação, e as cargas utilizadas neste estudo estão muito aquém da capacidade que ciclistas podem manter durante provas.

Outro estudo que investigou a influência da cadência e da potência na aplicação de forças foi o desenvolvido por Sanderson *et al.*, (2000), onde dois grupos de ciclistas (17 recreacionais e 12 competitivos) utilizaram três cadências (60, 80, 100 rpm) associadas a quatro potências (100, 200, 300, 400 W). Em relação aos resultados, não foram encontradas diferenças no pico da força resultante e força efetiva quando comparados os grupos. Quando elevada a potência, mas mantendo a cadência constante, ocorreu um aumento significativo tanto um aumento no pico da força resultante quanto na força efetiva, além de uma diminuição do pico de força negativa. Quando a cadência foi elevada e potência mantida constante, foram observadas reduções significativas tanto no pico da força resultante como no pico de força efetiva.

Os autores concluíram que os ciclistas respondem de duas formas diferentes com o aumento da intensidade, aumentando a componente normal das forças aplicadas no pedal e alterando a orientação do pedal durante a fase de recuperação para se tornar mais efetiva.

Com a finalidade de comparar a técnica de pedalada entre duas cadências ditas como mais econômicas (60 rpm) e as mais utilizadas (90 rpm) Candotti *et al.*, (2003) testaram 8 ciclistas na intensidade correspondente ao segundo limiar ventilatório individual. Os autores reportaram uma redução significativa no pico de força resultante (428N para 369N), no pico de força efetiva (410N para 299N) e também para o Índice de efetividade (38 para 15%). A partir dos resultados os autores concluíram que quando os ciclistas pedalarão na frequência de giro de 60 rpm, empregaram mais força no pedal e obtiveram uma maior efetividade na pedalada.

Um estudo interessante que apesar de não ter estudado a associação entre diferentes intensidades e cadências, mas ajudou no esclarecimento sobre os aspectos da mecânica de pedalada e fadiga, foi desenvolvido por Sarre *et al.*, (2005) neste estudo os autores utilizaram 3 cadências (preferida, 50 e 110 rpm) durante sessões de 1h de ciclismo a 65% do  $VO_{2max}$ . Em relação à mecânica de pedalada os autores utilizaram para a análise o torque positivo (0-180°) e o torque negativo (180-360°) no pé-de-vela direito, e constataram que o padrão mecânico da pedalada foi

significativamente influenciado pela cadência, mas este não se alterou com o decorrer da sessão, em outras palavras, o aumento da cadência ocasionou um aumento tanto do torque positivo quanto do negativo. Dados semelhantes aos apresentados por Sarre *et al.*, (2005) também foram reportados por outros autores (NEPTUNE e HERZOG 1999, PATERSON E MORENO 1990, SANDERSON *et al.*, 2000). O aumento no torque negativo pode ser consequência de uma falta de ativação dos flexores do joelho e quadril, o que faz com que seja aumentado o torque positivo na fase de propulsão a fim de manter dada taxa de trabalho.

## **2.5 CARACTERÍSTICAS DOS PROGRAMAS DE TREINAMENTO DOS CICLISTAS**

O processo de treinamento no ciclismo assim como para outros esportes, é regido pelas regras do treinamento desportivo, dentre estas se destaca a frequência, duração e intensidade de treinamento.

Frequência e duração são variáveis relativamente fáceis de controlar, durante um programa de treinamento, no entanto a intensidade do exercício tem sido bastante estudada nos últimos anos.

Para se obter sucesso em programas de treinamento, principalmente de predomínio aeróbio, existe a necessidade de serem aumentados os períodos de tempo em que o exercício é realizado acima do limiar anaeróbio (LUCIA *et al.*, 1998 e BURKE, 2003), considerado por autores como Coyle, *et al.*, (1991), Lucia *et al.*, (1998) e Wilber *et al.*, (1997) entre outros, como sendo intensidades entre 78 a 90% do  $VO_{2máx}$ , porém intensidades ainda mais elevadas têm sido relatadas, como os apresentados nos estudos de Coyle *et al.*, 1991 e Lucia *et al.*, 1999, onde valores acima de 90% do  $VO_{2máx}$  foram mantidos pelo período de 1 hora em ciclistas profissionais.

Ainda em relação à intensidade de esforço deve-se salientar que além das sessões de treino, o ciclista participa de competições onde muitas vezes a intensidade de treino é superada, sendo o organismo do ciclista carregado ao máximo ou próximo deste, atingindo valores de 80 a 85% do  $VO_{2máx}$  (Burke 2003). Apesar de serem necessários equipamentos sofisticados, para a determinação do  $VO_2$ , alguns estudos (PERREY *et al.*, 2003 e CARPES 2004) têm investigado em situações de laboratório a intensidade de esforço mantida durante provas contra relógio. Investigando a intensidade de esforço auto-selecionada por 12 triatletas

durante um contra-relógio de 30 quilômetros, Perrey *et al.*, (2003) reportou valores de 88% do  $VO_{2máx}$ , estes valores não diferiram da intensidade obtida através do segundo limiar ventilatório.

Carpes (2004), avaliando ciclistas de nível estadual durante simulação contra relógio em laboratório, encontrou valores inferiores (66,3% do  $VO_{2máx}$ ) aos reportados por Perrey *et al.*, (2003), no entanto além da distância ter sido superior, os ciclistas eram sub-elite.

Além da utilização de percentuais do  $VO_{2máx}$  como indicadores de intensidade de esforço, também tem sido usado percentuais da frequência cardíaca máxima (PADILLA *et al.*, 2000, NEUMAYR *et al.*, 2000, FERNANDES-GARCIA *et al.*, 2000, IMPELLIZZERI *et al.*, 2002), principalmente durante treinamentos e competições, onde medidas diretas se tornariam inviáveis.

Padilla *et al.*, (2000) investigaram a intensidade de esforço durante diferentes competições de contra relógio em 18 ciclistas profissionais, os valores percentuais em relação a frequência cardíaca máxima variou de 89% em provas de time trial com distâncias inferiores a 10 quilômetros, até 80% em provas com distâncias superiores a 40 quilômetros.

Outro estudo que buscou investigar a intensidade de esforço durante competições foi realizado por Impellizzeri *et al.*, (2002), porém este utilizou ciclistas *off-roads* (modalidade de *Mountain Bike*). As interpretações foram realizadas com base no total de minutos em que a frequência cardíaca permaneceu em uma intensidade leve (abaixo do limiar de lactato), moderada (entre o limiar do lactato e o OBLA de 4 mmol), intensa (acima do OBLA de 4 mmol). Os valores encontrados foram de 18%, 51% e 31% respectivamente para as intensidade correspondentes a leve, moderada e intensa. Os valores médios de frequência cardíaca para o grupo foram de 170 bpm, o que corresponderia a 90% da frequência cardíaca máxima e 84% do  $VO_{2máx}$ .

Dentre as estratégias utilizadas para determinar a intensidade das competições está a realização de testes progressivos máximos em laboratório, onde são determinados os valores de  $VO_{2máx}$ ,  $FC_{máx}$  e também as concentrações de lactato, posteriormente são monitoradas as intensidades durante as provas somente com a frequência cardíaca, onde são calculadas as intensidades mantidas. Metodologia como a reportada anteriormente foi utilizada por Fernández-Garcia *et al.*, (2000) em 18 ciclistas de nível internacional durante as duas etapas das provas

mais importantes do mundo (*Tour de France e Vuelta a España*). Os pesquisadores definiram a partir dos testes em laboratório 4 intensidades de esforço, anaeróbio (>90% do  $VO_{2máx}$ ), aeróbio intenso (70 a 80% do  $VO_{2máx}$ ), aeróbio moderado (50 a 70 do  $VO_{2máx}$ ) e recuperação (<50% do  $VO_{2máx}$ ). Os resultados encontrados durante a *Vuelta a España e Tour de France*, foram respectivamente para a intensidade anaeróbica (12,99 e 16,8%), aeróbio intenso (29,5 e 29,2%), aeróbio moderado (32,4 e 31,9%) e recuperação (25,1 e 25,2%), todos esses valores são referentes ao total do tempo de cada prova. Assim os autores concluíram que as duas etapas das provas mais importantes do mundo são realizadas em uma intensidade muito intensa.

Apesar do grande interesse ser o monitoramento do treinamento de atletas, também em ciclistas recreacionais tem sido monitoradas as intensidades durante eventos de cicloturismo. Neumayr *et al.*, (2000) investigou em 14 ciclistas, por meio da frequência cardíaca, a intensidade de exercício, durante um evento de cicloturismo (230 km). Os autores dividiram as intensidades em recuperação (<70%  $FC_{máx}$ ), moderadamente aeróbio (70 – 80%  $FC_{máx}$ ), aeróbio intenso (80 – 90%  $FC_{máx}$ ) e anaeróbio (>90% da  $FC_{máx}$ ). O percentual médio de frequência cardíaca máxima mantida durante o trajeto pelo grupo foi de 77%, além disso 18,5% do tempo total foi mantido com frequências cardíacas abaixo de 70% da  $FC_{máx}$ , 28% do tempo dentro de uma intensidade moderadamente aeróbia, 39,5% em intensidades consideradas como sendo aeróbias intensa e 14% em intensidades consideradas pelos autores como sendo anaeróbias. Os autores concluíram que as intensidades mantidas por ciclistas recreacionais são bastante elevadas e similares às encontradas por atletas.

Como se pode perceber acima, a intensidade de esforço tem merecido uma atenção muito especial nos estudos envolvendo ciclismo, no entanto o volume de treinamento tem poucas referências na literatura sendo que as disponíveis são referentes a ciclistas europeus.

Dados referidos por Atkinson *et al.*, (2003) apontam que atletas profissionais europeus chegam a percorrer durante uma temporada de 25000 a 30000 quilômetros, sendo que nesta distância estão incluídas mais de 90 dias de provas e ao menos uma participação entre as 3 maiores provas de ciclismo, as quais tem duração de aproximadamente 3 semanas. No entanto não somente entre atletas profissionais estes volumes de treinamento são considerados elevados, os autores

também apresentam valores para atletas europeus amadores que ultrapassam 25000 quilômetros e 50 competições por ano.

Dados semelhantes aos reportados por Atkinson *et al.*, (2003) foram apresentados por Fernández-Garcia (2000), que ao estudar a intensidade de esforço, de 18 ciclistas profissionais, durante duas etapas do *Tour de France* e *Vuelta a España*, reportou que os ciclistas tinha percorrido a quilometragem de 30000 a 35000 km, na fase de treinamento durante o ano que antecedeu a realização do estudo.

Valores aquém dos referenciados para atletas de alto nível, mas também bastante expressivos são apresentados por Neumayr *et al.*, (2000), que investigou 14 ciclistas recreacionais austríacos, no ano de 1999 a média de quilometragem comprida por eles foi de 6591 km, no entanto a escala oscilou entre 3300 e 12000 km.

A partir do que foi reportado da literatura, sobre intensidade e volume de treinamento de ciclistas, concluiu-se que as intensidades de esforço mantidas pelos atletas profissionais ou não, tanto durante treinamentos quanto durante as provas, possuem características de esforços classificados como sendo moderadamente intenso e intenso.

Em relação aos volumes de treinamento estes podem variar de acordo com o grau de desempenho exigido, no entanto mesmo em ciclistas recreacionais são referendadas quilometragens bastante significativas.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO**

De acordo com os pressupostos metodológicos, descritos por Gil (1991) e Thomas e Nelson (2002), esta pesquisa, do ponto de vista de sua natureza pode ser caracterizado como sendo uma pesquisa aplicada. Quanto a abordagem do problema é quantitativa. Do ponto de vista de seus objetivos trata-se de uma pesquisa descritiva. Em relação aos seus procedimentos técnicos pode-se ser considerada como sendo empírica do tipo diagnóstica.

#### **3.2 GRUPO DE ESTUDO**

##### **3.2.1 Caracterização do grupo**

Para fazer parte do estudo os ciclistas deveriam ter experiência superior ou igual a quatro anos, estar participando regularmente de competições a nível estadual e ou nacional, ter idade entre 18 e 30 anos, não relatar em anamnese prévia nenhuma patologia de membros inferiores que viesse a influenciar os resultados, e comprometer-se com todas as etapas da pesquisas. Os valores referentes as variáveis de caracterização dos 8 ciclistas estudados estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Valores médios e desvios padrão referentes às variáveis de caracterização do grupo de estudo.

<b>n=8</b>	<b>Idade (anos)</b>	<b>Massa corporal (kg)</b>	<b>Estatura (cm)</b>	<b>Experiência (anos)</b>	<b>Vol. de treinamento km/sem.</b>	<b>Membro dominante</b>
<b>Média±DP</b>	24±3	73±6,3	178±6,8	8±4	488±171	Direito

#### **3.4 PROCEDIMENTOS PARA COLETAS DE DADOS**

Inicialmente fez-se contato com os ciclistas, os quais foram esclarecidos sobre a metodologia a qual seriam submetidos, e aqueles que aceitaram participar do estudo então assinaram um termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE),

aprovado previamente junto ao Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos (CEPSH) da Universidade Federal de Santa Catarina sob o registro nº 065/06. Anexo 01.

### 3.4.1 Avaliação antropométrica

Em um segundo momento, os ciclistas fizeram a primeira visita ao BIOMECCDS-UFSC onde foram aferidas as medidas antropométricas referentes à circunferência da coxa média e panturrilha, comprimento da coxa e perna e diâmetro do epicôndilo do fêmur e tibia. Todas as medidas foram realizadas no hemicorpo direito. Foi utilizado um paquímetro para medida dos diâmetros e comprimentos e uma fita métrica para as circunferências, ambos com resolução de 1 mm. Todos os procedimentos utilizados seguiram o protocolo proposto por Petroski *et al.* (1999). Os valores referentes às variáveis antropométricas dos ciclistas estudados estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Valores médios e desvios padrão referentes às variáveis antropométricas

n=8	Circunferências		Comprimentos		Diâmetros ósseos	
	Coxa	Panturrilha	Coxa	Perna	Epicôndilo	Maléolo
<b>Média±DP</b>	55±3	37±2	43±3,9	41,3±2,6	9,7±0,7	6,8±0,6

### 3.4.2 Teste Progressivo Máximo

Depois de aferidas às variáveis antropométricas, os ciclistas realizaram o Teste Progressivo Máximo (TPM), nas dependências do LAEF-CDS-UFSC. O TPM e os posteriores testes foram realizados nas próprias bicicletas, preservando assim a individualidade de cada ciclista. A altura do selim foi a que o ciclista estava habituado a pedalar, indo de acordo com o estudo de Diefenthaeler (2005), que mostrou que é nesta altura que o ciclista consegue apresentar a melhor técnica de pedalada. A relação de marchas utilizada foi a 39/18. Quando a bicicleta não possuía esta relação de marchas, utilizava-se a que mais se aproximasse desta.

O protocolo de avaliação do TPM teve uma carga de aquecimento de 100 W e foram acrescidos 30W a cada 3 minutos (SURIANO *et al.*, 2006), sendo que a cadência deveria ser mantida acima de 90 rpm. Os critérios para término do teste

foram a incapacidade de manter a cadência solicitada, a FC atingir valores máximos preditos para a idade e/ou ciclista apresentar sintomas de fadiga voluntária máxima.

Quando a carga do estágio não foi completada, a  $W_{máx}$  foi identificada segundo o método proposto por Kuipers *et al.*, (1985). Equação 4:

$$W_{máx} = Wf + (t / 180 \times 30) \quad (4)$$

Onde :

$Wf$  : corresponde a potência do estágio não completado

$t$  : Tempo em segundos de permanência no estágio não completado

### **3.4.2.1 Variáveis analisadas**

Consumo de oxigênio ( $VO_2$ )

Durante o teste progressivo máximo, o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), foi monitorado a cada 20 segundo através de um analisador de gases da marca AeroSport TEEM 100<sup>®</sup> *Metabolic Analyze System*, todas as calibrações foram realizadas de acordo com as recomendações dos fabricantes. Este equipamento em estudos prévios tem se mostrado válido para tais fins (WIDEMAN *et al.*, 1996). O  $VO_{2pico}$  foi assumido como sendo o maior valor relatado pelo equipamento.

Freqüência cardíaca

A freqüência cardíaca (FC) foi monitorada minuto a minuto durante a realização do TPM, para isso foi utilizado um freqüencímetro da Marca POLAR<sup>®</sup> modelo S610i.

Potência Produzida

O monitoramento da potência foi realizado através de um ciclosimulador eletromagnético da marca *CompuTrainer Profissional* modelo 8001 (*RaceMate Inc*<sup>®</sup>), cedido pelo laboratório de Biomecânica da Universidade Federal de Santa Maria, especialmente para estas coletas (Figura 2). Este equipamento tem se mostrado

válido quando comparado com outros equipamentos, tidos como padrão ouro (EARNEST *et al.*, 2005). Todas as calibrações foram realizadas segundo as recomendações preconizadas pelos fabricantes.



Figura 2: Ciclosimulador *CompuTrainer Professional* modelo 8001 (*RaceMateInc*<sup>®</sup>)

Os valores obtidos no TPM para o grupo de ciclistas durante o TPM estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Valores médios e desvios padrão referentes às variáveis obtidas no TPM

n=8	Pot. Máxima (W)	FC máxima (bpm)	Pot. Relativa (W/kg)	VO <sub>2</sub> Pico (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )
Média±DP	371±33	191±9	5,12±0,57	62,2±3,4

### 3.4.3 Testes Submáximos

A realização dos testes submáximos tinha por objetivo submeter os ciclistas a situações semelhantes as que estavam acostumados a realizar em seus programas de treinamento, sendo que para isso foram variadas tanto as intensidades como as cadências.

A ordem das cadências não foi realizada de forma randômica por ser necessário saber qual era a cadência preferida para cada carga, para então calcular as demais cadências. A utilização da cadência correspondente a Pref -20% logo

após a preferida foi definida após a realização de dois estudos piloto, onde no primeiro foi elevada (Pref +20%) a cadência e no segundo reduzida (Pref -20%). O ciclista testado relatou um menor desconforto com o fato de primeiro reduzir a cadência e depois elevá-la.

Em relação à ordem das cargas (60 e 80%), optou-se por escolher 60% para ser a primeira carga pelo fato de servir também como forma de aquecimento para a realização de uma carga superior. Caso fosse invertida a ordem das cargas talvez alguns dos ciclistas não conseguissem completar a primeira série de 30 minutos a 80%.

### ***Primeira etapa***

Respeitando um período mínimo de 48 horas após a realização do TPM, os ciclistas retornaram ao BIOMECH para a realização das sessões submáximas. A primeira etapa teve a duração de 30 minutos, onde os ciclistas deveriam manter uma intensidade de esforço correspondente a 60% da máxima potência obtida durante o TPM. Neste período foram variadas três cadências, sendo inicialmente 10 minutos de exercício na cadência preferida, posteriormente 10 minutos a uma cadência 20% abaixo da cadência preferida e para finalizar a primeira etapa 10 minutos em uma cadência correspondente a 20% superior a cadência preferida.

### ***Segunda etapa***

Terminada a primeira etapa os ciclistas permaneceram em repouso por um período que variava de 30 a 35 minutos, para então dar-se início a realização da segunda etapa. Esta variação de 5 minutos para o início da segunda etapa era devido à reinstalação dos equipamentos.

A segunda etapa também teve duração de 30 minutos, onde os ciclistas deveriam manter uma intensidade de esforço correspondente a 80% da máxima potência obtida durante o TPM. Neste período, foram variadas três cadências, sendo inicialmente 10 minutos na cadência preferida, posteriormente 10 minutos a uma cadência 20% abaixo da cadência preferida e para finalizar a primeira etapa 10 minutos em uma cadência correspondente a 20% superior a cadência preferida.

Em ambas as etapas o controle da cadência foi realizado pelo próprio ciclista por meio de um *display* localizado no guidon da própria bicicleta.

O quadro abaixo ilustra bem as etapas metodológicas as quais os ciclistas foram submetidos.

Quadro 1: Esquema metodológico para a aquisição dos dados.

Primeira etapa			Recuperação	Segunda etapa		
60% da Potência Máxima				80% da Potência Máxima		
10 min	10 min	10 min		10 min.	10 min.	10 min.
Pref	Pref-20%	Pref+20%		Pref	Pref-20%	Pref+20%

### 3.4.3.1 Variáveis analisadas

#### Potência

Por ser a potência a variável de controle da intensidade utilizada neste estudo, ela foi monitorada por meio do ciclo simulador *Compu Trainer Professional modelo 8001 (RaceMate Inc<sup>®</sup>)*, descrito anteriormente. Os ciclistas foram instruídos a manterem sempre a mesma cadência. A relação de marchas foi a mesma assumida no TPM (39/18).

#### Frequência cardíaca

A FC também foi monitorada para as duas situações. Utilizou-se o mesmo equipamento usado na avaliação do TPM, descrito anteriormente. A utilização deste equipamento possibilitou o monitoramento das intensidades de esforços relativas às cargas utilizadas.

#### Percepção Subjetiva de Esforço

Ao final de cada série de 10 minutos era solicitado que os ciclistas informassem a PSE relativa ao esforço que estavam realizando, para isso utilizou-se a escala de *Borg* de 20 pontos.

## Dinamometria

Foi utilizado um pedal-plataforma de força acoplado a um condicionador de sinais ENTRAN MSC6, com módulos MSC-A1 utilizando alimentação de ponte de 1V e ganho de 1 K, de propriedade do Laboratório de Pesquisa no Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física (ESEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e a um computador modelo Compaq Presario (*Celeron* 1300 Hz).

O sistema possibilitou a medição simultânea de duas componentes da força no plano sagital, nas direções normal (FX) e tangencial (FY), ao longo dos 360° da pedalada. A geometria do pedal-plataforma, em forma de H, é composta de quatro vigas em balanço instrumentadas com extensômetros - strain gages (Neto *et al.*, 2001) (Figura 3).



Figura 3: Pedal instrumentado (direito), cedido especialmente pelo LAPEX-ESEF-UFRGS.

O pedal foi calibrado com cinco cargas de até 110,36 N para ambas as componentes da força (FX e FY). Para a força normal, obteve-se uma relação linear de 243,4599 (N.V<sup>-1</sup>) entre a tensão elétrica e a força aplicada sobre o pedal, sendo obtida uma correlação alta ( $R^2= 0,994$ ). Na calibração da força tangencial, encontrando-se uma relação linear de 126,0902 (N.V<sup>-1</sup>) entre a tensão elétrica e a força aplicada sobre o pedal, sendo obtida uma correlação alta ( $R^2= 0,989$ ). O acoplamento existente entre as componentes das forças normal e tangencial no pedal foi eliminado a partir de uma matriz de desacoplamento, apresentada no Anexo 2.

O sistema pedal-plataforma de força computadorizado, e o sinal elétrico emitido por ele foi transmitido para o mesmo condicionador de sinais citado acima. O sinal amplificado foi convertido por uma placa analógico-digital de 16 canais CODAS (Dataq *Instruments, Inc. Akron, USA*), e as componentes da força normal e tangencial aplicadas sobre o pedal foram obtidas por meio do software WINDAQ a uma frequência de 400 Hz e resolução de 16 bits, que foram armazenadas no mesmo computador mencionado anteriormente.

### Cinemática

Para a medida do posicionamento do pedal durante a pedalada, utilizou-se o sistema de cinemática *Digital Motion Analysis System (DMAS 5.0<sup>®</sup>)* da SPICATek<sup>®</sup>. Este sistema é composto por uma câmera filmadora digital DALSA<sup>®</sup> - *CCD Image Capture Technology / CA-D4*, com resolução de 1024x1024 pixels e fator de correção de 1:1 à 40 quadros por segundo (fps); servidor Dual Intel Pentium III<sup>®</sup> 500MHz e software específico para digitalização das imagens.

Para a calibração do equipamento utilizou-se uma referência métrica bidimensional composta por cinco pontos dispostos em um plano. Sendo que as coordenadas X e Y eram expressadas em metros, conforme ilustra a Figura 4.

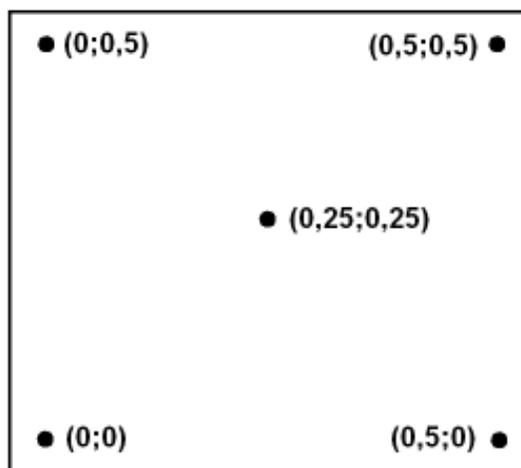


Figura 4: Calibrador bidimensional.

Para minimizar os possíveis erros de digitalização o software dispõe do filtro digital *Least Square Fit*<sup>®</sup>, que opera de forma automática, com uma frequência de corte estabelecida em 3 Hz.

Para que o sistema de cinemetria identificasse o movimento do pedal durante a pedalada, foi fixada uma haste de madeira na lateral do pedal onde foram posicionados três marcadores reflexivos, conforme ilustra a Figura 5.



Figura 5: Estrutura montada no pedal para a identificação dos ângulos do pedal através da cinemetria.

Para sincronização dos sistemas de cinemetria e dinamometria foi utilizado um dispositivo eletrônico que gerava um sinal luminoso e um pulso elétrico simultaneamente. Os dados de cinemática foram gravados por um período máximo de 7 segundos. A câmera ficou distante 3,5m do local onde estava a bicicleta do avaliado, perpendicular ao principal plano de movimento (sagital).

### **3.4.3.2 Análise dos Dados**

Para a análise dos sinais de força foi elaborada uma rotina utilizando o software MATLAB<sup>®</sup> (*MathWorks Inc.*, EUA). Esta consistiu da análise das componentes normal (FY) e tangencial (FX) da força aplicada no pedal. Para os sinais de força foi utilizado um filtro digital passa baixa do tipo *Butterworth* de ordem 3, com frequência de corte de 10 Hz. Se obteve a média de cinco ciclos consecutivos de pedalada. Os recortes foram normalizados na escala de tempo a

partir da curva com menor número de pontos antes de ser calculada a média e o desvio padrão das mesmas.

Por meio de rotinas desenvolvidas no software MATLAB® (*MathWorks Inc.*, EUA) foram analisadas as variáveis cinemáticas. Na mesma rotina de processamento foi realizada a sub-amostragem dos dados de força de 400 Hz para 40 Hz referente à frequência que foi obtida a informação advinda da cinemetria. A escala dos dados da cinemetria foi ajustada para metros.

A determinação do ângulo do pedal foi feita considerando-se a posição do segmento anterior do pedal, formado pelo segmento definido pelo vetor entre a extremidade anterior do pedal e o centro do mesmo, em relação ao eixo horizontal (Figura 6)

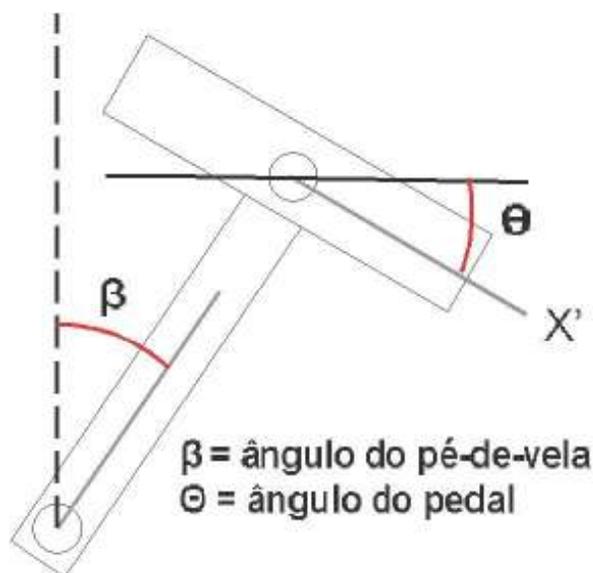


Figura 6: Representação esquemática do ângulo relativo.

As componentes das forças normal ( $F_Y$ ) e tangencial ( $F_X$ ) foram decompostas em componentes axiais e radiais ao eixo do pé-de-vela, porém para o cálculo da força efetiva ( $F_E$ ), conforme proposto por Carpes *et al.*, (2005), considerou-se apenas as componentes radiais (perpendiculares ao pé-de-vela). A obtenção destas componentes foi realizada com a multiplicação da força normal pelo seno do ângulo relativo e pela multiplicação da força tangencial pelo co-seno do mesmo ângulo. As componentes axiais de ambas serão desprezadas, visto que não

havia interesse na determinação da força inefetiva (força aplicada paralela ao pé-de-vela).

O cálculo da FE consistiu do somatório dos componentes perpendiculares ao pé-de-vela das forças normal e tangencial, utilizando-se o ângulo do pedal relativo ao pé-de-vela como referencial da posição de cada componente de força em relação ao sistema de coordenadas do pé-de-vela, como demonstrado nas Figura 7 e Figura 8 e representado pela equação 5.

$$FE = Fy^{\perp} + Fx^{\perp} \quad (5)$$

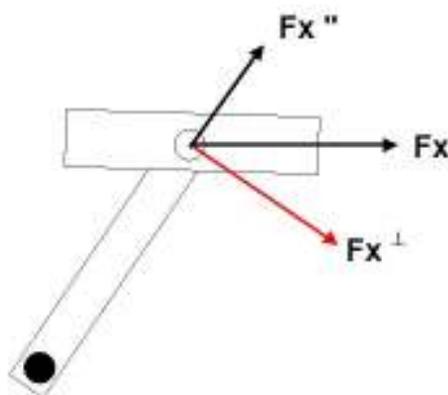


Figura 7: Decomposição da força tangencial

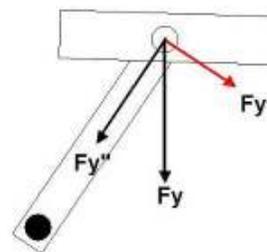


Figura 8: Decomposição da força normal

O cálculo da força resultante aplicada no pedal (FR) foi realizado através da equação 6. Esta foi representativa da força total aplicada no pedal no plano sagital, visto que o pedal não registra a componente de força médio-lateral.

$$FR = \sqrt{Fy^2 + Fx^2} \quad (6)$$

Para a apresentação dos gráficos foi convencionado que o sinal da FE, no pedal direito, teria valor positivo quando produzisse torque no pé-de-vela no sentido horário (torque propulsor) e teria valor negativo quando produzisse torque no sentido anti-horário (torque resistivo).

Foram calculadas posteriormente as áreas da força efetiva (FE) e da força resultante (FR) (através da integral das mesmas) para a determinação do “impulso linear”, como mostra a Figura 9.

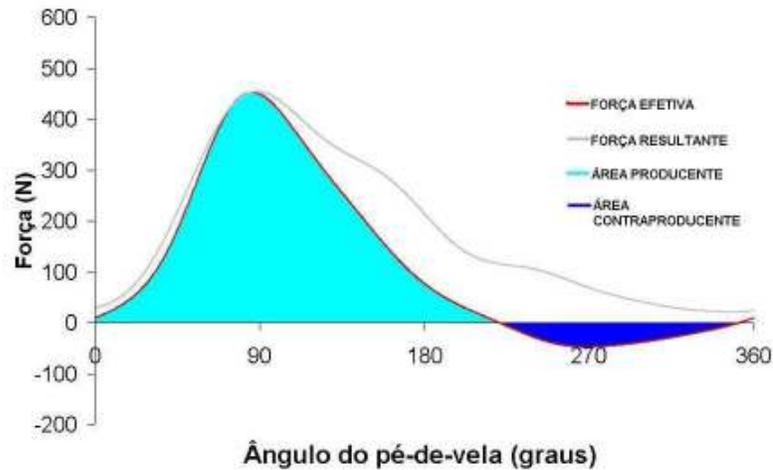


Figura 9: Desenho representativo dos impulsos propulsivo e resistivo

As áreas sob as curvas de força resultante e força efetiva em função do tempo foram obtidas através do cálculo da integral, e denominada de impulso da força resultante (IFR) e impulso da força efetiva (IFE), respectivamente (LAFORTUNE e CAVANAGH, 1983).

$$IFE = \int_0^x FE dt \quad (6)$$

$$IFR = \int_0^x FR dt \quad (7)$$

Foi realizado também o cálculo do índice de efetividade (IE) e da taxa de efetividade (TE), propostos por LAFORTUNE e CAVANAGH (1983) e respectivamente explicitados nas equações abaixo.

$$IE = \int_0^x FE dt / \int_0^x FR dt \quad (8)$$

$$TE = FE / FR \quad (9)$$

O IE foi calculado por meio da razão entre o impulso da força efetiva (IFE) e da força resultante (IFR), enquanto a taxa de efetividade consistia na razão simples de cada valor de força efetiva (FE) pelo seu respectivo valor de força resultante (FR). Estes foram realizados com o intuito de avaliar o percentual de aproveitamento da força efetiva (taxa de efetividade) e do impulso gerado pela mesma (índice de efetividade). O IFE, IFR e IE foram calculados para as fases de propulsão (0 a 180°) e recuperação (180–0° graus).

Foi realizado também o cálculo do percentual do impulso contraproducente gerado pela força efetiva (impulso que gera torque contraproducente sobre o pé-de-vela), como utilizado por Sanderson (1991). Este foi normalizado pelo impulso total da força efetiva (impulso positivo somado com o impulso negativo) com o intuito de verificar qual o percentual da força efetiva se opunha ao movimento do pé-de-vela. Os valores de torque foram obtidos a partir da média da curva de força efetiva média dos 5 ciclos, multiplicados pelo tamanho do pé-de-vela em metros.

### **3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS**

Os dados foram agrupados para média e desvio-padrão. A normalidade dos dados foi analisada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Depois de verificada a normalidade dos dados, para as comparações das variáveis analisadas entre as diferentes cadências (intra-grupos) e entre as diferentes Intensidades (inter-grupos) utilizou-se análise de variância de dois fatores, Anova *two way*, e o teste *post-hoc de Tukey* (HSD). Foi considerado um nível de significância  $p < 0,05$ .

## 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A apresentação dos resultados iniciará pelos valores médios e desvios padrão correspondentes às intensidades de 60% e 80% da potência máxima, cadência 20% abaixo da preferida (Pref -20%), cadência preferida (Pref) e cadência 20% acima da preferida (Pref +20%). (Tabela 4).

Posteriormente os resultados referentes aos testes submáximos, foram subdivididos em **Efeitos das cadências** onde serão priorizadas as análises intragrupos e **Efeitos das intensidades**, onde a ênfase será dada nas análises intergrupos.

Apesar de ser descrito anteriormente que apresentaríamos inicialmente os efeitos das cadências, o que priorizaria as comparações intragrupos, optamos neste momento por apresentar os efeitos das intensidades (potências) sobre as cadências preferidas e seus respectivos percentuais, o que priorizou a análise intergrupos, isto foi necessário a fim de melhorar o entendimento por parte do leitor, uma vez que deve ficar claro a existência de diferenças significativas entre as cadências quando comparadas as duas intensidades.

Tabela 4: Valores médios e desvios padrão referentes potência correspondentes a 60 e 80% da potência máxima (Watts) e os respectivos valores de cadência (rpm).

n=8	60%	Cadências			80%	Cadências		
		Pref -20%	Pref	Pref +20%		Pref -20%	Pref	Pref +20%
Média±DP	223±20	77±6 <sup>b</sup>	96±9 <sup>a</sup>	114±9 <sup>c</sup>	297±27	73±7	90±11	107±11

<sup>a</sup> p < 0,05 entre Pref 60% e Pref 80%

<sup>b</sup> p < 0,05 entre Pref -20%-60% e Pref -20%-80%

<sup>c</sup> p < 0,05 entre Pref +20%-60% e Pref +20%+80%

Em relação à seleção da cadência preferida, o grupo de ciclistas apresentou valor médio condizente com as cadências utilizadas por ciclistas profissionais (FARIA *et al.*, 2005). No entanto o valor de cadência preferida se apresenta superior aos de Lepers *et al.*, (2001), a 80% da potência aeróbica máxima ( $86 \pm 4$  rpm) e Hansen *et al.*, (2002), para intensidades correspondentes a 40% (74 rpm) e 70% (80rpm) da potência máxima.

A redução da cadência preferida com o aumento da intensidade de esforço, visualizada no presente estudo, está de acordo com o apresentado na literatura

(MARSH e MARTIN 2000, LUCIA *et al.*,2001). Sendo que o trabalho de Lucia *et al.*, (2001) foi desenvolvido em campo, analisando a cadência preferida em três das mais expressivas competições internacionais, relataram que os ciclistas adotaram em etapas de montanha cadências de 71 rpm, já em contra-relógios as cadências preferidas foram superiores (92,4 rpm), indicando que carga a ser vencida parece ser determinante na escolha das cadências preferidas.

Como fora descrito na metodologia, nas séries submáximas também foi avaliado o %FC<sub>máx</sub> e Percepção Subjetiva de Esforço, mas como estes dados não são pertinentes para a avaliação da técnica de pedalada, optou-se por apresentar os valores individuais somente em anexo.

#### **4.1 EFEITOS DA CADÊNCIA**

##### **4.1.1 Efeitos das cadências sobre a Força Resultante (FR)**

Na Figura 10 e Figura 11 estão apresentados os comportamentos da Força Resultante (FR) nas diferentes situações estudadas. Cabe ressaltar que a FR é considerada toda a força aplicada ao pedal no plano sagital. Em ambas as intensidades, a cadência Pref -20% apresentou valores de FR maiores em angulação menores, porém não foram reportadas diferenças significativas quando analisados os valores de maior pico e os ângulos que estes ocorreram (Tabela 5).

Em relação à fase de recuperação (180-0°), em ambas as intensidades, os valores mais elevados de menor pico foram para as cadências mais baixas (Pref -20%), porém somente para a intensidade 60%, foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) (Tabela 5). Indicando que em cadências mais baixas, os ciclistas aplicam mais força no pedal na fase de recuperação. No entanto analisando a FR de maneira isolada, não é possível identificar se esta quantidade superior de força na fase de recuperação é efetiva ou não para a realização de torque propulsor.

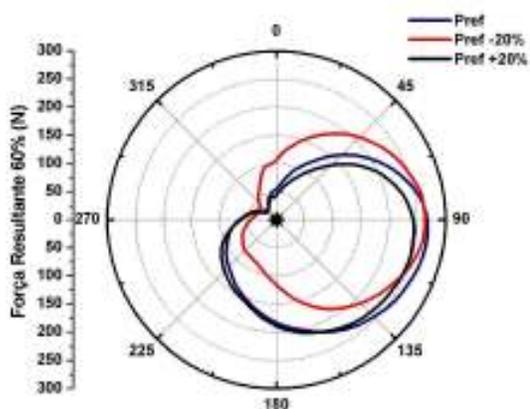


Figura 10: Comportamento da FR a 60% da potência máxima

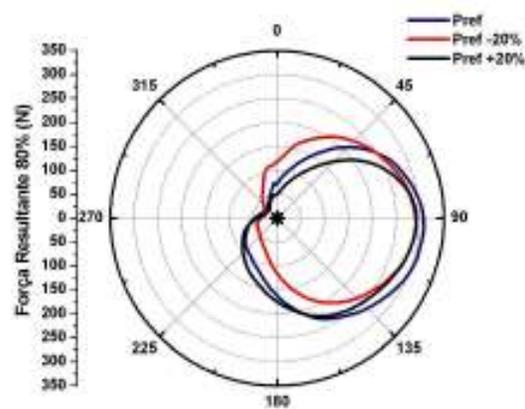


Figura 11: Comportamento da FR a 80% da potência máxima

Tabela 5: Valores de média, desvios padrão e amplitudes de maior e menor pico (N), ângulos relativos ao maior e menor pico ( $^{\circ}$ ) de FR nas diferentes situações estudadas.

	FR 60%(N)			FR 80% (N)		
	Pref -20%	Pref	Pref +20%	Pref -20%	Pref	Pref +20%
Maior Pico	272±33	276±36	251±27	302±38	318±32	296±42
Amplitude	220-324	218-332	207-287	240-355	272-375	244-375
Âng. Maior Pico	91±14	99±13	100±18	90±12	95±12	94±9
Amplitude	76-111	79-118	78-125	81-121	76-115	83-107
Menor Pico	25±13 <sup>b</sup>	18±7	12±5	19±10	17±10	12±6
Amplitude	12-42	7-30	4-19	5-34	8-36	3-19
Âng. Menor Pico	294±16	314±14	307±19	286±25	302±13	295±16
Amplitude	274-313	284-332	268-321	247-320	261-332	274-311

<sup>b</sup>  $p < 0,05$  entre Pref -20% e Pref +20%

Estes achados discordam dos apresentados por Sanderson *et al.*, (2000), que apesar de não apresentarem as curvas de FR, relatam uma diminuição significativa no pico de FR em resposta ao aumento da cadência. O comportamento relatado por Sanderson *et al.*, (2000) não pode ser constatado no presente estudo, pois a cadência intermediária (Pref), foi que apresentou, em ambas as intensidades os valores mais elevados de maiores pico de FR, apesar de não significativos.

#### 4.1.2 Efeitos das cadências sobre o Impulso da Força Resultante (IFR)

Os valores de IFR foram obtidos através da integração das curvas de FR em função do tempo para completar cada rotação, sendo que os respectivos valores estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Valores de média e desvio-padrão referentes ao Impulso da Força Resultante (IFR) (N.s) nas diferentes situações estudadas

n=8	IFR 60%			IFR80%		
	Pref -20%	Pref	Pref +20%	Pref -20%	Pref	Pref +20%
Média±DP	100,9±8,6 <sup>ab</sup>	84,4±10,8	68,6±10,3	111,2±15 <sup>ab</sup>	97,1±14,1 <sup>c</sup>	76,7±12

<sup>a</sup> p < 0,05 entre Pref -20% e Pref

<sup>b</sup> p < 0,05 entre Pref -20% e Pref +20%

<sup>c</sup> p < 0,05 entre Pref +20% e Pref

Pode-se perceber que em ambas as intensidades as cadências Pref -20% apresentaram valores mais elevados de IFR, sendo esses estatisticamente superiores ( $p < 0,05$ ) as demais cadências estudadas. Também foi encontrada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre a cadência Pref e Pref +20% para a intensidade 80%. Sendo assim constata-se que as cadências mais baixas (Pref -20%) são as que apresentam os maiores valores de IFR. O comportamento decrescente do IFR à medida que maiores valores de cadências eram assumidos, ocorre em virtude da diminuição do tempo para completar cada rotação.

#### 4.1.3 Efeitos das cadências sobre a Força Efetiva (FE)

Em ambas as intensidades estudadas foram observadas duas tendências principais, em relação ao comportamento da FE (Figura 12 e Figura 13). A primeira, no segundo quadrante da fase de propulsão (90-180°), onde as cadências Pref apresentaram os maiores picos positivos de FE (Tabela 7) quando comparados com os demais. Porém não foram reportadas diferenças significativas, nem nos valores de pico positivo, nem nos ângulos onde esses picos ocorreram.

A segunda tendência foi observada no terceiro quadrante (fase de recuperação), onde as cadências Pref -20% apresentaram valores de picos

negativos, significativamente superiores ( $p < 0,05$ ) as demais cadências (Tabela 7), demonstrando que as cadências mais baixas são mais efetivas em “puxar o pedal”.

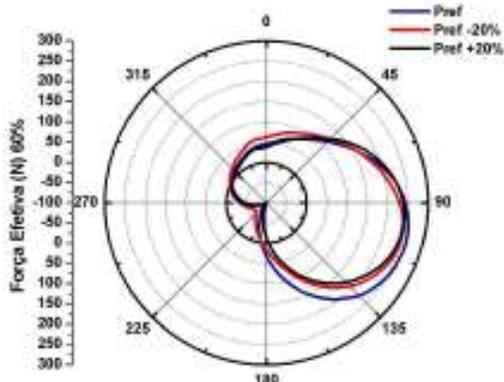


Figura 12: Comportamento da FE 60% da potência máxima

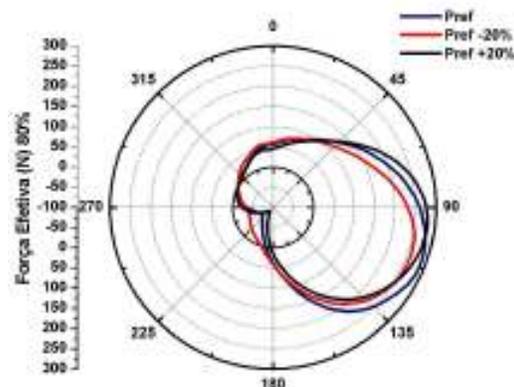


Figura 13: Comportamento da FE 80% da potência máxima

Tabela 7: Valores de média, desvios padrão e amplitudes de pico positivo e negativo (N), ângulos relativos ao pico positivo e negativo ( $^{\circ}$ ) de FE nas diferentes situações estudadas.

	FE 60%			FE 80%		
	Pref -20%	Pref	Pref +20%	Pref -20%	Pref	Pref +20%
<b>Pico Positivo</b>	249±42	267±36	249±28	269±36	298±42	289±41
<b>Amplitude</b>	163-280	216-322	206-289	236-331	212-348	241-357
<b>Âng. Pico positivo</b>	105±8	108±11	100±11	110±11	106±12	99±12
<b>Amplitude</b>	92-114	92-128	87-117	97-126	90-120	87-126
<b>Pico negativo</b>	-69±26 <sup>ab</sup>	-107±35	-130±35	-46±17 <sup>ab</sup>	-75±37	-100±45
<b>Amplitude</b>	-101 a -29	-170 a -62	-191 a -90	-77 a -23	-133 a -2	-157 a -17
<b>Âng. Pico negativo</b>	239±10	235±10	223±11	243±20	234±17	228±19
<b>Amplitude</b>	227-256	226-256	209-239	220-274	211-258	204-262

<sup>a</sup>  $p < 0,05$  entre Pref -20% e Pref

<sup>b</sup>  $p < 0,05$  entre Pref -20% e Pref +20%

Sanderson *et al.*, (2000) analisando ciclistas competitivos e recreacionais relataram que o pico da FE diminuiu de maneira significativa com o aumento da cadência (60-100 rpm). Este comportamento não foi visualizado no presente estudo, pois em ambas as intensidades as cadências Pref, apesar de não significativas, apresentaram valores superiores de pico positivo que as cadências mais baixas.

Sanderson *et al.*, (2000), apesar de não terem discutido sobre o comportamento da FE na fase de recuperação, quando observadas as curvas do referido estudo, nota-se um comportamento semelhante, ou seja, quando o grupo de ciclista adota cadência mais baixa (Pref -20%) eles tendem a apresentar valores menos negativos na fase de recuperação, indicando uma tendência de puxar o pedal.

Outro estudo que procurou investigar o comportamento da FE em diferentes cadências foi desenvolvido por Paterson e Moreno (1990). No referido estudo, os autores também encontraram uma redução linear da FE com o aumento da cadência. Os autores encontram sustentação de seus resultados na relação força-velocidade, que afirma que quanto maior a velocidade (cadência) menor será a força gerada. No entanto, alguns aspectos devem ser considerados no ciclismo. O fato de ciclistas experientes tenderem a apresentar melhor técnica para puxar o pedal (TAKAISHI *et al.*, 1997) pode interferir na FE média, a qual foi utilizada no estudo de Paterson e Moreno (1990).

#### **4.1.4 Efeitos das cadências sobre o Impulso da Força Efetiva (IFE)**

Assim como fora utilizado para a FR, também para FE optou-se por integrar os valores sob a curva de FE em função do tempo de cada ciclo. O IFE foi analisado em relação à média para o ciclo, e também em relação às fases de propulsão e recuperação. Os valores de IFE para as diferentes situações estudadas estão na Tabela 8.

Tabela 8: Valores de média e desvio-padrão referentes ao Impulso da Força Efetiva (IFE) (N.s) nas diferentes situações estudadas

n=8	IFE 60%			IFE 80%		
	Pref -20%	Pref	pref +20%	Pref -20%	Pref	pref +20%
Média±DP	57,3±6 <sup>ab</sup>	48,8±7,2	37,2±6,4	65,5±13,2 <sup>b</sup>	59,3±9,1	46,5±8,3

<sup>a</sup> p < 0,05 entre Pref -20% e Pref

<sup>b</sup> p < 0,05 entre Pref -20% e Pref +20%

Para ambas as intensidades, as cadências Pref -20% apresentaram os maiores valores de IFE, sendo estes significativamente diferentes (p<0,05) da

cadência Pref e Pref +20% para a intensidade correspondente a 60%, e apenas diferente da Pref+20% para a intensidade 80%.

Como fora justificado para o IFR, cabe ressaltar que em cadências mais elevadas o tempo para completar cada rotação é menor interferindo nos valores de IFE.

Apesar da Figura 12 e Figura 13 terem mostrado que as cadências Pref apresentaram valores superiores de FE na fase de propulsão, quando estes foram normalizados pelo tempo de cada ciclo, estes comportamentos não foram vistos. É o que mostra a Tabela 9.

Tabela 9: Valores médios e desvios padrão referentes aos Impulsos da Força Efetiva na fase de propulsão (IFE propulsiva) (N.s) nas diferentes situações estudadas

n=8	IFE Propulsiva 60%			IFE Propulsiva 80%		
	Pref -20%	Pref	pref +20%	Pref -20%	Pref	pref +20%
Média±DP	56±6,3 <sup>ab</sup>	48,2±6,8 <sup>c</sup>	37,1±6,5	63,2±12,4 <sup>ab</sup>	57,2±7,5 <sup>c</sup>	45,8±7,6

<sup>a</sup> p< 0,05 entre Pref -20% e Pref

<sup>b</sup> p< 0,05 entre Pref -20% e Pref +20%

<sup>c</sup> p< 0,05 entre Pref e Pref +20%

Para ambas as intensidades, foram observadas que as cadências Pref -20% apresentaram os maiores valores de IFE propulsiva em relação às demais (p<0,05). Também foram encontradas diferenças significativas entre a cadência Pref e Pref +20% para ambas as intensidades.

Assim como fora apresentado o IFE propulsiva, também apresentaremos o IFE recuperação, isto associado a análise qualitativa realizada anteriormente (Figura 12 e Figura 13), favorece o melhor entendimento nas diferentes fases da pedalada.

Analisando a Tabela 10 observa-se que em ambas as intensidades a cadência Pref -20% tenderam a apresentar valores mais elevados de IFE recuperação, indicando nesta cadência os ciclistas tendem a “puxar o pedal” produzindo uma quantidade maior de FE para determinado tempo. Porém não foram reportadas diferenças significativas quando comparadas as diferentes cadências.

Tabela 10: Valores médios e desvios padrão referentes aos Impulsos da Força Efetiva na fase de recuperação (IFE recuperação) (N.s) nas diferentes situações estudadas

n=8	IFE recuperação 60%			IFE Recuperação 80%		
	Pref -20%	Pref	pref +20%	Pref -20%	Pref	pref +20%
Média±DP	1,2±2,1	0,6±0,1	0±0,1	2,1±2,2	2±3,9	0,7±1,5

#### 4.1.5 Efeitos das cadências sobre o Percentual da Força Efetiva positiva (%FE positiva) e Percentual da Força Efetiva negativa (%FE negativa)

Outra variável interessante que engloba toda a FE aplicada ao pedal, seja na fase propulsão ou na fase de recuperação, é o %FE positiva, ou seja, a proporção da FE que realmente irá gerar o torque propulsivo, e o %FE negativa, caracterizada pela força que age no sentido contrário ao movimento. Os valores de %FE positiva e %FE negativa estão representados na Tabela 11.

Tabela 11: Valores médios e desvios padrão referentes aos % da Força Efetiva Positiva e Negativa de todo ciclo de pedalada nas diferentes situações estudadas

n=8	%FE 60%			%FE 80%		
	Pref -20%	Pref	pref +20%	Pref -20%	Pref	pref +20%
<b>Positiva</b>	70±6 <sup>b</sup>	69±4 <sup>c</sup>	64±4	73±6 <sup>b</sup>	70±4 <sup>c</sup>	66±4
<b>Negativa</b>	30±4 <sup>b</sup>	31±6 <sup>c</sup>	36±6	27±4 <sup>b</sup>	30±6 <sup>c</sup>	34±6

<sup>b</sup> p< 0,05 entre Pref -20% e Pref +20%

<sup>c</sup> p< 0,05 entre Pref e Pref +20%

Em ambas as intensidades, observamos que o %FE positiva, tanto para cadências Pref -20% quanto da Pref, apresentaram valores semelhantes, sendo estes estatisticamente superiores ( $p<0,05$ ), os valores reportados para a cadência Pref +20%. Isso indica um menor aproveitamento da FE em cadências mais elevadas. Para o %FE negativa foram observadas os mesmos resultados, porém no sentido oposto.

Sanderson *et al.*,(2000) abordam este comportamento, porém com nomenclatura diferente (Impulso positivo e negativo). Os autores relataram que à medida que ocorre um aumento da cadência, ocorre uma redução dos percentuais da FE que são aproveitadas para a geração de torque propulsivo. Em contrapartida,

elevam-se os percentuais que atuarão no sentido oposto ao movimento. No presente estudo, constatou-se que os ciclistas aproveitam de maneira semelhante a FE na cadência preferida, quando comparada com as cadências mais baixas.

#### 4.1.6 Efeitos das cadências sobre a Taxa de Efetividade (TE)

De posse dos valores de FE e FR, obtém-se por meio da razão entre ambas a Taxa de Efetividade (TE), que está representada graficamente na Figura 14 e Figura 15. A TE deve ser interpretada da seguinte forma: quanto mais próximo de 1 mais efetiva é a pedalada e quanto mais próximo de -1 mais inefetiva a pedalada se torna, isso porque o valor de 1 indicaria que toda a força aplicada está sendo empregada de maneira efetiva (perpendicular ao pé de vela).

Sendo assim, quando observadas as curvas de TE nas diferentes cadências e intensidades estudadas, constata-se a existência de uma alternância entre os quadrantes, em relação a qual cadência é mais efetiva. Interessante notar que a cadência Pref apresenta com comportamento intermediário, tanto na fase de propulsão quanto na fase de recuperação. Isto poderá exercer influência nos valores de IE apresentados a seguir.

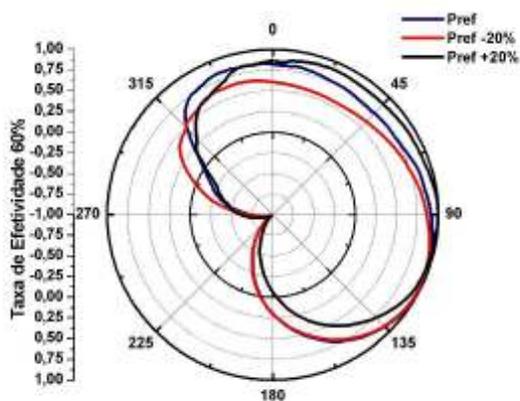


Figura 14: Comportamento da TE 60% da potência máxima

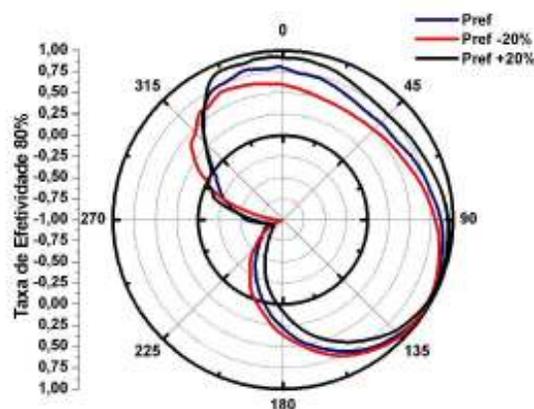


Figura 15: Comportamento da TE 80% da potência máxima

Na literatura poucos são os estudos que enfocam a TE, especificamente abordando diferentes cadências. Ericson e Nisell (1988) apresentam curvas de TE em diferentes situações (intensidades, cadências, alturas de bancos e posições do

pé no pedal) e segundo os autores, as quatro cadências utilizadas no estudo (40, 60, 80 e 100 rpm) não exerceram influências significativas sobre a TE.

#### **4.1.7 Efeitos das cadências sobre o Índice de Efetividade (IE)**

Por meio da razão entre as integrais das curvas de FR e FE obtém-se o Índice de Efetividade (IE) que é um valor em percentual que expressa o quanto de toda a força aplicada ao pedal é transferida perpendicularmente ao pé de vela. Neste estudo o IE também foi avaliado em relação às fases da pedalada (propulsão e recuperação).

Os valores relativos ao IE de todo o ciclo de pedalada para as situações estudadas encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12: Valores médios e desvios padrão referentes aos índices de Efetividade (%) de todo ciclo de pedalada nas diferentes situações estudadas

n=8	IE 60%			IE 80%		
	Pref -20%	Pref	pref +20%	Pref -20%	Pref	pref +20%
Média±DP	57±5	58±5	54±4	59±7	61±5	61±5

Apesar de ter sido observado em ambas as intensidades, que a cadência Pref (60% e 80%) e Pref +20%(80%) apresentaram valores superiores de IE em relação as demais, estes não foram significativos.

Os comportamentos intermediários das cadências Pref, em ambas as intensidades visualizado nas curvas de TE, (Figura 14 e Figura 15), explicam em partes os valores de IE mais elevados. Portanto a alteração das cadências não exerceu influências significativas sobre o IE de todo o ciclo de pedalada.

Apesar de não termos controlado a intensidade de exercício por meio de limiares como fez Candotti *et al.*, (2003), espera-se que a intensidade de 80% utilizada neste estudo, se assemelhe com cargas relativas ao limiar anaeróbio. Sendo assim, se compararmos os dados da autora em relação à cadência preferida ( $15 \pm 0,9\%$ ) observaremos que os valores de IE para este grupo de ciclistas estudados são superiores ( $61 \pm 5\%$ ).

Outra constatação do presente estudo foi que, para ambas as intensidades, o IE da cadência Pref não diferiu do IE da cadência mais baixa (Pref -20%), o que

diverge do proposto por Candotti *et al.*, (2003), que relataram que cadências mais próximas das preferidas apresentam valores de IE menores.

Os achados do presente estudo também estão em oposição aos dados de Paterson e Moreno (1990). Os autores relataram um decréscimo linear do IE à medida que cadências mais altas eram assumidas, independente da carga de trabalho a ser vencida. Os achados do presente estudo não mostram tais tendências, sendo que para a intensidade correspondente a 80%, ainda que não diferissem de maneira significativa, o maior valor foi reportado para as cadências mais elevadas (Pref e Pref +20%). Talvez o que pode explicar tal comportamento são as características do estudo de Paterson e Moreno (1990), que utilizaram ciclistas recreacionais, associados a cargas de trabalho relativamente baixas (100 e 200 W).

Outro estudo que investigou ciclistas considerados de elite e de nível bom foi desenvolvido por Coyle *et al.*, (1991). Os autores reportaram valores de IE de 63,5% para os ciclistas de elite e 69,3% para ciclistas bons. Se compararmos os dados do presente estudo, com os apresentados por Coyle *et al.*, (1991), veremos que os ciclistas do presente estudo apresentam um padrão técnico inferior.

No estudo de Sanderson e Black (2003), que procurou verificar os efeitos do ciclismo prolongado sobre as forças aplicadas nos pedais, também foram reportados valores de IE superiores aos do presente estudo (67% no início e 63% no final).

Os dados do presente estudo estão em acordo com o proposto por Ericson e Nisell (1988), que não encontram diferenças significativas quando comparadas os IE em diferentes cadências. O fato de não ter sido encontradas diferenças significativas no IE relativo a todo ciclo de pedalada, instigou a analisar o IE por fases (Propulsiva de 0-180° e de Recuperação 180-0°). Na Tabela 13 estão apresentados os valores referentes ao IE na fase de propulsão (0-180°).

Tabela 13: Valores médios e desvios padrão referentes aos Índices de Efetividade na fase de propulsão (IE propulsivo %) nas diferentes situações estudadas

n=8	IE propulsivo 60%			IE propulsivo 80%		
	Pref -20%	Pref	pref +20%	Pref -20%	Pref	pref +20%
Média±DP	74±4	81±4 <sup>ac</sup>	78±5	71±7	77±4 <sup>a</sup>	79±3 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> p < 0,05 entre Pref e Pref -20%

<sup>b</sup> p < 0,05 entre Pref +20% e Pref -20%

<sup>c</sup> p < 0,05 entre Pref +20% e Pref

Em relação à intensidade 60%, a cadência Pref apresentou o valor mais elevado de IE propulsivo, sendo este estatisticamente significativo ( $p < 0,05$ ), quando comparado com as demais cadências. Para a intensidade 80%, os valores de IE propulsivo foram semelhantes entre as cadências Pref e Pref +20%. No entanto apresentaram-se de forma estatisticamente superiores ( $p < 0,05$ ) ao valor da cadência Pref +20%.

Os resultados do presente estudo, independente das intensidades e cadências, são superiores aos apresentados por Coyle *et al.*, (1991) que reportaram valores de IE propulsivo de 70,8% para ciclistas de elite e 74,8% para ciclistas bons. Considerando que o IE de todo o ciclo de pedalada foi maior para o grupo estudado por Coyle *et al.*, (1991) e o IE na fase de propulsão ter se apresentado superior no presente estudo, a diferença entre os estudos possivelmente reside no IE na fase de recuperação, porém Coyle *et al.*, (1991) não reportaram no estudo tais valores, o que permite apenas inferir sobre esta discussão. Em relação à fase de recuperação (180-0°), os valores referentes às diferentes situações estudadas encontram-se descritos na Tabela 14.

Tabela 14: Valores médios e desvios padrão referentes aos Índices de Efetividade na fase de recuperação de todo ciclo de pedalada nas diferentes situações estudadas

n=8 ciclistas	IE recuperação 60%			IE recuperação 80%		
	Pref -20%	Pref	pref +20%	Pref -20%	Pref	pref +20%
Média±DP	6±12	3±4	0	10±10	11±25	5±10

Apesar de ter sido observado, em ambas as intensidades, que as cadências mais baixas (Pref -20%) apresentaram valores superiores de IE recuperação, o que indicaria uma melhor técnica nesta fase, não foram reportadas diferenças significativas entre as cadências. Talvez pelo fato do grupo de ciclistas estudado ter apresentado uma grande variabilidade quando analisados os valores de desvios padrão.

#### **4.1.8 Efeitos das cadências sobre o Torque (T)**

O torque no ciclismo compreende o produto entre a FE aplicada no pedal e o tamanho do PDV. Na Figura 16 e Figura 17 estão apresentados os comportamentos

das curvas de torque durante o ciclo de pedalada nas diferentes situações estudadas.

Em ambas as intensidades, os maiores picos positivos de torque foram relativos a cadência Pref, porém não foram reportadas diferenças significativas nem entre os picos, nem em relação aos ângulos que estes se apresentaram (Tabela 15).

Na fase de recuperação (180-0°), observa-se que as cadências Pref -20%, para as duas intensidades estudadas, apresentaram valores estatisticamente superiores ( $p < 0,05$ ) quando comparadas com as demais. Indicando que nesta fase as cadências mais baixas tendem a ser melhores para a produção de torque. Apesar de ter sido observada uma tendência na diminuição dos ângulos onde ocorrem os picos negativos, estes não foram estatisticamente significativos.

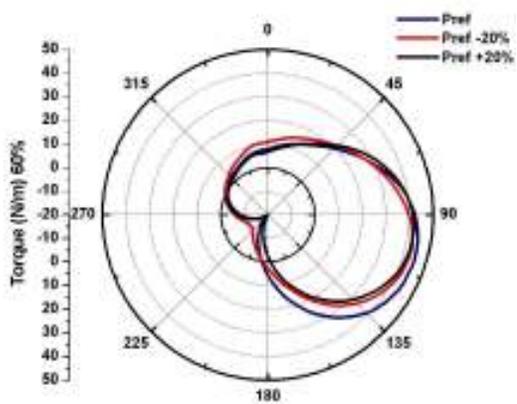


Figura 16: Comportamento do torque a 60% da potência máxima

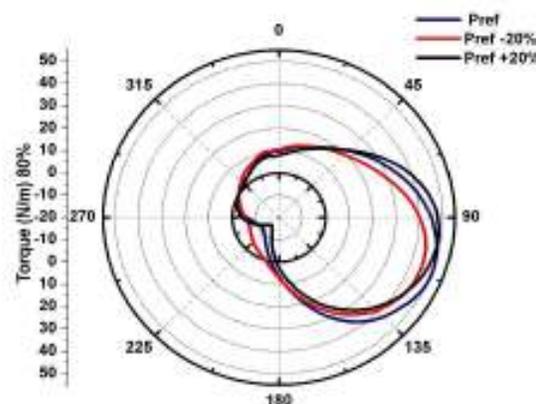


Figura 17: Comportamento do torque a 80% da potência máxima

Tabela 15: Valores de média, desvios padrão e amplitudes de pico positivo e negativo (N/m), ângulos relativos ao pico positivo e negativo ( $^{\circ}$ ) de Torque nas diferentes situações estudadas.

	Torque 60%			Torque 80%		
	Pref -20%	Pref	Pref +20%	Pref -20%	Pref	Pref +20%
<b>Pico Positivo</b>	43±7	46±6	43±5	47±6	52±7	50±7
<b>Amplitude</b>	29-48	38-56	36-50	41-57	37-60	42-62
<b>Âng. Pico positivo</b>	105±8	108±11	100±11	110±11	106±12	99±12
<b>Amplitude</b>	92-114	92-128	87-117	97-126	90-120	87-126
<b>Pico negativo</b>	-12±4 <sup>ab</sup>	-19±6	-23±6	-8±3 <sup>ab</sup>	-13±6	-17±17
<b>Amplitude</b>	-18 a -5	-30 a -11	-33 a -16	-13 a -4	-23 a 0	-28 a -3
<b>Âng. Pico negativo</b>	239±10	235±10	223±11	243±20	234±17	228±19
<b>Amplitude</b>	227-256	226-256	209-239	220-274	211-258	204-262

<sup>a</sup>  $p < 0,05$  entre Pref -20% e Pref

<sup>b</sup>  $p < 0,05$  entre Pref -20% e Pref +20%

Em relação a fase de recuperação ( $180-0^{\circ}$ ), os dados do presente estudo estão de acordo com o proposto por Neptune e Herzog (1999) e Sarre *et al.*, (2005) que afirmam que em cadências mais elevadas os ciclistas tendem a apresentar valores de torques mais negativos. Por outro lado na fase de propulsão ( $0-180^{\circ}$ ) não se observa com tanta clareza uma redução do pico de torque com o aumento da cadência. Este aumento no torque negativo, com a elevação das cadências, tem sido atribuído a uma ativação insuficiente dos flexores do joelho e quadril (NEPTUNE e HERZOG 1999).

#### 4.2 EFEITOS DA INTENSIDADE

Algumas das variáveis analisadas anteriormente como, por exemplo, as comparações entre as magnitudes das forças e impulsos, não serão abordadas nos tópicos que seguirão abaixo, principalmente pelo fato da intensidade interferir nestes valores. Sendo assim, a ênfase será maior para as variáveis normalizadas pelos valores de força.

#### **4.2.1 Efeitos da intensidade sobre os percentuais da Força Efetiva Positiva (%FE positiva) e Negativa (%FE negativa)**

Na Tabela 16 estão apresentados os valores percentuais de Força Efetiva Positiva (%FE positiva) e Percentuais de Força efetiva negativa (%FE negativa).

Tabela 16: Valores médios e desvios padrão para o percentual da Força Efetiva Positiva (%FE positiva) e percentual da Força Efetiva Negativa (%FE negativa), quando mantidas as cadências e modificadas as intensidades

	% FE					
	Pref -20%		Pref		Pref +20%	
	60%	80%	60%	80%	60%	80%
<b>n=8</b>						
<b>Positiva</b>	70±6	73±6	69±4	70±4	64±4	66±4
<b>Negativa</b>	30±4	27±4	31±6	30±6	36±6	34±6

Apesar de ser observada a tendência da intensidade 80% apresentar valores ligeiramente superiores, quando comparadas as diferentes intensidades, não foram encontradas diferenças significativas.

Sanderson *et al.*, (2003), comparando o primeiro com o último minuto de uma carga a 80% da potência máxima a 90 rpm, reportaram aumentos significativos no impulso positivo (equivalente da % FE positiva), indicando que a intensidade de esforço parece interferir na quantidade de FE aplicada na geração de torque propulsor. Porém, como o presente estudo apresentou intensidades constantes, não pode-se concluir se em intensidades próximas as máximas tais diferenças não fossem significativas.

#### 4.2.2 Efeitos da intensidade sobre a Taxa de Efetividade

A seguir estão apresentadas as curvas de TE para as diferentes cadências, nas intensidades 60 e 80% (Figura 18, Figura 19 e Figura 20).

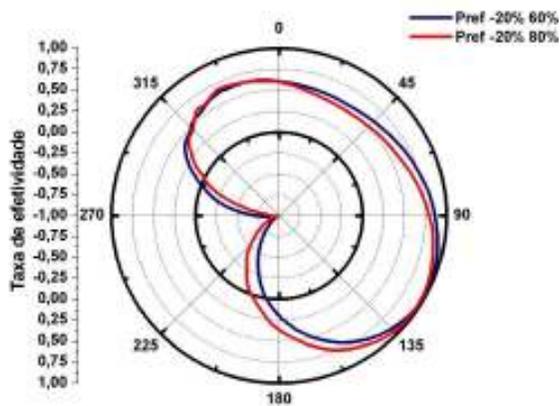


Figura 18: Comportamento da TE na cadência Pref -20% à 60 e 80% da potência máxima

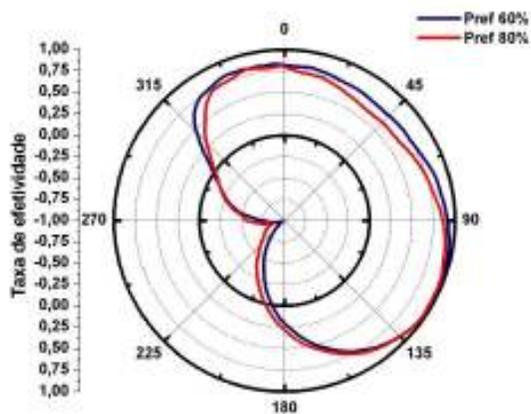


Figura 19: Comportamento da TE na cadência Pref à 60 e 80% da potência máxima

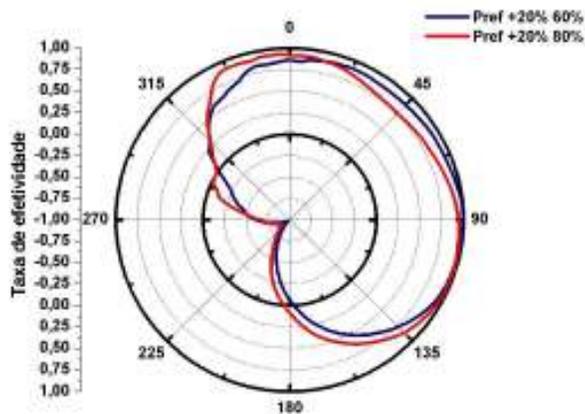


Figura 20: Comportamento da TE na cadência Pref +20% à 60 e 80% da potência máxima

Em ambas as cadências foram observadas a ocorrência de alternâncias entre os quadrantes, em relação a qual intensidade foi mais efetiva. Interessante notar que na cadência Pref +20%, a intensidade 80% apresentou valores de TE acima dos observados para as demais cadências em relação ao quarto quadrante (270-0°). Isto poderá exercer influência nos valores de IE apresentados a seguir.

#### 4.2.3 Efeitos da intensidade sobre o Índice de Efetividade (IE)

Na Tabela 17 encontra-se os valores de IE de todo o ciclo de pedalada quando comparadas as diferentes intensidades para as mesmas cadências.

Tabela 17: Valores médios e desvios padrão referentes aos índices de Efetividade (IE%) quando comparadas as intensidades de 60 e 80% para as das mesmas cadências.

	IE (%)					
	Pref -20%		Pref		Pref +20%	
	60%	80%	60%	80%	60%	80%
<b>n=8</b>						
<b>Média±DP</b>	57±5	59±7	58±5	61±5	54±4	61±5 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> p < 0,05 entre 60 e 80% para a cadência Pref -20%

Observa-se que independente da cadência utilizada, a intensidade 80% sempre apresentou valores superiores de IE. Isso indica que quando analisando o IE de todo o ciclo de pedalada, os ciclistas tendem a ser mais técnicos em intensidades mais elevadas. Porém foram encontradas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) somente para a cadência Pref +20%.

O comportamento crescente do IE com o aumento da intensidade tem sido bem apresentado na literatura. Davis e Hull (1981) foram os primeiros a relatar tais tendências. Neste trabalho, os autores relataram valores de 21,5% para 85W, 26,6% para 140W e 28,9% para 200W. Interessante destacar que no estudo de Davis e Hull fivelas foram utilizadas para prender o calçado ao pedal, o que talvez explique os valores mais baixos de IE que os apresentados para o presente grupo de ciclistas que foram avaliados fazendo uso de pedais competitivos com clipe.

Outro trabalho que apresentou comportamento semelhante foi desenvolvido por Black *et al.*, (1993). Apesar deste estudo ter sido realizado durante um TPM, os autores reportaram aumentos significativos no IE, quando comparados o início (30%)

e final (60%) do protocolo indicando que em intensidades mais elevadas os ciclistas procuraram melhorar a estratégia de recrutamento muscular melhorando a aplicação de forças e contrapondo os mecanismos de fadiga.

Zameziati *et al.*, (2006) reportaram aumentos de 43 para 59% para intensidades abaixo e acima de 60% do  $VO_{2máx}$  respectivamente, porém a cadência se manteve fixa em 80 rpm. Paterson e Moreno (1990) justificam as reduções significativas no IE em intensidades mais baixas pelo fato dos ciclistas apresentarem uma maior dificuldade na otimização do direcionamento das forças quando o exercício é realizado sob baixa intensidade. Isso talvez explique o fato de não terem sido observadas diferenças significativas entre as intensidades, quando comparadas as cadências Pref -20% e Pref, pois a intensidade 60% pode não ser uma intensidade tão baixa a ponto de serem visualizada tais diferenças.

Na Tabela 18 estão apresentados os valores de IE propulsivo quando comparadas as diferentes intensidades dentro das mesmas cadências.

Tabela 18: Valores médios e desvios padrão referentes aos índices de Efetividade na fase propulsiva (IE propulsivo %) quando comparadas as intensidades de 60 e 80% para as das mesmas cadências.

IE propulsivo(%)						
	Pref -20%		Pref		Pref +20%	
n=8	60%	80%	60%	80%	60%	80%
<b>Média±DP</b>	74±4	71±7	81±4	77±4	78±5	79±3

Com exceção da cadência Pref +20% onde o IE propulsivo foi ligeiramente superior para a intensidade 80%, para todas as demais, a intensidade 60% foi a que apresentou os valores mais elevados, porém não foram encontradas diferenças significativas.

Dados de Zameziatti *et al.*, (2006) apontam valores de IE propulsivo de 70 e 73% para intensidades abaixo e acima de 60% do  $VO_{2máx}$  respectivamente, no presente estudo, com exceção da cadência Pref -20% na intensidade 80%, todas as demais situações apresentaram valores superiores, no entanto os sujeitos do estudo eram estudantes.

Mounieux *et al.*, (2005) apresenta semelhança a uma das situações analisadas (60% e cadência Pref-20%) os resultados do presente estudo se apresentam superiores (70,8%).

Na Tabela 19 estão apresentados os valores de IE recuperação quando comparadas as diferentes intensidades dentro das mesmas cadências.

Tabela 19: Valores médios e desvios padrão referentes aos índices de Efetividade na fase recuperação (IE recuperação %) quando comparadas as intensidades de 60 e 80% para as das mesmas cadências.

IE recuperação (%)						
	Pref -20%		Pref		Pref +20%	
n=8	60%	80%	60%	80%	60%	80%
<b>Média±DP</b>	6±12	10±10	3±4	11±25	0	5±10

Observou-se que, para todas as cadências a intensidade de 80% sempre apresentou os maiores valores, indicando que em intensidades mais elevadas os ciclistas tenderiam a apresentar uma melhor técnica na fase de recuperação. Porém, assim como foi observado para o IE propulsivo, também não foram reportadas diferenças significativas entre as intensidades, possivelmente pela grande variabilidade dos dados.

Dados de Zameziati *et al.*, (2006) apontam valores de IE recuperação de -34 e -4% para intensidades abaixo e acima de 60% do  $VO_{2máx}$  respectivamente, no presente estudo, todas as demais situações apresentaram valores superiores. Interessante notar que assim como no trabalho Zameziati *et al.*,(2006) também observou-se que em intensidades mais elevadas os ciclistas tendem a possuir valores superiores de IE recuperação. Isso explica, em parte, os maiores IE em intensidades mais elevadas.

#### **4.2.4 Efeitos da intensidade sobre o Torque**

A seguir serão apresentados os comportamentos das curvas de torque para a cadência Pref -20%, Pref e Pref +20% nas duas intensidades estudadas (60 e 80%) respectivamente (Figura 21, Figura 22 e Figura 23).

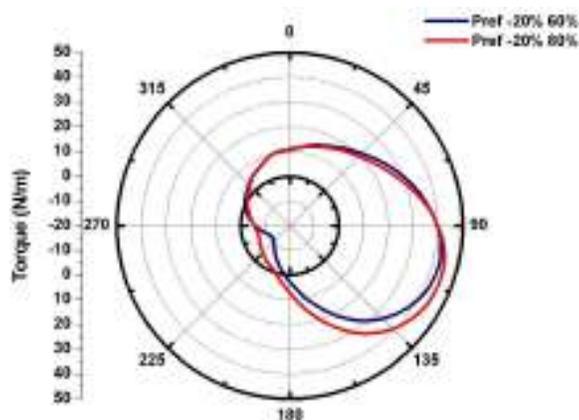


Figura 21: Comportamento do torque na cadência Pref-20% à 60 e 80% da potência máxima

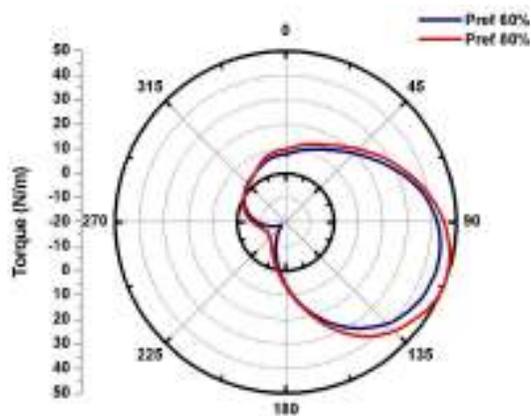


Figura 22: Comportamento do torque na cadência Pref à 60 e 80% da potência máxima

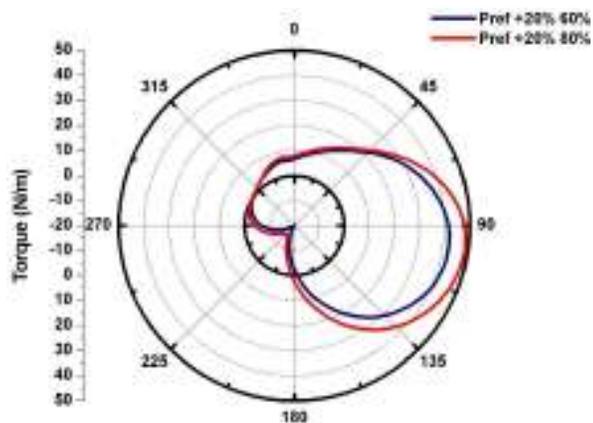


Figura 23: Comportamento do torque na cadência Pref +20% à 60 e 80% da potência máxima

Tabela 20: Valores de média, desvios padrão e amplitudes de pico positivo e negativo (N/m), e ângulos relativos ao pico positivo e negativo ( $^{\circ}$ ) de Torque nas diferentes situações estudadas.

	Pref -20%		Pref		Pref +20%	
	60%	80%	60%	80%	60%	80%
<b>Pico Positivo</b>	43±7	47±6	46±6	52±7	43±5	50±7
<b>Amplitude</b>	29-48	41-57	38-56	37-60	36-50	42-62
<b>Âng. Pico positivo</b>	105±8	110±11	108±11	106±12	100±11	99±12
<b>Amplitude</b>	92-114	97-126	92-128	90-120	87-117	87-126
<b>Pico negativo</b>	-12±4	-8±3 <sup>a</sup>	-19±6	-13±6 <sup>b</sup>	-23±6	-17±8 <sup>c</sup>
<b>Amplitude</b>	-18 a -5	-13 a -4	-30 a -11	-23 a 0	-33 a -16	-28 a -3
<b>Âng. Pico negativo</b>	239±10	243±20	235±10	234±17	223±11	228±19
<b>Amplitude</b>	227-256	220-274	226-256	211-258	209-239	204-262

<sup>a</sup>  $p < 0,05$  entre Pref 80% e Pref 60%

<sup>b</sup>  $p < 0,05$  entre Pref -20%-80% e Pref-20%-60%

<sup>c</sup>  $p < 0,05$  entre Pref +20%-80% e Pref +20%+60%

Observou-se em todas as cadências, basicamente dois comportamentos. O primeiro comportamento está no segundo quadrante ( $90-180^{\circ}$ ), onde se observa que a intensidade 80% apresenta uma magnitude maior de valores de torque, o que já era esperado, uma vez que a carga a ser vencida é maior. O segundo comportamento encontra-se no terceiro quadrante ( $180-270^{\circ}$ ), onde na intensidade 80%, os ciclistas apresentaram valores de pico negativo estatisticamente superiores ( $p < 0,05$ ) aos relatados para a intensidade 60% (Tabela 20), indicando que em intensidades mais elevadas os ciclistas tendem a “puxar o pedal” apresentando menores valores de torque negativo. No entanto, não foram relatadas diferenças significativas nos ângulos onde estes picos aconteceram.

Este comportamento já tinha sido abordado por Kautz *et al.*, (1991), que relataram uma diminuição do torque negativo na fase de recuperação. Porém, os autores utilizaram somente uma cadência (90 rpm) e duas intensidades (60,9 e 92,3% do  $VO_2$  máx). Assim, o presente estudo acrescenta que, independente da cadência utilizada (Pref -20%, Pref e Pref +20%), a intensidade parece ser decisiva para o comportamento do torque na fase de recuperação. Também se deve considerar que à medida que o ciclista adquire a habilidade de gerar torque propulsor durante a fase de recuperação, ocorre uma redução do torque resistivo produzido pelo peso do próprio segmento (BURKE, 1996; GREGOR, 2000).

## **CONCLUSÕES**

Com base nos resultados obtidos para o grupo de ciclistas estudados e levando em consideração os objetivos específicos, chegou-se as seguintes conclusões:

### **Efeitos das cadências:**

- 1) As cadências preferidas pelos ciclistas estiveram relacionadas com os maiores picos FR, FE e torque para a fase de propulsão. No entanto, as cadências abaixo das preferidas apresentaram melhores resultados para estas variáveis, quando foi considerada a fase de recuperação. A TE não foi afetada pela cadência;
- 2) Os comportamentos do IFR e IFE apresentaram-se de forma inversamente proporcional ao aumento da cadência. Isso deu-se devido ao tempo necessário para completar cada revolução;
- 3) As cadências preferidas pelos ciclistas, em ambas as intensidades, apresentaram aproveitamentos da FE (%FE positiva e negativa) semelhantes as cadências mais baixas;
- 4) Apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas foram as cadências preferidas pelos ciclistas que apresentaram os maiores IE. Quando analisada a fase de propulsão, as cadências preferidas pelos ciclistas apresentaram valores significativamente superiores as demais. Em relação à fase de recuperação, a cadência preferida não diferiu das demais.

### **Efeitos das intensidades**

- 1) A cadência preferida pelos ciclistas é influenciada pela intensidade de esforço;
- 2) Apesar de não terem sido observadas diferenças significativas, em relação ao aproveitamento da força efetiva, os maiores percentuais foram relatados para a intensidade 80%;
- 3) Com exceção das cadências mais elevadas a 80%, a TE não foi afetada pelas intensidades.
- 4) Em todas as cadências, o IE para a intensidade 80% foi sempre maior que a 60%, porém diferiu significativamente somente para a cadência Pref -20%.

Em relação as fases, em todas as cadências a intensidade 60% apresentou valores mais elevados na propulsão, e a intensidade 80% na recuperação, porém não foram reportadas diferenças significativas.

- 5) Desconsiderando os maiores picos positivos de torque para a intensidade 80% (o que já era esperado), em intensidades mais altas os ciclistas apresentaram, em todas as cadências, valores mais elevados de picos negativos. Isso é indicativo que em intensidades mais elevadas os ciclistas tendem a puxar mais os pedal que em intensidades mais baixas.

A partir do que fora exposto acima a hipótese H1, que afirmava que tanto a intensidade quanto a cadência interferem na técnica de pedalada está confirmada. A hipótese H2 que afirmava que as cadências preferidas pelos ciclistas é a que apresenta a melhor técnica de pedalada, também se confirmou. A hipótese H3, que afirmava que intensidade 80% era onde os ciclistas apresentavam a melhor técnica de pedalada, também está confirmada.

Portanto, com base nestas observações, conclui-se que o fato dos ciclistas estarem envolvidos por longos períodos em atividades cíclicas, sob intensidades de moderada a alta, faz-nos inferir que ocorrem adaptações nas estratégias de recrutamento musculares, sendo expressadas pela melhor técnica de pedalada para a cadência preferida e intensidades mais elevadas.

Apesar de algumas variáveis analisadas terem sido observadas apenas tendências, não significativas, deve-se ressaltar que em se tratando de atletas, pequenas alterações podem ser responsáveis pela vitória ou derrota.

## **SUGESTÕES PARA NOVOS ESTUDOS**

Ao findar este estudo, apresentam-se sugestões, dentre elas:

1. A replicação do experimento com a utilização de dois pedais instrumentados, para a verificação das assimetrias entre membros na geração e aplicação de forças;
2. A simulação de situações de campo em ambiente laboratorial inserindo fatores como: resistência do ar e troca de relações das marchas;
3. A utilização de medidas de  $VO_2$  durante as séries submáximas viabilizando análises envolvendo eficiência fisiológica e eficiência biomecânica e economia de movimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, G. e VINYOLAS, J.A. News bicycle pedal design for on-road measurements of cycling forces. **Journal Applied biomechanics**. 12:130-142; 1996.

AMOROSO, A.; SANDERSON, D.J.; HENNIG, E.M. Kinematic and kinetic change in cycling resulting from fatigue. **XIV<sup>Th</sup> I.S.B Congress in Biomechanics**, 94-95 ; 1993.

ATKINSON, G.; DAVISON, R.; JEUKENDRUP, A.; PASSFIELD, L. Science and cycling: current knowledge and future directions for research. **Journal of Sports Sciences**. 21: 767–787; 2003.

BALMER, J.; DAVISON, R.C.R.; BIRD, S.R. Peak power predicts performance power during an outdoor 16.1-km cycling time trial. **Medicine and Science Sports Exercise**. 32: 1485–1490; 2000.

BARSTOW, T.J.; JONES, A.M.; NGUYEN, P.H.; CASABURI, R. Influence of muscle fiber type and pedal frequency on oxygen uptake kinetics of heavy exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, 81: 1642-1650; 1996.

BELLUYE, N.; CID, M. Approche biomécanique du cyclisme moderne, données de la littérature. **Science e Sports**. 16: 71-87; 2001.

BERTUCCI, W.; GRAPPE, F.; GIRARD, A.; BETIK, A.; ROUILLON, J.D. Effects on the crank torque pro.le when changing pedalling cadence in level ground and uphill road cycling. **Journal of Biomechanics**. 05: 37-45; 2004.

BOLOURCHI, F. HULL, M.L. Measurement of rider induced loads during simulated bicycling. **International Journal Sport Biomechanics**. 1: 308-329; 1985.

BLACK , A.H .; SANDERSON, D.J., HENNIG, E.M . Kinematics and kinetics changes during an incremental exercise test on a bicycling ergometer. In: **XIV<sup>Th</sup> I.S.B Congress in Biomechanics**, 186-187; 1993.

BOMTEMPO, H.; MACEDO, W.; CARMO, J.C.; NASCIMENTO, F.A. Projeto de Pedais para a Aquisição de Sinais de Força em Ciclista. **VII Congresso Brasileiro de Biomecânica**, pp. 37-42; 1997.

BRANSON, L.K Mecânica estática e dinâmica. **Livros técnicos e científicos**; 1974.

BURKE, E.R. Fisiologia do ciclismo. In: **A Ciência do exercício e dos esportes**. Porto Alegre: Artmed. p:745-757; 2003.

BURKE, E.R. High-tech Cycling. Colorado Springs, **Human Kinetics**; 1996.

CANDOTTI, C.T.; SOARES, D.P.;FRAGA, C.; VELLADO, D.; ROCHA, E.; RIBEIRO, J.; LOSS, J.F.; GUIMARÃES, A.C. Análise da técnica da pedalada de ciclistas de elite. **X Congresso Brasileiro de Biomecânica**. 152-155, 2003.

CANDOTTI, C.T.; RIBEIRO, J.; SOARES, D.P.; REISCHAK, A.O.; LOSS, J.F.; GUIMARÃES, A.C. Effective force and economy of triathletes and cyclists. **Sports Biomechanics**, in press; 2007.

CANDOTTI, C.T. Características Fisiológicas e Biomecânicas da pedalada de ciclistas e triatletas. **Tese de Doutorado**. PPGCMH - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS; 2003.

CALLAGHAN, M.J.; PHIL, M. Lower body problems and injury in cycling. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**. 9: 226–236; 2005.

CALLAGHAN, M.J.; JARVIS, C. Evaluation of elite British cyclists: the role of the squad medical. **British Journal of Sports Medicine**. 30: 349–353; 1996.

CARMO, J. “Biomecânica aplicada ao ciclismo”. **Anais do IX Congresso Brasileiro de Biomecânica**; 1998.

CARPES, F.P.; BINI, R.R.; NABINGER, E.; DIEFENTHAELER, F.; MOTA, C.B.; GUIMARÃES, A.C.S. Aplicação de força no pedal em prova de ciclismo 40 km contra-relógio simulada: estudo preliminar. **Revista Brasileira de Educação Física e Esportes**; 19: 105-113; 2005.

CARPES, F.P.; Desenvolvimento de um sistema de pedais dinamométricos para avaliação biomecânica no ciclismo. **Dissertação de Mestrado**. PPGEP. Universidade Federal de Santa Maria. UFSM, 2006

CARPES, F. P.; ROSSATO, M.; DAGNESE, F.; NIDERAUER, V. C.; PORTELA, L. O. C.; MOTA, C. B. Análise da simetria na produção de torque em 40km de ciclismo simulado. In: **Congresso Brasileiro de Biomecânica**, João Pessoa. Anais do XI Congresso Brasileiro de Biomecânica; 2005.

CARPES, F. P.; ROSSATO, M.; DAGNESE, F.; LOPES, J. G.; MOTA, C. B. Pedaling asymmetry at different intensities of exercise. **Revista brasileira de ciência e movimento**, São Paulo, p. 111-111, 2005.

CHAVARREN, J.; CALBET, J.A.L. Cycling efficiency and pedalling frequency in road cyclists. **European Journal of Applied Physiology**. 80: 555-563; 1999.

COYLE, E.F.; FELTNER, M.E.; KAUTZ, S.A.; HAMILTON, M.T.; MONTAIN, S.J.; BAYLOR, A.M.; ABRAHAM, L.D. PETREK, G.W. Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 23: 93–107; 1991.

DAVIS, R.R.; HULL, M.L. Measurement of pedal loading in bicycling: 2 –Analysis and Results. **Journal of Biomechanics**. 14: 857-872; 1981.

DI PRAMPERO, P.E. Cycling on Earth, in space, on the Moon. **European Journal of Applied Physiology** 82: 345–360; 2000.

DIEFENTHAELER, F.; BINI, R.R.; NABINGER, E.; CARPES, F.P.; MOTA, C.B.; E. GUIMARÃES, A.C.S. . Influência da posição do selim na aplicação da força durante a pedalada: estudo de casos. **XI Congresso Brasileiro de Biomecânica**, João Pessoa, Paraíba; 2005.

EARNEST, C.P.; WHARTON, R.P.; CHURCH, T.S.; LUCIA, A. Reliability of the Lode Excalibur Sport Ergometer and applicability to Computrainer electromagnetically braked cycling training device. **Journal Strength Conditioning Research**. 19: 344–348; 2005.

EGERMANN, M.; BROCAI, D.; LILL, C.A; SCHMITT, H. Analysis of injuries in long-distances triathletes. **International Journal Sports Medicine**. 24: 271-276; 2003.

ENOKA, M.R. **Bases neuromecânicas da cinesiologia**. São Paulo: Manole, European Journal Applied Physiology 82: 345–360; 2000.

ERICSON, M.O & NISSEL, R. efficiency of pedal forces during ergometer cycling. **International Journal Sports Medicine**. 9: 118-122; 1988.

FARIA, E.W.; PARKER, D.L. E FARIA, I.E. The Science of Cycling-Physiology and Training – Part 1. **Sports Medicine**; 35: 285-312; 2005.

FERNANDEZ-GARCIA, B.; TERRADOS, N.; PEREZ-LANDALUCE, J.; RODRIGUEZ-ALONSO, M. Intensity of exercise during road race pro-cycling competition. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 32: 1002–1006; 2000.

GAESSER, G.A.; BROOKS, G.A. Muscular efficiency during steady-state exercise: effects of speed and work rate. **Journal of Applied Physiology**. 38: 1132-1139; 1975.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas; 1991.

GOTSHALL, RW; BAUER, TA & FAHRNER, SL. Cycling cadence alters exercise hemodynamics. **International Journal Sports Medicine**. 17: 17-21; 1996.

GREGOR, R.J. Biomecânica do ciclismo. In: **A Ciência do exercício e dos esportes**. Porto Alegre: Artmed. p: 547-571; 2003.

GREGOR, R.J.; BROKER, J.P.; RYAN, M.S. The biomechanics of cycling. **Exercise and sport sciences reviews**. 19: 127-169; 1991.

GROOT, G.; WELBERGEN, E.; CLUSEN, L.; CLARIJS, J.; CABRI, J.; ANTONIS, J.; Power, muscular Works, and external forces in cycling. **Ergonomics**. 37: 31- 42; 1994.

HALL, S. **Biomecânica Básica**. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro; 1991.

HAMILL, J.; KNUTZEN, K.M. **Bases biomecânicas do Movimento Humano**. Editora Manole. São Paulo; 1999.

HANSEN, E.A.; SJØGAARD, G. Relationship between efficiency and pedal rate in cycling: significance of internal power and muscle fiber type composition **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**.

HANSEN, E.A.; ANDERSEN, J.L.; NIELSEN, J.S.; SJØGAARD, G. Muscle fibre type, efficiency, and mechanical optima affect freely chosen pedal rate during cycling. **Acta Physiology Scandinavian**. p. 185-194; 2002.

HILL, D.W.; SMITH, J.C. Determination of critical power by pulmonary gas exchange. **Canadian Journal Applied Physiology**. 24: 74-86; 1999.

HOLMES, J.C.; PRUITT, A.L.; WHALEN, N.J. Lower extremity overuse in bicycling. **Clinical Sports Medicine** 13: 187–205; 1994.

HULL, M.L.; DAVIS, R.R. "Measurement of pedal loading in bicycling—I. Instrumentation". **Journal Biomechanics**. 14: 843-855; 1981.

HULL, M.I.; RUBY, P. Preventing overuse knee injuries. In: **High-tech Cycling** : 251-279; 1996.

IMPELLIZZERI, F.; SASSI, A.; RODRIGUEZ-ALONSO, M.; MOGNONI, P.; MARCORA, S. Exercise intensity during off-road cycling competitions. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 34: 1808–1813; 2002.

JEUKENDRUP, A.E, MARTIN J. Improving cycling performance: how should we spend our time and money. **Sports Medicine**. 31: 559-569; 2001.

KOHLER, G.; BOUTELLIER, U. The generalized force–velocity relationship explains why the preferred pedaling rate of cyclists exceeds the most efficient one. **European Journal Applied Physiology** 94: 188–195; 2005.

KUIPERS, H.; VERSTAPPEN, FTJ.; KEIZER, HA. Variability of aerobic performance in the Laboratory and its physiological correlates. **International Journal Sports Medicine**; 6: 197-20; 1985.

LEPERS, R., MILLET, G.Y., MAFFIULETTI, N.A. Effect of cycling cadence on contractile and neural properties of knee extensors. **Medicine and Science in Sports and Exercise** Vol. 33, No. 11, pp. 1882–1888; 2001.

LUCIA, A., CARVAJAL, A., CALDERON, F.J., ALFONSO, A.E.; CHICHARRO, J.L. Breathing pattern in highly competitive cyclists during incremental exercise. **European Journal of Applied Physiology**, 79: 512–521; 1999.

LUCIA, A., PARDO, J., DURANTEZ, A., HOYOS, J.; CHICHARRO, J.L. Physiological differences between professional and elite road cyclists. **International Journal of Sports Medicine**, 19: 342–348; 1998.

LUCIA, A; SAN JUAN, A.F; MONTILLA, M; CAÑETE, S; SANTALLA, A; EARNEST, C; PÉREZ, M. In professional road cyclists, low pedaling cadences are less efficient. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, vol. 36, nº 6, p. 1048-1054; 2004.

LUCÍA, A; HOYOS, J; CHICHARRO, J.L. Preferred pedalling cadence in professional cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, vol. 33, nº 8, p. 1361-1366; 2001.

MACINTOSH, B.R.; NEPTUNE, R.R.; HORTON, J.F. Cadence, power, and muscle activation in cycle ergometry. **Medicine and Science in Sports and Exercise** . 32: 1281–1287; 2000.

MADERS, A.; ZARO, M.A.; Desenvolvimento de plataforma de força para medição de forças, em duas direções, da pedalada. In: **VII Congresso Brasileiro de Biomecânica**; 1998.

MARSH, A.P.; MARTIN, P.E.; FOLEY, K.O. Effect of cadence, cycling experience, and aerobic power on delta efficiency during cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. Vol. 32, No. 9, pp. 1630–1634; 2000.

MARSH, A.P.; MARTIN, P.E. The association between cycling experience and preferred and most economical cycling cadences. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 25: 1269-1274; 1993.

MARTIN, J.C; SPIRDUSO, W.W. Determinants of maximal cycling power: crank length, pedaling rate and pedal speed. **European Journal of Applied Physiology**. Vol. 84, p. 413-418; 2001.

MARTIN, J.C.; LAMB, S.M.; BROWN, N.A.T. Pedal trajectory alters maximal single-leg cycling power. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 34: 1332–1336; 2002.

MCCARTNEY, N.; GEORGE J.; HEIGENHAUSER, F.; NORMAN L.J. Power output and fatigue of human muscle maximal cycling exercise. **Respiratory Environmental Exercise Physiology**. 55: 218-224; 1983.

MELLION, M.B. Common cycling injuries. **Management and Prevention Sports Medicine**. 11: 52–70; 1991.

MORNIEUX, G.; ZAMEZIATI, K.; ROUFFET, D.; STAPELFELDT, B.; BELLI A. Influence of pedalling effectiveness on the inter-individual variations of muscular efficiency in cycling. **Isokinetics and Exercise Science**. 13; 1-8; 2005.

NABINGER, E e ZARO, M.A . Medição de ângulos e força durante a pedalada de um ciclista. **VII Congresso Brasileiro de Biomecânica - ANAIS**. p:43-48. Campinas – SP; 1997.

NABINGER, E. Desenvolvimento de um sistema de medição para análise biomecânica da pedalada de um ciclista. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre; 1997.

NABINGER, E.; ITURRIOZ, I.; TREVISAN, L. Sistema para Aquisicao e Monitoramento das Forças Aplicadas no Pedal de Bicicleta. **X Congresso Brasileiro de Biomecânica**. Ouro Preto/MG, v. 1, pp. 419; 2003.

NEPTUNE, R.R.; HERZOG, W. Adaptation of muscle coordination to altered task mechanics during steady-state cycling. **Journal of Biomechanics** 33: 165-172; 2000.

NEPTUNE, R.R.; HULL, M.L. A theoretical analysis of preferred pedaling rate selection in endurance cycling. **Journal of Biomechanics**. 32: 409–415; 1999.

NEUMAYR, G.; PFISTER, G.; MITTERBAUER, H.; GAENZER, W.; STURM, G. HOERTNAGL, H. Exercise Intensity of Cycle-Touring Events. **International Journal of Sports Medicine**. 23: 505–509; 2002.

NESI, X; BOSQUET, L; PELAYO, P. Preferred pedal rate: an index of cycling performance. **International Journal of Sports Medicine**. p. 372-375; 2004.

NIELSEN, J.S; HANSEN, E.A; SJOGAARD, G. Pedalling rate affects endurance performance during high-intensity cycling. **European Journal of Applied Physiology**. vol. 92, p. 114-120; 2004.

NEWMILLER, J.; HULL, M.L.; ZAJAC, F.E . A mechanically decoupled two force component bicycle pedal dynamometer. **Journal Biomechanics**: 21: 375-386; 1988.

PADILLA, S.; MUJICA, I.; ORBAÑANOS, J.; ÂNGULO, F. Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 32: 850–856; 2000.

PALMER, G.S.; NOAKES, T.D.; HAWLEY, J.A. Metabolic and performance responses to constant-load vs variable-intensity exercise in trained cyclists. **Journal Applied Physiology**. 87: 1186-1196; 1999.

PATTERSON, R.P.; MORENO, M.I. Bicycle pedaling forces as a function of pedaling rate and power output. **Medicine and Science in Sports and Exercise** v. 22, n. 4, p. 512-516; 1990.

PERREY, S.; GRAPPE, F.; GIRARD, A.; BRINGARD, A.; GROSLAMBERT, A.; BERTUCCI, W.; ROUILLON, J. D. Physiological and Metabolic Responses of Triathletes to a Simulated 30-min Time-Trial in Cycling at Self-Selected Intensity. **International Journal of Sports Medicine**; 24: 138–143; 2003.

PETROSKY, E. L.; **Antropometria: Técnicas e Padronizações**.:Pallotti, Porto Alegre; 1999.

REISER, R.F.; PETERSON, M.L.; BROKER, J.P. Influence of hip orientation on wingate power output and cycling technique. **Journal of Strength and Conditioning Research**; v. 16; p. 556-560; 2002.

PIERRE, S; NICOLAS, H; FRÉDÉRIQUE, H. Interactions between cadence and power output effects on mechanical efficiency during sub maximal cycling exercises. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 97, p.133-139; 2006.

SANDERSON, D.J. The influence of cadence and power output on the biomechanics of force application during steady-rate cycling in competitive and recreational cyclists. **Journal of Sports Sciences**; v. 9; p. 191-203; 1991.

SANDERSON, D.J. BLACK, A. The effect of prolonged cycling on pedal forces. **Journal of Sports Sciences**. 21: 191–199; 2003.

SANDERSON, D.J.; HENNIG, E.M.; BLACK, A.H. The influence of cadence and power output on force application and in-shoe pressure distribution during cycling by competitive and recreational cyclists. **Journal of Sports Sciences**. 18: 173-181; 2000.

SARRE, G; LEPERS, R; MAFFIULETTI, N; MILLET, G; MARTIN, A. Influence of cycling cadence on neuromuscular activity of the knee extensors in humans. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 88, p. 476-479; 2003.

SARRE, G.; LEPERS, R.; HOECKE, J.V. Stability of pedalling mechanics during a prolonged cycling exercise performed at different cadences. **Journal of Sports Science**. 23 (7): 693-701; 2005.

SCHABORT, E.J.; HAWLEY, J.A.; HOPKINS, W.G.; MUJIK, I.; NOAKES, T.D. A new reliable laboratory test of endurance performance for road cyclists. **Medicine e Science in Sports e Exercise**. 30: 1744-1750; 1998.

SMAK, W.; NEPTUNE, R.R.; HULL, M.L. The influence of pedaling rate on bilateral asymmetry in cycling. **Journal of Biomechanics**. 32: 899-906; 1999.

SOARES, D.; ROCHA, E.; CANDOTTI, C.; GUIMARÃES, A.; LOSS, J.; Caracterização da escolha da cadência preferida a partir de parâmetros biomecânicos e fisiológicos. **XI Congresso Brasileiro de Biomecânica**; 2005.

SURIANO, R.;VERCRUYSSSEN, F.; BISHOP, D.; BRISWALTER, J. Variable power output during cycling improves subsequent treadmill run time to exhaustion, **Journal of Science and Medicine in Sport** *in press*; 2006.

TAKAISHI, T.; YASUDA, Y.; MORITANI, T.; Neuromuscular fatigue during prolonged pedaling rates. **European Journal of Applied Physiology**. 69:154-158; 1994.

TAKAISHI, T.; YASUDA, Y.; ONO, T. Optimal pedaling rate estimated from neuromuscular fatigue for cyclists **Medicine e Science in Sports e Exercise**. 28: 1492-1497; 1996.

TAKAISHI, T.; YAMAMOTO, T.; ONO, T.; ITO, T.; MORITANI, T. Neuromuscular, metabolic, and kinetic adaptations for skilled pedaling performance in cyclists.

**Medicine e Science in Sports e Exercise.** 30(3):442-449; 1998.

THOMAS, J.R.; NELSON, J.K. **Métodos de Pesquisa em Atividade Física.** 3ª Edição, Porto Alegre; Artmed; 2002.

TOO, D. Biomechanics of cycling and factors affecting performance. **Sports Medicine.** 10: 286-302; 1990.

TOO, D.; LANDWER, G.E. The effects of pedal crank arm length on joint angle and power production in upright cycle ergometry. **Journal of Sports Sciences,** 18: 153-161; 2000.

WIDEMAN, L.; STOUDEMIRE, N.M.; PASS, K.A.; MCGINNES, C.L.; GAESSER, G. A.; WELTMAN, A. Assessment of the Aerosport TEEM 100 Portable metabolic Measurement System. **Medicine and Science in Sports e Exercise.** 28: 509-515; 1996.

WIDRICK, J.J.; FREEDSON, P.S.; HAMILL, J. Effect of internal work on the calculation of optimal pedaling rates. **Medicine and Science in Sports e Exercise** 24:376–382;1992.

WILBER, R. L., ZAWADZKI, K. M., KEARNEY, J. T., SHANNON, M. P. DISALVO, D. Physiological profiles of elite off-road and road cyclists. **Medicine and Science in Sports e Exercise,** 29: 1090–1094; 1997.

**APÊNDICE A**  
**VALORES INDIVIDUAIS**

Tabela 01: Valores individuais referentes as variáveis de caracterização do grupo de estudo, idade (Anos), massa corporal (kg), estatura (cm), anos de prática (anos), quilometragem semanal de treinamento (anos) e membro dominante.

Ciclistas	Idade	Massa corp.	Estat.	Anos de prat.	Km/sem.	Membro Dom.
1	26	67,2	170,5	16	350	direito
2	26	73,8	180	10	400	direito
3	29	71	174	7	600	direito
4	20	67,3	166	4	630	direito
5	24	73,8	185	4	400	direito
6	24	71,6	176,5	10	800	direito
7	21	75,5	184	10	420	direito
8	21	86	184	5	300	direito

Tabela 02: Valores individuais referentes às medidas de circunferências para coxa média (cm) e panturrilha (cm), comprimentos da coxa (cm) e perna (cm) e diâmetros do epicôndilo (cm) e maléolo(cm)

Ciclistas	Circunferências		Comprimentos		Diâmetros	
	Coxa	Panturrilha	Coxa	Perna	Epicôndilo	Maléolo
1	53	35,5	38,5	40,6	9,8	6,7
2	54,5	36	42,2	42	9,7	6,6
3	57,3	38	50	43	8,5	5,6
4	59	36	38,1	35,7	9,1	6,7
5	51	36	45,7	44,7	9,7	6,6
6	53,5	39	41	41	9,5	7,4
7	54	38	44	42	10,6	7,4
8	60	40	44	41	10,4	7,3

Tabela 03: Valores individuais referentes a Potência máxima (watts), Frequência Cardíaca Máxima (FC máx), Potência Relativa e Pico de Consumo de Oxigênio (VO<sub>2Pico</sub>), todas obtidas durante o Teste Progressivo Máximo.

Ciclistas	Pot. Máx.	FC máx.	Pot. Rel.	VO <sub>2Pico</sub>
1	350	185	5,26	65,2
2	390	189	5,28	61,6
3	370	196	5,20	62,7
4	350	205	5,33	59,2
5	330	196	4,47	56,4
6	440	194	6,15	65,6
7	370	181	4,93	65
8	370	179	4,30	—

Tabela 04: Valores individuais referentes aos valores de potência correspondentes a 60 e 80% da potência máxima (Watts) e valores de cadência preferida, valores de cadência 20% inferior a preferida e valores de cadência 20% superior a preferida (rpm).

Ciclistas	60%	Cadências			80%	Cadências		
		-20%	pref	+20%		-20%	pref	+20%
1	210	74	88	105	280	69	79	98
2	234	69	84	100	312	64	74	89
3	222	72	91	109	296	71	90	108
4	210	83	103	123	280	84	102	122
5	198	77	98	119	264	69	85	105
6	264	78	99	120	352	78	103	119
7	222	88	112	128	296	79	100	113
8	222	77	94	112	296	71	87	105

Tabela 05: Valores individuais referentes as variáveis Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) e Percentual da Frequência Cardíaca Máxima (% FC<sub>máx</sub>) para carga correspondente a 60 e 80% da potência máxima.

Ciclistas	60% Pot. máx						80% Pot. máx					
	PSE			% FC <sub>máx</sub>			PSE			% FC <sub>máx</sub>		
	-20%	Pref	+20%	-20%	Pref	+20%	-20%	Pref	+20%	-20%	Pref	+20%
1	12	13	14	67	71	75	14	15	16	83	88	96
2	12	13	12	74	82	82	13	13	15	81	87	88
3	12	13	17	73	82	86	14	17	17	82	92	95
4	13	12	14	84	87	93	16	15	19	95	95	98
5	13	14	16	80	85	89	16	17	18	84	93	94
6	14	13	13	77	82	85	14	13	12	87	89	94
7	11	13	13	79	81	91	14	15	16	93	92	99
8	11	10	14	72	78	82	14	16	15	79	87	90

Tabela 06: Valores Individuais referentes aos valores de Maior Pico da Força Resultante (N), nas diferentes situações estudadas

Ciclistas	Maior Pico FR 60%			Maior Pico FR 80%		
	Pref -20%	Pref	Pref +20%	Pref -20%	Pref	Pref +20%
1	287	302	260	311	315	294
2	220	251	240	319	272	263
3	283	307	275	291	341	296
4	282	263	258	312	317	329
5	274	258	207	240	333	260
6	295	280	262	332	305	309
7	236	218	223	257	288	244
8	324	332	287	355	375	375

Tabela 07: Valores Individuais referentes ao Ângulo ( $^{\circ}$ ) onde ocorreu o Maior Pico da Força Resultante (N), nas diferentes situações estudadas.

Ciclistas	Ângulos do Maior Pico FR 60%			Ângulos do Maior Pico FR 80%		
	Pref -20%	Pref	Pref +20%	Pref -20%	Pref	Pref +20%
1	104	98	102	81	93	101
2	96	118	125	101	88	100
3	104	109	93	85	107	94
4	81	89	113	93	95	83
5	111	110	121	121	115	107
6	80	79	84	96	76	85
7	76	103	81	87	98	94
8	79	88	78	94	84	86

Tabela 08: Valores Individuais referentes aos valores de Menores Picos da Força Resultante (N), nas diferentes situações estudadas

Ciclistas	Menor Pico FR 60%			Menor Pico FR 80%		
	Pref -20%	Pref	Pref +20%	Pref -20%	Pref	Pref +20%
1	37	19	4	26	27	4
2	12	30	16	21	8	14
3	13	15	11	7	11	16
4	40	14	13	25	18	16
5	22	21	7	11	11	3
6	14	21	19	18	12	15
7	23	7	10	5	10	19
8	42	14	15	34	36	9

Tabela 09: Valores Individuais referentes ao Ângulo ( $^{\circ}$ ) onde ocorreu o Menor Pico da Força Resultante (N), nas diferentes situações estudadas

Ciclistas	Ângulos do Menor Pico FR 60%			Ângulos do Menor Pico FR 80%		
	Pref -20%	Pref	Pref +20%	Pref -20%	Pref	Pref +20%
1	316	314	330	287	299	317
2	274	315	299	293	261	280
3	304	317	312	282	320	279
4	280	314	320	262	300	305
5	299	332	321	320	311	300
6	284	284	268	317	280	274
7	281	313	299	281	332	297
8	313	326	306	247	315	311

Tabela 10: Valores Individuais referentes aos valores de Pico Positivo da Força Efetiva (N), nas diferentes situações estudadas

Ciclistas	Pico Positivo FE 60% (N)			Pico Positivo FE 80%		
	Pref -20%	Pref	Pref +20%	Pref -20%	Pref	Pref +20%
1	285	295	258	236	303	290
2	163	236	236	244	212	251
3	280	301	276	277	318	293
4	252	256	244	280	310	323
5	273	258	206	239	331	246
6	264	254	260	305	285	308
7	209	216	221	238	277	241
8	265	322	289	331	348	357

Tabela 11: Valores Individuais referentes ao Ângulo ( $^{\circ}$ ) onde ocorreu o Pico Positivo da Força Efetiva (N), nas diferentes situações estudadas.

Ciclistas	Ângulo do Pico Positivo FE 60%			Ângulo do Pico Positivo FE 80%		
	Pref -20%	Pref	Pref +20%	Pref -20%	Pref	Pref +20%
1	110	109	111	103	108	97
2	113	128	112	126	117	126
3	107	108	93	97	116	99
4	101	102	98	109	100	92
5	114	111	117	122	120	107
6	92	98	91	119	90	87
7	98	114	87	99	108	98
8	101	92	94	101	90	89

Tabela 12: Valores Individuais referentes aos valores de Pico Negativo da Força Efetiva (N), nas diferentes situações estudadas

Ciclistas	Pico Negativo FE 60% (N)			Pico Negativo FE 80% (N)		
	Pref -20%	Pref	Pref +20%	Pref -20%	Pref	Pref +20%
1	-92	-124	-124	-51	-79	-114
2	-29	-62	-90	-32	-2	-17
3	-82	-103	-137	-59	-98	-103
4	-54	-78	-107	-33	-65	-96
5	-101	-170	-160	-44	-72	-115
6	-82	-117	-140	-77	-133	-157
7	-40	-79	-91	-23	-63	-56
8	-70	-126	-191	-49	-86	-140

Tabela 13: Valores Individuais referentes ao Ângulo ( $^{\circ}$ ) onde ocorreu o Pico Positivo da Força Efetiva (N), nas diferentes situações estudadas.

Ciclistas	Ângulo do Pico Negativo FE 60%			Ângulo do Pico Negativo FE 80%		
	Pref -20%	Pref	Pref +20%	Pref -20%	Pref	Pref +20%
1	227	226	221	241	232	212
2	240	256	229	263	255	262
3	245	227	225	242	258	236
4	228	230	209	220	211	204
5	231	237	235	223	219	230
6	241	230	214	223	223	208
7	242	232	209	255	236	236
8	256	240	239	274	240	235

Tabela 14: Valores Individuais referentes aos valores de Pico Positivo do Torque (N/m), nas diferentes situações estudadas

Ciclistas	Pico Positivo Torque 60% (N)			Pico Positivo Torque 80%		
	Pref -20%	Pref	Pref +20%	Pref -20%	Pref	Pref +20%
1	49	51	45	41	52	50
2	29	41	41	43	37	44
3	48	52	48	48	55	50
4	43	44	42	48	53	55
5	48	45	36	42	58	43
6	46	44	45	53	50	54
7	37	38	39	42	49	42
8	46	56	50	57	60	62

Tabela 15: Valores Individuais referentes ao Ângulo ( $^{\circ}$ ) onde ocorreu o Pico Positivo do Torque (N/m), nas diferentes situações estudadas.

Ciclistas	Âng. Pico Positivo Torque 60%			Âng. Pico Positivo Torque 80%		
	Pref -20%	Pref	Pref +20%	Pref -20%	Pref	Pref +20%
1	110	109	111	103	108	97
2	113	128	112	126	117	126
3	107	108	93	97	116	99
4	101	102	98	109	100	92
5	114	111	117	122	120	107
6	92	98	91	119	90	87
7	98	114	87	99	108	98
8	101	92	94	101	90	89

Tabela 16: Valores Individuais referentes aos valores de Pico Positivo do Torque (N/m), nas diferentes situações estudadas

Ciclistas	Pico negativo Torque 60% (N/m)			Pico Negativo Torque 80% (N/m)		
	Pref -20%	Pref	Pref +20%	Pref -20%	Pref	Pref +20%
1	-16	-21	-21	-9	-14	-20
2	-5	-11	-16	-6	0	-3
3	-14	-18	-24	-10	-17	-18
4	-9	-13	-18	-6	-11	-16
5	-18	-30	-28	-8	-13	-20
6	-14	-20	-24	-13	-23	-28
7	-7	-14	-16	-4	-11	-10
8	-12	-22	-33	-8	-15	-24

Tabela 17: Valores Individuais referentes ao Ângulo ( $^{\circ}$ ) onde ocorreu o Pico Negativo do Torque (N/m), nas diferentes situações estudadas.

Ciclistas	Âng. Pico Negativo Torque 60%			Âng. Pico Negativo Torque 80%		
	Pref -20%	Pref	Pref +20%	Pref -20%	Pref	Pref +20%
1	227	226	221	241	232	212
2	240	256	229	263	255	262
3	245	227	225	242	258	236
4	228	230	209	220	211	204
5	231	237	235	223	219	230
6	241	230	214	223	223	208
7	242	232	209	255	236	236
8	256	240	239	274	240	235

Tabela 18: Valores individuais referentes aos Impulsos da Força Resultante (IFR) diferentes situações estudadas.

Ciclistas	IFR 60%			IFR80%		
	-20%	Pref	20%	-20%	Pref	20%
1	99,6	82,0	61,8	100,3	82,6	65,2
2	87,2	92,4	75,4	118,6	94,1	82,8
3	104,2	97,6	78,4	120,1	116,0	86,8
4	93,7	65,0	58,9	111,5	84,6	76,4
5	108,7	81,3	53,8	90,9	115,2	65,5
6	100,3	84,3	73,3	114,1	83,8	78,1
7	98,2	76,7	64,5	96,6	91,3	61,6
8	115,2	95,8	82,9	137,5	108,7	97,0

Tabela 19: Valores individuais referentes aos Impulsos da Força Resultante (IFE) diferentes situações estudadas.

Ciclistas	IFE 60%			IFE 80%		
	-20%	Pref	20%	-20%	Pref	20%
1	52,3	47,3	35,5	44,9	48,0	39,0
2	55,9	60,9	46,3	76,6	70,9	60,1
3	62,9	51,4	40,4	68,9	67,9	52,3
4	48,2	41,9	28,2	59,4	48,8	43,7
5	55,9	39,1	28,0	53,2	64,2	39,4
6	63,9	50,7	41,1	78,3	51,5	44,4
7	54,3	43,7	36,5	60,3	56,4	38,0
8	65,2	55,6	41,3	82,4	66,4	55,3

Tabela 20: Valores individuais referentes aos Impulsos da Força Efetiva na fase propulsiva (IFE propulsiva) nas diferentes situações estudadas

Ciclistas	IFE propulsiva 60%			IFE propulsiva 80%		
	-20%	Pref	20%	-20%	Pref	20%
1	52,2	47,0	35,5	44,5	47,8	39,0
2	49,5	58,2	46,2	71,1	59,1	55,8
3	62,5	51,2	40,3	66,8	65,8	52,1
4	48,0	41,2	28,2	59,1	48,8	43,7
5	55,8	39,0	27,9	52,6	63,9	38,4
6	61,9	50,0	41,1	73,7	51,0	44,3
7	53,8	43,5	36,4	55,9	55,3	37,6
8	64,5	55,4	41,3	82,0	65,7	55,2

Tabela 21: Valores individuais referentes aos Impulsos da Força Efetiva na fase de recuperação (IFE recuperação) nas diferentes situações estudadas

Ciclistas	IFE recuperação 60%			IFE recuperação 80%		
	-20%	Pref	20%	-20%	Pref	20%
1	-0,04	0,22	-0,02	0,20	0,08	0,00
2	6,22	2,57	0,10	5,43	11,59	4,30
3	0,32	0,08	-0,05	1,93	1,91	0,13
4	0,07	0,75	-0,06	0,25	-0,05	-0,08
5	0,03	0,08	0,15	0,55	0,29	0,96
6	1,71	0,56	-0,07	4,23	0,43	-0,06
7	0,42	0,15	0,02	4,30	1,03	0,33
8	0,65	0,11	0,02	0,21	0,54	-0,01

Tabela 22: Valores individuais referentes ao Índice de Efetividade (IE) nas diferentes situações estudadas

Ciclistas	IE 60%			IE 80%		
	-20%	Pref	20%	-20%	Pref	20%
1	0,53	0,58	0,57	0,45	0,58	0,60
2	0,64	0,66	0,61	0,65	0,75	0,73
3	0,60	0,53	0,52	0,57	0,59	0,60
4	0,51	0,65	0,48	0,53	0,58	0,57
5	0,51	0,48	0,52	0,59	0,56	0,60
6	0,64	0,60	0,56	0,69	0,61	0,57
7	0,55	0,57	0,57	0,62	0,62	0,62
8	0,57	0,58	0,50	0,60	0,61	0,57

Tabela 23: Valores individuais referentes ao Índice de Efetividade na fase propulsiva (IE propulsivo) nas diferentes situações estudadas

Ciclistas	IE Propulsivo 60%			IE Propulsivo 80%		
	-20%	Pref	20%	-20%	Pref	20%
1	0,72	0,79	0,80	0,57	0,76	0,79
2	0,71	0,84	0,85	0,72	0,76	0,81
3	0,78	0,75	0,74	0,72	0,73	0,80
4	0,69	0,88	0,68	0,67	0,72	0,73
5	0,71	0,78	0,85	0,75	0,71	0,85
6	0,83	0,83	0,79	0,81	0,85	0,79
7	0,73	0,77	0,75	0,73	0,80	0,81
8	0,74	0,80	0,77	0,75	0,81	0,78

Tabela 24: Valores individuais referentes ao Índice de Efetividade na fase propulsiva (IE propulsivo) nas diferentes situações estudadas

Ciclistas	IE recuperação 60%			IE recuperação 80%		
	-20%	Pref	20%	-20%	Pref	20%
1	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
2	0,37	0,12	0,00	0,28	0,75	0,32
3	0,01	0,00	0,00	0,07	0,07	0,01
4	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,05
6	0,07	0,02	0,00	0,18	0,02	0,00
7	0,02	0,01	0,00	0,22	0,04	0,02
8	0,02	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00

Tabela 25: Valores individuais referentes ao Percentual da Força Efetiva Positiva (%FE positiva) nas diferentes situações estudadas

Ciclistas	%FE positiva 60%			%FE positiva 80%		
	-20%	Pref	20%	-20%	Pref	20%
1	0,65	0,68	0,62	0,70	0,68	0,63
2	0,81	0,76	0,71	0,79	0,94	0,79
3	0,69	0,65	0,64	0,76	0,71	0,71
4	0,66	0,67	0,57	0,67	0,62	0,60
5	0,69	0,68	0,63	0,68	0,67	0,71
6	0,78	0,74	0,67	0,80	0,71	0,61
7	0,68	0,63	0,63	0,77	0,65	0,65
8	0,64	0,67	0,62	0,63	0,63	0,61

## ANEXO 01



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC  
CENTRO DE DESPORTOS – CDS  
Programa de Pós Graduação em Educação Física – PPGEF  
Mestrado

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

A Universidade Federal de Santa Catarina, através do mestrando em educação física **Mateus Rossato**, sob a orientação do Professor Antônio Renato Pereira Moro, está desenvolvendo uma pesquisa intitulada “**Associações entre intensidades e cadências sobre parâmetros relacionados à técnica de pedalada de ciclistas**”.

Esta pesquisa será desenvolvida junto ao Laboratório de Biomecânica da Universidade Federal de Santa Catarina e terá por objetivo verificar a influência de diferentes percentuais da carga máxima associadas a 3 diferentes cadências sobre os parâmetros relacionados à técnica de pedalada de ciclistas.

Não existem riscos associados à pesquisa, pois a coleta de dados será similar às rotinas de treinamento com que os atletas estão acostumados a realizar.

Os testes que serão realizados compreenderão inicialmente a determinação de algumas variáveis antropométricas, e a realização de um Teste Progressivo Máximo em bicicleta para a determinação de parâmetros que serão utilizados na segunda etapa do trabalho. Após 48 horas da realização deste teste os ciclistas retornarão ao laboratório para que seja cumprida a segunda etapa compreendida de duas séries de 30 minutos, com intervalo de 30 minutos entre as séries, sob uma intensidade de 60 e 80% da máxima potência produzida durante o Teste Progressivo Máximo. Nestas duas séries de 30 minutos, serão subdivididas em 3 séries de 10 minutos, sendo que a primeira série de 10 minutos será realizada em uma cadência preferida pelos ciclistas, a segunda série de 10 minutos será realizada em uma

cadência 20% inferior a preferida e a terceira e última série de 10 minutos em uma cadência 20% superior a preferida.

Este estudo se justifica pela importância da avaliação dos parâmetros técnicos associados a técnica de pedalada em diferentes situações de intensidade e cadência.

Se o Sr. Estiver de acordo em participar deste estudo, garantimos que as informações fornecidas serão confidenciais e só serão utilizadas neste trabalho. Da mesma forma, se tiveres alguma dúvida em relação aos objetivos e procedimentos da pesquisa, pode, a qualquer momento, entrar em contato conosco pelos telefones (48) 3331-8530 / 91469250 ou pessoalmente no Laboratório de Biomecânica.

Obrigado!

---

Prof. Dr. Antônio Renato Pereira Moro  
Pesquisador Responsável/Orientador

---

**Mateus Rossato**  
Pesquisador Principal

**TERMO DE CONSENTIMENTO PÓS-INFORMADO**

Eu \_\_\_\_\_, portador(a) da  
RG: \_\_\_\_\_ fui informado sobre todos os procedimentos da pesquisa e  
que recebi de forma clara todas as explicações pertinentes ao projeto. Eu  
compreendo que neste estudo a minha participação requer que sejam feitos alguns  
testes físicos e que todos os dados a meus respeito serão sigilosos e será mantido  
o caráter confidencial das informações relacionadas a minha privacidade. Declaro,  
também, que fui informado de que tenho a liberdade de retirar meu consentimento e  
posso deixar de participar do estudo a qualquer momento; de que tenho a garantia  
de receber a resposta qualquer pergunta ou esclarecimento a dúvidas sobre  
procedimentos, riscos, benefícios e outros relacionados à pesquisa.

Nome atleta:

Equipe:

---

Florianópolis, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

## ANEXO 2

### Matriz de desacoplamento

```
%Matriz de acoplamento de forças no pedal
%Obs: todos os valores devem estar com o zero de força em zero de voltagem
%Desacoplamento da Força Normal
VN = input ('Voltagem Fnormal:');
VT = input ('Voltagem Ftang:');
a = 1
d = 1
AT = input ('Acoplamento Tang:');
AN = input ('Acoplamento Normal:');
c = -AT/VN
b = -AN/VT
VDN = [VN * a + AT * b];
VDT = [AN * c + VT * d];
disp('Voltagem Normal Desacoplada:');
disp(VDN);
disp('Voltagem Tangencial Desacoplada:');
disp(VDT);
FN = -43.164./VDN
FT = 43.164./VDT
disp('Escala Força Normal:');
disp(FN);
disp('Escala Força Tangencial:');
disp(FT);
```

## ANEXO 3

### Rotina para o processamento dos dados

```

%Mateus routine2-kinetic and kinematic data during
cycling
%by: Bini and Mateus
%date January 2007
%Abrir os dados dos zero do pedal antes
%Variaveis comuns aos dados cineticos e
cinematicos receberao num
%1-cineticos e 2-cinematicos apos o nome das
mesmas.
%Carregando zero do pedal (*.mat)
h=msgbox('Input the zero pedal force');
waitfor(h);
uiopen('LOAD');
%Carregando dados de forza (*.mat)
h=msgbox('Input the pedal forces');
waitfor(h);
uiopen('LOAD');
clear('data');
Npoints1=length(force);
%Carregando dados de cinematria (*.xls)
h=msgbox('Input the kinematic data');
waitfor(h);
uiopen('LOAD');
clear('h','textdata','colheaders');
%separando os canais-forca
Time1=force(:,1);
FN=force(:,2);
FT=force(:,3);
Ciclo=force(:,4);
Sinc=force(:,5);
%Ajustando o zero do pedal
FN=FN-FNmean;
FT=FT-FTmean;
clear('FNmean','FTmean');
%Cortando o sinal de forza apos o sinc
plot(Sinc);
hold on;
h=msgbox('Choose the point that indicates the initial
sinc');
waitfor(h);
[x,y]=ginput(1); % choose one point with mouse
x=round(x);
datacut1=x(1); %Determining the points to cut
the signal
Time1=Time1(datacut1:Npoints1); %Cortando
os sinais
FN=FN(datacut1:Npoints1);
FT=FT(datacut1:Npoints1);
Ciclo=Ciclo(datacut1:Npoints1);
close all;

clear('Sinc','x','y','datacut1','h');
%filtrando ciclo e forza (FN e FT)
Npoints1=length(Time1);
TimeMax1=max(Time1);
TimeMin1=min(Time1);
TimeMax1=(TimeMax1-TimeMin1);
SR1=round(Npoints1/TimeMax1); %Achando a
frequencia de amostragem
SR1=2*(10/SR1); %relacao entre
frequencia de corte e frequencia de amostragem

[B,A]=butter(3,SR1,'low'); %construindo o
filtro butterworth de ordem 3
cicofilt=filter(B,A,Ciclo); %filtrando o sinal
% clear('Ciclo'); %deletando variavel
ciclo
clear('SR1','TimeMax1','TimeMin1');
%Filtrando o sinal de forza
FN=filter(B,A,FN);
FT=filter(B,A,FT);
clear('B');
%Variaveis cinematicas para sincronizar com a
forca
% CentPedX=cinematria(:,2);
CentPedY=cinematria(:,3);
Npoints2=length(CentPedY);
%Normalizando CentPedY pelo max do mesmo
CentPedYmax2=max(CentPedY);
CentPedY2=CentPedY/CentPedYmax2;
clear('CentPedYmax2','CentPedY');
%define number of cycles
counter=0;
for j= 1:Npoints2
    if CentPedY2(j)>0.9 ee
CentPedY2(j+1)>CentPedY2(j)
        A=j;
        if A+5>Npoints2
            break
        end
        [Y,I]=max(CentPedY2(A:A+1));
        counter = counter+1;
        Peak2(counter) = I+A-1;
    end
end

%Confirmation of the first and the last point of
Peak2
stem(Peak2);
hold on;
h=msgbox('Choose the first and the sixty point that
indicates the 5 cycles limit');
waitfor(h);
[x,y]=ginput(2); % choose two point with mouse
x=round(x);
y=round(y);
s=Peak2(x);
Peak2=s; %Determining the points of the
beginning and the end of kinematic file
clear('x','y','h','s');
close all;
%Peak2 = downsample(Peak2,2);
Sinc2=min(Peak2);
clear('CentPedY2','counter','Y','J','q','I','A');
%Normalizando cicofilt pelo max do mesmo
cicofiltmax2=max(cicofilt);
cicofilt2=cicofilt/cicofiltmax2;
clear('cicofiltmax2','cicofilt');
%Achando primeiro ponto max no ciclo - force data
counter=0;
q=1;
for j= 1:Npoints1

```

```

    if ciclofilt2(j)>0.85 ee ciclofilt2(j+1)>ciclofilt2(j) ee
    q>0
        A=j;
        if A+100>Npoints1
            break
        end
        [Y,l]=max(ciclofilt2(A:A+25));
        counter = counter+1;
        Peak1(counter) = l+A-1;
        q = -100; %tells us that we hit the
top, and then wait 30 samples
        end
        q=q+1;
    end
    Sinc1=min(Peak1);
    %Achando ponto no reed switch referente ao zero
    graus do PDV
    rswitch=input('Informe o angulo do PDV do reed
switch:');
    npoints=length(Peak1);
    for i=1:npoints-1
        diffPeak1(:,i)=Peak1(i+1)-Peak1(i);
    end
    clear('npoints');
    cyclemax=rswitch+360;
    factorPeak1=360./diffPeak1;
    ncycles=6;
    clear('diffPeak1');
    %Definindo ciclos completos da forca para
sincronizar
    cycle1=(rswitch:factorPeak1(1):cyclemax);
    cycle2=(rswitch:factorPeak1(2):cyclemax);
    cycle3=(rswitch:factorPeak1(3):cyclemax);
    cycle4=(rswitch:factorPeak1(4):cyclemax);
    cycle5=(rswitch:factorPeak1(5):cyclemax);
    cycle6=(rswitch:factorPeak1(6):cyclemax);
    clear('cyclemax','factorPeak1');
    pointcycle1=(Peak1(1):Peak1(1+1));
    pointcycle2=(Peak1(2):Peak1(2+1));
    pointcycle3=(Peak1(3):Peak1(3+1));
    pointcycle4=(Peak1(4):Peak1(4+1));
    pointcycle5=(Peak1(5):Peak1(5+1));
    pointcycle6=(Peak1(6):Peak1(6+1));
    x1=min(find(cycle1>359 e cycle1<361));
    x2=min(find(cycle2>359 e cycle2<361));
    x3=min(find(cycle3>359 e cycle3<361));
    x4=min(find(cycle4>359 e cycle4<361));
    x5=min(find(cycle5>359 e cycle5<361));
    x6=min(find(cycle6>359 e cycle6<361));
    Peak11=pointcycle1(x1);
    Peak12=pointcycle2(x2);
    Peak13=pointcycle3(x3);
    Peak14=pointcycle4(x4);
    Peak15=pointcycle5(x5);
    Peak16=pointcycle6(x6);
    clear('cycle1','cycle2','cycle3','cycle4','cycle5','cycle6'
);
    clear('x1','x2','x3','x4','x5','x6');
    %Criando Variavel Tempo da cinemetria
    SR2=40; %Sample rate =
180Hz
    TimeMax2=Npoints2/SR2; %Achando
o tempo total de coleta
    TimePoint=TimeMax2/Npoints2;
    %Determinando a amostragem da cinemetria em
relacao ao tempo
    Time2=(TimePoint:TimePoint:TimeMax2);
    %Variavel com o tempo da cinemetria
    Time2=Time2';
    clear('TimeMax2');
    %Sincronizando dados de cinemetria (PDV no 360)
    %Recortar sinal de cinemetria pelo Sinc2 (Sinc
inicial)
    %Limite do arquivo para 5 ciclos
    cinemetria2=cinemetria(Sinc2:Peak2(2),:);
    Time2=Time2(Sinc2:Peak2(2));
    Npoints2=length(cinemetria2);
    %Sincronizando cada ciclo da forca com a
cinemetria
    FN1=FN(Peak11:Peak12);
    FN2=FN(Peak12:Peak13);
    FN3=FN(Peak13:Peak14);
    FN4=FN(Peak14:Peak15);
    FN5=FN(Peak15:Peak16);
    FT1=FT(Peak11:Peak12);
    FT2=FT(Peak12:Peak13);
    FT3=FT(Peak13:Peak14);
    FT4=FT(Peak14:Peak15);
    FT5=FT(Peak15:Peak16);
    Ciclo1=Ciclo(Peak11:Peak12);
    Ciclo2=Ciclo(Peak12:Peak13);
    Ciclo3=Ciclo(Peak13:Peak14);
    Ciclo4=Ciclo(Peak14:Peak15);
    Ciclo5=Ciclo(Peak15:Peak16);
    Time11=Time1(Peak11:Peak12);
    Time12=Time1(Peak12:Peak13);
    Time13=Time1(Peak13:Peak14);
    Time14=Time1(Peak14:Peak15);
    Time15=Time1(Peak15:Peak16);

clear('Peak11','Peak12','Peak13','Peak14','Peak15','
Peak16');
%Concatenando sinal de forca em arquivo unico
para sub-amostragem
FNa=cat(1, FN1, FN2, FN3, FN4, FN5);
FTa=cat(1, FT1, FT2, FT3, FT4, FT5);
Cicloa=cat(1, Ciclo1, Ciclo2, Ciclo3, Ciclo4, Ciclo5);
Time1a=cat(1, Time11, Time12, Time13, Time14, Time
15);
clear('FN1','FN2','FN3','FN4','FN5','FN6');
clear('FT1','FT2','FT3','FT4','FT5','FT6');
clear('Ciclo1','Ciclo2','Ciclo3','Ciclo4','Ciclo5','Ciclo6'
);
clear('Time11','Time12','Time13','Time14','Time15','
Time16');
Npoints1a=length(FNa);
%Sub-amostrando sinal de forca para 40Hz
for i=1:Npoints1a
    if i*10>Npoints1a
        break
    end
    Time1b(i,1)=mean(Time1a((i-1)*10+1:i*10));
    FNb(i,1)=mean(FNa((i-1)*10+1:i*10));
    FTb(i,1)=mean(FTa((i-1)*10+1:i*10));
    Ciclob(i,1)=mean(Cicloa((i-1)*10+1:i*10));
end
clear('Npoints1a','Npoints2');
Npoints1=length(Time1b);
Time1=Time1b;
FN=FNb;
FT=FTb;
Ciclo=Ciclob;
clear('Time1a','FNa','FTa','Cicloa');

```

```

%Corrigindo cinematria para Npoints da forza
cinematria3=interpft(cinematria2,Npoints1);
%Escalando as forcas no pedal
FN=FN*243.4599;
FT=FT*126.0902;
%Calculando a FR
FNpower=FN.*FN;
FTpower=FT.*FT;
Fplus=FNpower+FTpower;
FR=sqrt(Fplus);
clear('FNpower','FTpower','Fplus');
%-----
--
%Cinematria
% %filtrando dados cinematicos
% SRr2=2*(5/SR2);
% [B,A]=butter(4,SRr2,'low'); %construindo o
filtro butterworth de ordem 4 (ReiserII, 2002)
% cinematriafilt=filfilt(B,A,cinematria);
% clear('A','B','SRr2');

%separando os canais-cinematria
% Time2=cinematria(:,1);
CentPedX=cinematria3(:,2);
CentPedY=cinematria3(:,3);
PedAntX=cinematria3(:,4);
PedAntY=cinematria3(:,5);
PedPostX=cinematria3(:,6);
PedPostY=cinematria3(:,7);
%Calculando o eixo do PDV
for i=1:Npoints1
    PDVX(i,1)=median(CentPedX);
    PDVY(i,1)=median(CentPedY);
end
%Escalando cinematria pelo tamanho do PDV
pdv=input('Tamanho do PDV em metros:');
%Tamanho em metros
distX=PDVX-CentPedX;
distY=PDVY-CentPedY;
PDV=median(sqrt((distY.*distY)+(distX.*distX)));
escala=pdv./PDV;
%Determinando tamanho do segmento PDV
PDV=pdv;
clear('pdv');
%Escalando variaveis cinematicas
CentPedX=escala.*CentPedX;
CentPedY=escala.*CentPedY;
PedAntX=escala.*PedAntX;
PedAntY=escala.*PedAntY;
PedPostX=escala.*PedPostX;
PedPostY=escala.*PedPostY;
PDVX=escala.*PDVX;
PDVY=escala.*PDVY;
clear('escala');
%Determinando segmento superficie do pedal
distX=PedAntX-PedPostX;
distY=PedAntY-PedPostY;
Pedal=median(sqrt((distY.*distY)+(distX.*distX)));
clear('distX','distY');
%Pedal Angle
SegVert=PedAntY-CentPedY;
SegAntPed=Pedal/2;
SinPedalAngle=SegVert./SegAntPed;
PedalAngle=SinPedalAngle.*90;
PedalAngle=PedalAngle.*-1;
clear('SegVert','SegAntPed','SinPedalAngle');

%Calculando o angulo do PDV para ajustar o off-
set do reed switch
rvcrankR=[PDVX,PDVY]-[CentPedX,CentPedY];
rxcrankR=rvcrankR(:,1);
rzcrankR=rvcrankR(:,2);
rangcrR=atan2(rxcrankR,rzcrankR);
CrankAngle=(rangcrR*180/pi)+180;
clear('rvcrankR','rxcrankR','rzcrankR','rangcrR');
%Relative angle (PedalAngle + CrankAngle)
RelAngle=PedalAngle+CrankAngle;
RelAnglemin=min(RelAngle);
RelAngle=RelAngle-RelAnglemin;
PedalAngle=PedalAngle.*-1;
%Effective force
Sin=sind(RelAngle);
Cosin=cosd(RelAngle);
FNperp=FN.*Sin;
FTperp=FT.*Cosin;
FE=FNperp-FTperp;
FE=FE.*-1;
clear('Sin','Cosin','FNperp','FTperp','RelAnglemin');
%Ratio of Effectiveness
RE=FE./FR;
%Concatenando CrankAngle para achar o ultimo
ciclo
CrankAngle2=cat(1,CrankAngle,CrankAngle);
Npoints=length(CrankAngle2);
%Definindo numero de ciclos
counter=0;
for j= 1:Npoints
    if CrankAngle2(j)>0 ee CrankAngle2(j)<30
        A=j;
        if A+5>Npoints
            break
        end
        [Y,l]=min(CrankAngle2(A:A+1));
        counter = counter+1;
        Peak(counter) = l+A-1;
    end
end
clear('counter','Y','j','q','l','A','i','CrankAngle2');
%Confirmation of the first and the last point of
Peak2
stem(Peak);
hold on;
h=msgbox('Choose the six points that limits the 5
cycles');
waitfor(h);
[x,y]=ginput(6); % choose two point with mouse
x=round(x);
y=round(y);
s=Peak(x);
Peak=s; %Determining the points of the
beginning and the end of kinematic file
clear('x','y','h','s');
close all;
%Limando peak p/deixar apenas 1 valor minimo
%Peak = downsample(Peak,2);
if Peak(6)>Npoints1
    Peak(6)=Peak(6)-1;
else
    Peak(6)=Peak(6);
end
%Cortando os ciclos - sub-rotina cutcycles5.m
ncycles=5;
[FEall,FEmedian,FESE]=cutcycles5(FE,Peak,ncycle
s);

```

```

[FRall,FRmedian,FRSE]=cutcycles5(FR,Peak,ncycles);
[FNall,FNmedian,FNSE]=cutcycles5(FN,Peak,ncycles);
[FTall,FTmedian,FTSE]=cutcycles5(FT,Peak,ncycles);
[REall,REmedian,RESE]=cutcycles5(RE,Peak,ncycles);
[CrankAngleall,CrankAnglemedian,CrankAngleSE]=cutcycles5(CrankAngle,Peak,ncycles);
[PedalAngleall,PedalAnglemedian,PedalAngleSE]=cutcycles5(PedalAngle,Peak,ncycles);
[RelAngleall,RelAnglemedian,RelAngleSE]=cutcycles5(RelAngle,Peak,ncycles);
Npoints=length(FEmedian);
%Analizando angulo do pedal - em graus
%Max e min
MaxPedalAngle=max(PedalAngleall);
MinPedalAngle=min(PedalAngleall);
%ROM
ROMPedalAngle=MaxPedalAngle-MinPedalAngle;
%Mean
MeanPedalAngle=mean(PedalAngleall);
%Calculando cadência media - em RPM
diffTime11=(Time1(Peak(2)))-(Time1(Peak(1)));
diffTime12=(Time1(Peak(3)))-(Time1(Peak(2)));
diffTime13=(Time1(Peak(4)))-(Time1(Peak(3)));
diffTime14=(Time1(Peak(5)))-(Time1(Peak(4)));
diffTime15=(Time1(Peak(6)))-(Time1(Peak(5)));
TimeCadence=[diffTime11; diffTime12; diffTime13; diffTime14; diffTime15];
clear('diffTime11', 'diffTime12', 'diffTime13', 'diffTime14', 'diffTime15');
MeanCadence=mean(TimeCadence);
StdCadence=std(TimeCadence);
StdCadence=StdCadence*(60/MeanCadence)/MeanCadence;
MeanCadence=60/MeanCadence;
Cadence=60./TimeCadence;
Cadence=Cadence';
CicloTime=mean(TimeCadence);
%Calculando o impulso da FE e FR - em N.s
IFEall=max(cumsum(FEall))./360;
TimeCadence=TimeCadence';
IFEall=IFEall.*TimeCadence;
IFRall=max(cumsum(FRall))./360;
IFRall=IFRall.*TimeCadence;
%Calculando o IE
IEall=IFEall./IFRall;
%Calculando Torque - em N.m
Torque=FE.*PDV;
[Torqueall,Torquemedian,TorqueSE]=cutcycles5(Torque,Peak,ncycles);
MeanTorque=mean(Torqueall);
%Calculando Potência - em Watts
VelAngularPDV=Cadence.*6;
VelAngularPDVrad=((VelAngularPDV).*2*(pi))./360;
%VelAngularPDVrad=VelAngularPDVrad';
MeanPO=(MeanTorque.*2).*(VelAngularPDVrad);
%VelAngularPDV=VelAngularPDV';
%Calculando PO instantanea - em Watts
for A=1:ncycles
for i=1:Npoints
end
end
clear('A','i')
%Calculando IFE, IFR e IE por fases (propulsao e recuperacao) - em N.s
IFEpropall=max(cumsum(FEall(1:180;:)))./180;
IFErecall=max(cumsum(FEall(181:360;:)))./180;
IFRpropall=max(cumsum(FRall(1:180;:)))./180;
IFRrecall=max(cumsum(FRall(181:360;:)))./180;
IEpropall=IFEpropall./IFRpropall;
IErecall=IFErecall./IFRrecall;
%Calculando FE positiva e FE negativa - em % da FE absoluta
[PercFEposall,PercFENegall,Peak3]=posneg(FEall);
%Sub-rotina posneg.m
%Criando vetor angulo PDV
PDVangle=(1:1:360);
PDVangle=PDVangle';
%Compactando dados para exportar
Exportdata=[PDVangle,FEmedian,FESE,FRmedian,FRSE,FNmedian,FNSE,FTmedian,FTSE,REmedian,RESE,PedalAnglemedian,PedalAngleSE,Torquemedian,TorqueSE];
dlmwrite('curves.txt',Exportdata, ',');
Exportdata2=[MaxPedalAngle;MinPedalAngle;ROMPedalAngle;MeanPedalAngle];
dlmwrite('pedalangle.txt',Exportdata2, ',');

Exportdata3=[Cadence;MeanTorque;VelAngularPDV;MeanPO];
dlmwrite('cadence.txt',Exportdata3, ',');
Exportdata4=[IFEall;IFRall;IEall;IFEpropall;IFRpropall;IEpropall;IFErecall;IFRrecall;IErecall;PercFEposall;PercFENegall];
dlmwrite('impulsos.txt',Exportdata4, ',');
uisave;
function[yall,ymedian,ySE]=cutcycles5(y,Peak,ncycles)
%CUTCYCLES2 cut the variables in n cycles curves. The input arguments
% are the variable data, the signal with the reference signal
% to cut the signal and the number of cycles that will be
% cut. The output variables are the vectors with variable
% median and standard error.
npoints=length(Peak);
for i=1:npoints-1
diffPeak(:,i)=Peak(i+1)-Peak(i);
end
x=max(diffPeak);
for i=1:ncycles
y2=y(Peak(i):(Peak(i+1)));
x2=interpft(y2,x);
y3(:,i)=x2;
end
yall=y3;
yall=interpft(yall,360);
yall=rot90(yall); %Fitting the matrix in counterclock
ymedian=median(yall); %Median curve of n cycles
ymedian=interpft(ymedian,360);
ySE=std(yall)/ncycles; %SE of the n cycles
ySE=interpft(ySE,360);
yall=yall';

```

```

ymedian=ymedian';
ySE=ySE';
function[Percvariableposall,Percvariablenegall,Peak
]=posneg(variable)
%POSITIVE-NEGATIVE gives the positive and
the negative part of a
% variable. Calculates the percentage
of positive and
% negative parts of a curve in relation to
the absolute
% variable. As input you have to give the
vector to be
% analyzed. As output you will have the
percentages of
% positive and negative part of the
variable and the
% npoints of each curve.

ncycles=min(size(variable));
[CUTx,CUTy]=find(variable>0); %Finding the
npoints of the positive part
CUTxa=cat(1,CUTx,ncycles,ncycles);
npoints=length(CUTxa);
counter=0;
q=1;
for j= 1:npoints
    if CUTxa(j)>355 ee CUTxa(j+1)>CUTxa(j) ee q>0
        A=j;
        if A+2>npoints
            break
        end
        [Y,I]=max(CUTxa(A:A+4));
        counter = counter+1;
        Peak(counter) = I+A-1;

        q = -100; %tells us that we hit the
top, and then wait 30 samples
    end
    q=q+1;
end

npoints=length(variable);
Percvariableposall(:,1)=Peak(1)/npoints;
%Percentage of positive part of each curve
for A=2:ncycles
    Percvariableposall(:,A)=(Peak(A)-Peak(A-
1))/npoints;
end
Percvariablenegall=1-Percvariableposall;
%Percentage of negative part of each curve

```