

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO
MOVIMENTO HUMANO**

**O USO DO “*FEEDBACK*” VISUAL AUMENTADO NA
APRENDIZAGEM DA TÉCNICA DA PEDALADA DO
CICLISMO**

GUILHERME GARCIA HOLDERBAUM

PORTO ALEGRE, JANEIRO DE 2006.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO
MOVIMENTO HUMANO**

**O USO DO “*FEEDBACK*” VISUAL AUMENTADO NA
APRENDIZAGEM DA TÉCNICA DA PEDALADA DO
CICLISMO**

GUILHERME GARCIA HOLDERBAUM

ORIENTADOR: PROF. DR. ANTÔNIO CARLOS S. GUIMARÃES

**Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciência do Movimento
Humano da Escola de Educação Física da
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul como requisito parcial para a
obtenção do título de Mestre.**

PORTO ALEGRE, JANEIRO DE 2006.

Este trabalho é dedicado

à minha filha Lara.

Agradecimentos

- A **Deus** pela saúde, por sempre me acompanhar e por me conceder a dádiva de poder atuar na área que escolhi como profissão: a Educação Física.
- Ao **Prof. Dr. Antônio Carlos Stringhini Guimarães** (*in memoriam*), pela oportunidade de cursar o mestrado, pela confiança em mim depositada, por todos os valores, conselhos e princípios éticos ensinados, os quais carregarei comigo durante toda minha vida e tentarei transmitir àqueles que me cercam. Obrigado Professor, por me deixar fazer parte do seu grupo (ao qual eu tenho muita honra) e por ter se tornado uma referência em minha vida profissional e pessoal.
- Ao **Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano – PPGCMH**, pelo apoio ao longo do projeto e pela qualidade do ensino.
- Aos membros da **Banca de Avaliação**, pela atenção dispensada ao longo do projeto:
 - Prof. Dr. Ricardo Demétrio de Souza Petersen (UFRGS).**
 - Profa. Dra. Cláudia Tarragô Candotti (UNISINOS).**
 - Prof. Dr. Cássio de Miranda Meira Júnior (USP).**
- Ao **Prof. Ms. Flávio Antônio de Souza Castro**, pela amizade, paciência, capacidade acadêmica e por todo apoio e auxílio ao longo deste trabalho, especialmente na fase final e nos momentos mais difíceis, minha eterna gratidão e admiração.

- Ao **Prof. Dr. Marco Aurélio Vaz**, pelos conselhos ao longo da minha caminhada acadêmica e principalmente pelo acolhimento na fase final da dissertação, o qual foi determinante ao longo deste trabalho.
- Ao meu excepcional **grupo de pesquisa** e a toda minha equipe de coleta: **Ana Paula Karolczak, Feliciano Bastos, Aline Tamborindeguy, Orlando Laitano, Fernando Diefenthaler, Rafael Batista, Daniel Bagatini, Carina Fraga, Érico Silveira, Geovane, Felipe Carpes, Eduardo Nabinger.**
- Ao amigo **Prof. Rodrigo Rico Bini**, por todo seu auxílio, dedicação e disposição ao longo de todo este trabalho e por estar sempre pronto para me ajudar, muito obrigado.
- Aos amigos da **212**, obrigado pelo apoio, auxílio e por todos os momentos de alegria e descontração.
- A todos os **amigos e colegas do Lapex**, que durante essa caminhada sempre me ensinaram muito.
- Aos amigos **Prof. Dr. Márcio Oliveira, Profa. Dra. Cíntia Freitas, Prof. Jerri Ribeiro** pelos conselhos e ensinamentos ao longo desta caminhada.
- Ao **Prof. Dr. Jéferson Fagundes Loss**, pelo auxílio ao longo deste trabalho.
- Aos amigos do Lapex: **Dani, Luciano, Márcia, Alex, Carla e Luís**, pela amizade, competência e por todo apoio durante essa caminhada.
- Aos amigos do PPGCMH: **André, Rosane e Ana**, pelo carinho, paciência e dedicação durante todos esses anos.

- Em especial, agradeço à **Profa. Dra. Cláudia Tarragô Candotti**, pela amizade, carinho, atenção, disponibilidade e por me guiar durante toda a graduação e me conduzir “ao mundo da pesquisa”. Obrigado professora, pelo seu acolhimento e principalmente, por acreditar no meu trabalho, na minha competência e por servir de exemplo profissional.
- À equipe diretiva do **Colégio estadual Ivo Bülher**, em especial à **Diretora Elza**, obrigado pela compreensão e apoio ao longo deste estudo e por ceder o espaço para coletas.
- Aos amigos da escolinha de futebol **LC Wink**, por permitir a participação dos seus alunos neste estudo.
- Aos **indivíduos participantes do estudo**, sem os quais este não se realizaria.
- Ao meu sogro **Sérgio** e sogra **Heloísa**, pelo carinho ao qual fui recebido na família e por estarem sempre do meu lado.
- Aos meus queridos amigos e cunhados **Bárbara, Mauro e Camila**, pelo carinho, amor e atenção dedicados a minha família, especialmente à Lara.
- Aos meus Avós **Emílio** (*in memorian*) e **Irmã** (*in memorian*) que de algum lugar iluminaram meu caminho nesta trajetória.
- Ao meu Irmão **Fernando** pelo apoio durante as coletas de dados e por servir como um segundo pai para minha filha.
- Aos meus Avós **Nélcio** e **Thereza**, pelo incentivo, amor e carinho, por estarem sempre prontos para me ajudar no que for preciso e principalmente por não me deixar esmorecer diante das dificuldades.

- Aos meus Pais **Enio e Eliane**, por todos os valores que foram passados ao longo de toda a minha vida, por estarem sempre comigo nos momentos mais difíceis, por acreditarem sempre na minha capacidade e principalmente pelo amor, carinho e dedicação aos quais fui criado, obrigado por tudo.
- À minha esposa **Débora**, pelo amor, incentivo, compreensão e por estar sempre do meu lado nos momentos mais difíceis. Obrigado por ter entrado na minha vida e por me deixar fazer parte da tua.
- À minha filha **Lara**, minha fonte de luz e inspiração, que sempre me recebeu de braços abertos e, com apenas um sorriso, transformou cada segundo de angústia, em horas de alegria, muito obrigado filha.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E UNIDADES	11
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE EQUAÇÕES	16
LISTA DE TABELAS	17
RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	21
1 INTRODUÇÃO	23
1.1 Objetivos	26
1.1.1 Objetivo Geral	26
1.1.2 Objetivos Específicos	26
2 REVISÃO DA LITERATURA	27
2.1 Aprendizagem Motora	27
2.1.1 Aprendizagem Motora e Desempenho.....	28
2.1.2 Aprendizagem Motora e Controle Motor	32
2.1.3 Aprendizagem Motora e Armazenamento de Informações	33
2.1.3.1 Fatores de memorização	37
2.1.3.2 Teorias Relacionadas com o Armazenamento de Informações	40
2.1.4 Aprendizagem Motora e diferentes tipos de <i>Feedback</i>	44
2.1.5 Aprendizagem Motora e <i>Feedback</i> Visual Aumentado no Ciclismo	53
2.2 Biomecânica do Ciclismo	57
2.2.1 Técnica da Pedalada.....	58
2.2.1.1 Ciclo da Pedalada: Fases e Quadrantes	58
2.2.1.2 Forças Envolvidas na Pedalada	61
2.2.1.3 Índice de Efetividade na Pedalada	72
2.2.1.4 Fatores que Influenciam a Técnica da Pedalada	76
2.3 Fisiologia no Ciclismo.....	79
2.3.1 Economia de Movimento.....	81
2.3.2 Cadências de Pedalada	83
2.4 Considerações sobre a Literatura	85
3 METODOLOGIA:	91
3.1 Problema	91
3.2 Hipóteses.....	91

3.3 Classificação e Definição Operacional das Variáveis	92
3.3.1 Variáveis Independentes.....	92
3.3.2 Variáveis Dependentes	93
3.3.3 Variáveis de Controle	94
3.4 População e Amostra	95
3.4.1 Características Antropométricas da Amostra	97
3.5 Desenho Experimental da Pesquisa	99
3.6 Procedimentos de Aquisição.....	100
3.6.1 Período de Pré-experimento	100
3.6.2 Sessões de Prática	109
3.6.3 Período de Pós-experimento.....	119
3.7 Processamento dos Dados.....	120
3.8 Tratamento Estatístico dos Dados	122
4 Apresentação dos Resultados	123
4.1 Índice de Efetividade ao Longo do Ciclo da Pedalada	124
4.2 Taxa de Efetividade ao Longo do Ciclo da Pedalada	126
4.3 Índice de Efetividade nas Fases de Propulsão e Recuperação do Ciclo da Pedalada.....	130
4.4 Força Efetiva Positiva e Força Efetiva Negativa ao Longo do Ciclo da Pedalada	138
4.5 Economia de Movimento.....	144
5 Discussão dos Resultados.....	148
5.1 Índice de Efetividade ao longo do ciclo da pedalada	149
5.2 Taxa de Efetividade ao longo do ciclo da pedalada	157
5.3 Índice de efetividade nas fases de propulsão e recuperação do ciclo da pedalada	160
5.4 Força Efetiva positiva e Força Efetiva negativa ao longo do ciclo da pedalada	171
5.5 Economia de Movimento ao longo da pedalada	180
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	184
7 LIMITAÇÕES DO ESTUDO	186
8 PERSPECTIVAS FUTURAS.....	188
REFERÊNCIAS.....	189
ANEXOS	196
ANEXO 1: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	197
ANEXO 2: Ficha de avaliação física para pareamento da amostra	204

ANEXO 3: Rotina de Processamento para correção do acoplamento entre as forças normal e tangencial desenvolvida no *software* MATLAB..... 205

ANEXO 4: Comparação do tempo e fornecimento de *feedback* de estudos referenciados na literatura..... 206

ANEXO 5: Rotinas de Processamento de dados 207

Rotina Pré-experimento 207

Rotina Sessões de Aprendizagem (1 ao 6)..... 210

Rotina Sessão de Aprendizagem (7) 213

Rotina Pós-experimento..... 216

ANEXO 6: Valores dos testes estatísticos formais de normalidade, esfericidade e equivalência de variâncias..... 219

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E UNIDADES

α	Nível de significância adotado.
cm	Centímetro, unidade de comprimento.
EC	Economia de movimento.
FA	<i>Feedback</i> aumentado.
FC	Frequência cardíaca.
FCM	Frequência cardíaca máxima.
FE	Força efetiva.
FI	Força inefetiva.
FR	Força resultante.
FVA	<i>Feedback</i> visual aumentado.
F _x	Componente tangencial da força aplicada ao pedal.
F _y	Componente normal da força aplicada ao pedal.
IE	Índice de efetividade.
Kg	Quilograma, unidade de massa.
Kj.l ⁻¹	Quilojoule por litro, unidade de economia de movimento.
l.min ⁻¹	Litros por minuto, unidade de consumo de oxigênio.
mm	Milímetros, unidade de comprimento.
N	Newton, unidade de força.
%	Percentual

p	Nível de significância calculado.
PMS	Ponto morto superior.
rpm	Rotações por minuto.
s	Segundo, unidade de tempo.
SAD32	<i>Software</i> sistema de aquisição de dados.
Sp	Série de pedalada.
TE	Taxa de efetividade.
VO ₂	Consumo de oxigênio.
VO _{2máx}	Consumo máximo de oxigênio.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Ciclo da pedalada dividido em duas fases: propulsão e recuperação e quatro quadrantes: o 1º de 0º a 90º, o 2º de 90 a 180º, o 3º de 180º a 270º e o 4º de 270º a 360º. 60
- Figura 2 - Combinação ideal das forças aplicadas ao pedal ao longo do ciclo da pedalada (DIEFENTHAELER, 2004). 61
- Figura 3 - Componente tangencial da força (f_x) aplicada paralelamente à superfície do pedal e componente normal da força (f_y) aplicada perpendicularmente à superfície do pedal. 63
- Figura 4 - A partir da decomposição das componentes tangencial da força (f_x) e normal da força (f_y) tem-se a força resultante (FR) aplicada ao pedal (CANDOTTI, 2003). 65
- Figura 5 - Ângulo relativo do pedal e ângulo do pé-de-vela 66
- Figura 6 - Força Efetiva (FE) aplicada perpendicularmente ao pé-de-vela, contribuindo para propulsão da bicicleta e Força Inefetiva (FI) aplicada paralelamente ao pé-de-vela, não contribuindo para a propulsão da bicicleta. 67
- Figura 7 - Componente tangencial da força aplicada perpendicularmente ao pé-de-vela (F_x^\perp). 68
- Figura 8 - Componente normal da força aplicada perpendicularmente ao pé-de-vela (F_y^\perp). 69
- Figura 9 – Cicloergômetro computadorizado ERGOFIT modelo ERGOCYCLE 167 (ENRAF NONIUS, Sweden) utilizado para mensuração do $VO_{2máx}$ 101
- Figura 10 – Ergoespirômetro CPX/D (Medical Graphics Corp., St. Louis, USA). 102
- Figura 11 - Cicloergômetro modelo GIH – Stockholm (MONARK, Sweden) com ajuste manual de carga equipada com sistema de mensuração de força (A indica o pedal-plataforma de força). 103
- Figura 12 – A indica o potenciômetro (Spectrol, Otario,USA) acoplado ao pedal-plataforma. 106

- Figura 13 – Sensor eletromagnético. A indica um ímã fixado no cicloergômetro e B indica um ímã fixado no pé-de-vela (vista superior)..... 107
- Figura 14 – Sensor eletromagnético. A indica um ímã fixado no cicloergômetro (vista frontal). 108
- Figura 15 – Planilha de orientação das forças ao longo do ciclo da pedalada apresentada ao indivíduo nos intervalos da série de pedalada durante a interação do avaliador com o avaliado. 113
- Figura 16 – Curva de FE utilizada como referência a ser alcançada no FVA. 114
- Figura 17 - Comparação das médias de IE entre os grupo experimental e controle nos três momentos. O colchete (\square) indica diferença significativa inter-grupos. 125
- Figura 18 - Taxa de efetividade do grupo experimental ao longo do ciclo da pedalada durante os três momentos de avaliação (pré, pós e retenção); n = 10. 126
- Figura 19 - Taxa de efetividade do grupo controle ao longo do ciclo da pedalada durante os três momentos de avaliação (pré, pós e retenção), n = 9. 127
- Figura 20 - Taxa de efetividade média dos grupos experimental e controle sobrepostos no momento pré ao longo do ciclo da pedalada. 128
- Figura 21 - Taxa de efetividade média dos grupos experimental e controle sobrepostos no momento pós ao longo do ciclo da pedalada..... 129
- Figura 22 - Taxa de efetividade média dos grupos experimental e controle sobrepostos no momento retenção ao longo do ciclo da pedalada. 130
- Figura 23 - Comparação de índice de efetividade no grupo experimental na fase de Propulsão do Ciclo da Pedalada. O colchete (\square) indica diferença significativa, n = 10..... 131
- Figura 24 - Comparação de índice de efetividade no grupo controle na fase de Propulsão do Ciclo da Pedalada. O colchete (\square) indica diferença significativa, n = 9..... 132
- Figura 25 - Comparação das médias de índice de efetividade na fase de propulsão inter-grupos. O colchete (\square) indica diferença significativa. 134
- Figura 26 - Comparação de IE do grupo experimental na fase de recuperação do Ciclo da Pedalada. O colchete (\square) indica diferença significativa. 135

- Figura 27 - Comparação de IE no grupo controle na fase de recuperação do Ciclo da Pedalada. O colchete (\square) indica diferença significativa. 136
- Figura 28 - Comparação de IE inter-grupos na fase de recuperação do Ciclo da Pedalada. O colchete (\square) indica diferença significativa. 138
- Figura 29 - Força Efetiva positiva e negativa (%) do grupo experimental nos três momentos avaliados. Letras iguais indicam diferença significativa..... 139
- Figura 30 - Força Efetiva positiva e negativa (%) do grupo controle nos três momentos avaliados. Letras iguais indicam diferença significativa..... 141
- Figura 31 – Comparação das médias de Força Efetiva positiva e negativa (% do total de FE aplicada) dos grupos experimental e controle nos três momentos avaliados. Letras iguais indicam diferença significativa. 142
- Figura 32 - Comparação entre os períodos de pré e retenção do grupo experimental. O colchete (\square) indica diferença significativa..... 145
- Figura 33 - Comparação entre os momentos pré e retenção do grupo controle. O colchete (\square) indica diferença significativa. 146
- Figura 34 - Comparação da Economia de movimento dos grupos experimental e controle. O colchete (\square) indica diferença significativa..... 147

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Força resultante	64
Equação 2 – Força efetiva	67
Equação 3 – Impulso linear da força efetiva	75
Equação 4 – Impulso linear da força resultante	75
Equação 5 – Índice de efetividade	76
Equação 6 – Taxa de efetividade	76
Equação 7 - Economia de movimento.....	82
Equação 8 - Potência	82
Equação 9 – Cálculo do percentual de gordura (%G) quando somatório das dobras cutâneas é maior do que 35 mm.....	96
Equação 10 - Cálculo do percentual de gordura (%G) quando somatório das dobras cutâneas é menor do que 35 mm.....	96

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1– Indivíduo (N), idade (anos), estatura (cm), massa (kg), dobras cutâneas (mm): tricipital (TR), subescapular (SB), suprailíaca (SUP), abdominal (ABD), peitoral (PEIT), axilar (AX), bicipital (BC), coxa (CX), perna (PE); somatório de dobras cutâneas (mm) (Soma) e percentual de gordura % G (LOHMAN, 1987). 98
- Tabela 2 - Periodização dos tempos de FVA para o grupo experimental e FA para o grupo controle durante a realização das sessões de prática (sp indica a série de pedalada de onde foram registrados os sinais de força). 117
- Tabela 3 - IE (%) dos grupos experimental e controle nos três momentos; n = número de indivíduos em cada grupo. Letras iguais indicam diferenças estatísticas ($p < 0,05$). 124
- Tabela 4 - Média \pm d.p. de VO_2 ($l \cdot \text{min}^{-1}$) durante os testes de obtenção das forças; n = número de indivíduos em cada grupo. 144

RESUMO

HOLDERBAUM, G. G. O uso do “*feedback*” visual aumentado na aprendizagem da técnica da pedalada do ciclismo. *Dissertação de Mestrado*. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano. Escola de Educação Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. O ciclismo é um esporte altamente competitivo e extremamente técnico. Em função disso, o ensino da técnica da pedalada é fundamental para uma boa performance. Tendo em vista a reduzida quantidade de estudos sobre o ensino do ciclismo, o objetivo deste estudo foi de, no processo de ensino-aprendizagem da técnica da pedalada do ciclismo, verificar a influência do feedback aumentado oral e visual acerca da cinética do movimento, e com isso melhorar (1) o índice de efetividade (IE) ao longo do ciclo da pedalada, (2) o IE nas fases de propulsão e recuperação, bem como aumentar (3) a aplicação de força efetiva (FE) positiva e (4) diminuir a aplicação de FE negativa ao longo do ciclo da pedalada e (5) aumentar a economia de movimento (EC) durante a pedalada. Participaram deste estudo 19 sujeitos do sexo masculino, não-ciclistas, estudantes de uma escola estadual do município de Montenegro divididos em grupo experimental (n=10) e grupo controle (n=9). O desenho experimental constou de três etapas: (1) período de pré-experimento, (2) sessões de aprendizagem e (3) período de pós-experimento. O período de pré-experimento foi dividido em dois dias de avaliação, sendo o primeiro para determinação do $VO_{2máx}$ e o segundo para a realização da normalização fisiológica da carga de trabalho utilizada nas sessões de aprendizagem, correspondente a 60% do $VO_{2máx}$. As sessões de aprendizagem

foram realizadas durante 7 dias, com a duração de trinta minutos para cada sujeito. Durante as sessões de aprendizagem, o grupo experimental recebeu *feedback* visual aumentado (FVA) e o grupo controle recebeu *feedback* aumentado (FA). O período de pós-experimento também foi dividido em dois dias de avaliação, o primeiro realizado logo após a última sessão de aprendizagem (momento pós) e o segundo realizado uma semana após a realização do momento pós (momento retenção). No período de pós-experimento, nenhum grupo recebeu *feedback* a respeito do seu padrão de pedalada. Para análise dos sinais de força dos indivíduos, foi utilizada uma média de 10 ciclos consecutivos de pedalada. Os resultados mostraram que o FVA exerce um efeito maior no ensino da técnica da pedalada do ciclismo do que o FA, pois o grupo experimental obteve aumentos significativos na média de IE tanto ao longo do ciclo da pedalada, quanto nas fases de propulsão e recuperação. Também foi observado, para o grupo experimental, um aumento significativo na média de aplicação de FE positiva ao longo do ciclo bem como uma redução significativa na média de FE negativa ao longo do ciclo da pedalada. O grupo experimental apresentou também maior EC ao longo da pedalada. Os achados deste estudo mostraram que o FVA apresenta-se como uma importante ferramenta no ensino da técnica da pedalada no ciclismo.

Palavras-chave: ciclismo, ensino da técnica da pedalada, aprendizagem, forças no pedal, índice de efetividade, economia de movimento.

ABSTRACT

HOLDERBAUM, G. G. The use of augmented visual *feedback* in the learning of cycling pedaling technique. *Master thesis*. Human Movement Sciences Graduate Program. School of Physical Education. Federal University of Rio Grande do Sul, 2005. Cycling is a highly competitive and extremely technical sport. Therefore, the pedaling technique needs to be taught to improve cycling performance. Considering the reduced number of studies about the teaching of cycling, the aim of this study was, in the learning processes of cycling pedaling technique, verify the influence of augmented feedback oral and visual about the kinetics movement and thence-forth, to improve (1) the index of effectiveness (IE) along the pedaling cycle, (2) the IE in the propulsion and recovery phases (3) the application of positive effective force (EF), (4) to reduce the application of negative EF along the cycle and (5) to increase the economy of movement during the pedaling cycle. Nineteen male subjects (n=19), non-cyclists, students of a state school of the district of Montenegro participated of this study. They were divided into an experimental group (n=10) and a control group (n=9). The methodological procedures adopted for this study were divided into three stages: (1) pre-experiment period, (2) learning period and (3) post-experiment period. The pre-experiment period was divided in two days of evaluation: the first was use for determination of $VO_{2m\acute{a}x}$ and the second for the accomplishment of the physiologic normalization of the work load used in the learning period which corresponded to 60% of the $VO_{2m\acute{a}x}$. The learning period lasted seven days, with a duration of thirty minutes per session for each

subject. During the learning sessions the experimental group received augmented visual feedback (AVF) and the control group received augmented *feedback* (AF). The post-experiment period was also divided into two days of evaluation, with the first one, immediately after the last learning session, denominated post-test and the second one occurring one week after the post-test, denominated retention test. In the post-experiment period no group received *feedback* regarding their pedaling pattern. Force signals were analyzed by calculating the average force of 10 consecutive pedaling cycles. The results showed that AVF exercises had a larger effect in the teaching of the pedaling technique compared to the AF. The experimental group obtained significant increases in the average of IE along the pedaling cycle, as well as in the IE of the propulsion and recovery phases. Also a significant increase was observed in the mean of application of positive EF and a significant reduction in the mean negative EF along the pedaling cycle. The experimental group also presented larger economy of movement along pedaling cycle. The results showed evidence that AVF is an important tool in the teaching of the pedaling technique of cycling.

Key words: cycling, pedaling technique teaching, motor learning, pedal forces, index of effectiveness, economy of movement.

1 INTRODUÇÃO

O ciclismo é considerado um dos esportes mais tradicionais no mundo, especialmente na Europa, onde se encontram as maiores equipes e os melhores ciclistas da atualidade (DIEFENTHAELER, 2004). Em função disso, o número de investigações sobre este esporte têm aumentado nos últimos anos (CARMO et al., 2001). Pesquisas em diversas áreas do conhecimento, dentre elas, a biomecânica e a fisiologia do exercício, têm contribuído para o desenvolvimento deste esporte (COYLE et al., 1991).

Os estudos relacionados ao ciclismo vêm investigando assuntos voltados à *performance* esportiva, aos limites do rendimento físico e, de forma mais ampla, ao conhecimento do controle motor, da fadiga muscular e de suas possíveis inter-relações no movimento humano (LEPERS et al., 2000).

Pode-se perceber um aumento nos estudos com ênfase na caracterização da técnica da pedalada, mais especificamente, na forma como os ciclistas aplicam e direcionam as forças no pedal da bicicleta (BROKER et al., 1993). Isto deve-se, provavelmente, ao fato de que o ciclismo está se tornando um esporte cada vez mais competitivo, sendo as provas decididas em frações de segundos. Este fato demonstra que esta modalidade é altamente técnica e necessita de estudos aprofundados em relação a sua técnica, para que a mesma possa ser ensinada (HOLDERBAUM et al., 2005) e, dessa forma, melhorar a performance no esporte.

No entanto, poucos são os estudos relacionados com o ensino da técnica da pedalada encontrados na literatura. Esta lacuna pode ser decorrente da dificuldade de se desenvolver estratégias que possam auxiliar no processo de

ensino-aprendizagem deste esporte. Talvez, com a utilização de variáveis biomecânicas e fisiológicas, aliadas a conceitos da aprendizagem motora, seja possível controlar e, até mesmo, ensinar a técnica da pedalada.

Uma estratégia que pode influenciar o processo de ensino-aprendizagem de um gesto técnico é a utilização de *feedbacks* (SANDERSON & CAVANAGH, 1990). *Feedbacks* consistem de informações que surgem como resultado do movimento e são repassadas ao seu executante (GODOY, 1994).

Dentre os tipos de *feedback*, está o visual aumentado (FVA), que consiste de informações transmitidas de forma visual ao executante no final do movimento, complementando a informação oral transmitida pelo professor (SANDERSON & CAVANAGH, 1990; BROKER et al., 1993; HOLDERBAUM et al., 2005). Entretanto, esta informação visual deve representar um componente ou variável fundamental para a realização do movimento (SANDERSON & CAVANAGH, 1990), pois o objetivo do FVA é permitir ao aprendiz verificar a diferença entre o seu padrão de movimento e a referência a ser alcançada para que, através da imagem e das informações fornecidas, ele consiga, mais facilmente, alcançar a técnica almejada de movimento.

Nos estudos encontrados na literatura, o sistema de *feedback* visual aumentado vem sendo utilizado como uma ferramenta determinante no processo de ensino-aprendizagem da técnica da pedalada no ciclismo (SANDERSON & CAVANAGH, 1990; BROKER et al., 1993; HENKE, 1998). Nestes estudos, variáveis biomecânicas, que comumente caracterizam a técnica da pedalada no ciclismo, como a força no pedal e o índice de efetividade, são utilizadas como referência a ser alcançada no FVA.

Embora o FVA seja um dos mais importantes fatores que controlam a *performance* e o aprendizado, parece ser discutível a sua utilização, uma vez que a integralidade da informação visual pode causar dependência ao aprendiz, acarretando em incapacidade de executar o movimento após a remoção do FVA (SANDERSON & CAVANAGH, 1990; SCHMIDT & WRISBERG, 2001). Assim, entende-se necessário o desenvolvimento de estudos que venham elucidar as questões acerca da aprendizagem do ciclismo com a utilização do FVA para a melhoria da técnica da pedalada.

Então, na tentativa de contribuir com estudos já realizados anteriormente e referenciados na literatura, este trabalho buscou reunir três áreas da Educação Física: a Aprendizagem Motora, a Biomecânica e a Fisiologia, utilizando seus conceitos, instrumentos e métodos para desenvolver e aplicar um sistema de *feedback* visual aumentado que possibilite o ensino da técnica da pedalada no ciclismo e mantenha o nível de aprendizado mesmo quando este FVA for removido.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

No processo de ensino-aprendizagem da técnica da pedalada do ciclismo, verificar a influência do feedback aumentado oral e visual acerca da cinética do movimento.

1.1.2 Objetivos Específicos

O objetivo específico deste estudo foi de desenvolver e aplicar uma proposta metodológica para o ensino da técnica da pedalada do ciclismo a partir da verificação do efeito do fornecimento de feedback aumentado (oral) e feedback visual aumentado (oral e visual) mediante a comparação dos resultados obtidos na avaliação das seguintes variáveis:

- (1) Índice de Efetividade (IE) ao longo do ciclo da pedalada.
- (2) IE nas fases de propulsão e recuperação do ciclo da pedalada.
- (3) Força Efetiva (FE) positiva ao longo do ciclo da pedalada.
- (4) FE negativa ao longo do ciclo da pedalada.
- (5) Economia de Movimento (EC) ao longo do ciclo da pedalada.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta revisão são apresentados e discutidos conceitos de três áreas da Educação Física relacionados ao ciclismo: (1) Aprendizagem motora, (2) Biomecânica e (3) Fisiologia. A estrutura desta revisão é composta de três capítulos intitulados de acordo com as três áreas estudadas. Em cada capítulo são discutidos desde generalidades destas áreas, mas relevantes ao tema central, até os assuntos mais específicos relacionados ao ciclismo.

2.1 Aprendizagem Motora

A capacidade de aprender é essencial à existência biológica, pois permite ao organismo adaptar-se a características particulares em seu ambiente (SINGER, 1975; MAGILL, 1984; ROSE, 1997; MAGILL, 2000; SCHMIDT & WRISBERG, 2001; WISHART et al., 2002).

Para seres humanos, a aprendizagem é fundamental, pois seria extremamente difícil para as pessoas passarem pela vida equipadas somente com as capacidades genética e filogeneticamente herdadas. Essas capacidades são definidas como traços estáveis e duradouros que, na sua maioria, são geneticamente determinados e embasam a *performance* dos indivíduos (SCHMIDT & WRISBERG, 2001).

A capacidade de aprender permite aos seres humanos realizar tarefas como caminhar, falar, escrever ou ler, bem como desenvolver habilidades de

movimentos complexos envolvidos em situações do dia-a-dia, nas artes cênicas ou, até mesmo, no esporte (SINGER, 1975; ROSE, 1997; MAGILL, 2000).

A aprendizagem motora vem contribuindo com o desenvolvimento do esporte. Muitos estudos têm tentado, através dos conceitos e técnicas desta área, esclarecer questões relacionadas ao ensino dos gestos técnicos desportivos, ao incremento no treinamento e na *performance* dos atletas, bem como, à recuperação de lesões esportivas (SANDERSON & CAVANAGH, 1990; BROKER et al., 1993; GODOY, 1994; McCULLAGH & MEYER, 1997; HENKE, 1998; WULF et al., 2002; WISHART et al., 2002; GRUBEN et al., 2003; HOLDERBAUM et al., 2005; RAAB et al., 2005).

2.1.1 Aprendizagem Motora e Desempenho

De acordo com ROSE (1997) e MAGILL (2000), existem diferenças entre a aprendizagem e o desempenho. A aprendizagem não pode ser observada diretamente, somente pode ser inferida a partir das características do desempenho do indivíduo. Já o desempenho é um comportamento observável e se refere à execução de uma habilidade em um determinado instante e situação.

Pode-se definir aprendizagem, de forma mais ampla, como uma alteração na capacidade do indivíduo em desempenhar uma habilidade, que deve ser inferida como uma melhora relativamente permanente no desempenho devido à prática ou à experiência (SINGER, 1975; ROSE, 1997; GRUBEN et al., 2003a).

Muitos fatores contribuem para que o indivíduo alcance estágios mais avançados de aprendizagem. Com o desenvolvimento e crescimento da criança, suas potencialidades aumentam. Entende-se potencialidades como as características dos indivíduos que são sujeitas à mudança como resultado da prática e que representam o potencial de uma pessoa para exceder a *performance* de uma tarefa (SCHMIDT & WRISBERG, 2001).

À medida que as pessoas tornam-se mais fortes ou melhoram sua resistência cardiovascular, podem, às vezes, executar atividades mais intensas, ou seja, atividades que exijam maior condicionamento físico e maior eficiência. No entanto, os níveis de maturidade e aptidão não são sempre relacionados ao nível de habilidade (SINGER 1975; MAGILL, 1984; ROSE, 1997; MAGILL, 1997; MAGILL, 2000).

Para o aprendizado, o fator de maior relevância, que parece ser consistentemente relacionado ao nível de habilidade, é aquele adquirido como resultado direto da prática de uma tarefa – a experiência de aprendizagem. Esta pode ser definida como mudanças em processos internos que determinam a capacidade do indivíduo de produzir uma ação motora. O nível de aprendizagem motora melhora com a prática e é, freqüentemente, inferido pela observação de níveis relativamente estáveis do desempenho motor da pessoa (McCULLAGH & MEYER, 1997).

Segundo MAGILL (2000), a aprendizagem é um processo que envolve tempo e prática. À medida que um indivíduo evolui, desde a condição de iniciante em uma determinada modalidade ou atividade, até tornar-se um praticante altamente habilidoso, ele passa por vários estágios diferentes, embora contínuos.

Sob vários aspectos, a aprendizagem humana parece ocorrer quase continuamente, como se todas as tarefas que fossem realizadas pelo indivíduo hoje, produzissem conhecimentos ou capacidades que influenciariam a maneira como este indivíduo realizaria estas mesmas tarefas posteriormente (MAGILL, 2000; SCHMIDT & WRISBERG, 2001).

Mais especificamente, a aprendizagem de habilidades pode restringir-se a situações em que pessoas realizam tentativas deliberadas para melhorar o desempenho de um determinado movimento ou ação. Estas situações podem ser chamadas de experiências de aprendizagem, ou então, prática deliberada (SCHMIDT & WRISBERG, 2001).

A experiência da aprendizagem pode acontecer em uma variedade de situações, envolvendo um único aluno, ou um grupo de alunos. Na maioria das vezes, um professor, um terapeuta ou técnico está presente para orientar a experiência de aprendizagem e avaliar o progresso do aluno (SINGER, 1975; MAGILL, 2000).

De acordo com MAGILL (2000), as formas mais utilizadas no processo de ensino-aprendizagem de uma habilidade são: (1) as formas verbais, quando o professor descreve verbalmente o que fazer, (2) as formas demonstrativas, quando o professor demonstra a habilidade, ou (3) uma combinação das duas formas de comunicação. O professor desempenha um papel importante no fornecimento da informação para facilitar o processo de aquisição de habilidades pelo aluno aprendiz.

As habilidades motoras são aprendidas com o intuito de, posteriormente, tornar-se um processo permanente, de forma que os indivíduos consigam manter

o mesmo nível de desempenho, mesmo depois de transcorridos longos períodos de tempo. Este processo caracteriza a aprendizagem, e pode ser medido através de um teste chamado de retenção. O teste de retenção é utilizado para medir o grau de permanência, ou seja, a persistência do nível de desempenho alcançado durante a prática (SINGER, 1975).

Este teste é realizado com um intervalo após o período de aquisição ou treinamento de determinada habilidade, não havendo um tempo estabelecido para sua realização. A literatura mostra experimentos que utilizam intervalos diferenciados para a realização dos testes de retenção. A maioria dos estudos revisados utiliza intervalos de uma semana (SANDERSON & CAVANAGH 1990; BROKER et al., 1993; WULF et al., 2002; WISHART et al., 2002; HOLDERBAUM et al., 2005). Outros estudos utilizam intervalos maiores que podem chegar a meses (BROKER et al., 1993; RAAB et al., 2005).

O intervalo para a realização do teste de retenção varia conforme o nível de absorção de aprendizagem que se deseja obter, pois um tempo de intervalo muito longo, após a prática da habilidade, resulta na necessidade de uma quantidade maior de testes de retenção para readquirir os mesmos níveis de desempenho dos testes executados antes do intervalo (SINGER, 1975).

O teste de retenção está relacionado a diversos fatores acerca da tarefa ou habilidade ensinada. Entre eles estão a natureza da tarefa, a significância da tarefa para o aprendiz, o tempo de declínio entre o aprendizado original e o lembrado, o intercalar das atividades e as condições pelas quais a tarefa foi aprendida (SCHMIDT & WRISBERG, 2001).

A literatura mostra que o tipo de tarefa pode influenciar no teste de retenção. Tarefas contínuas apresentam melhores resultados do que tarefas descontínuas, quando avaliadas depois de longos períodos sem prática. As tarefas contínuas são aquelas executadas de forma sucessiva como, por exemplo, nadar, correr, andar de bicicleta. Uma outra definição de tarefas contínuas é a não identificação do início e o fim do movimento. Já, as tarefas descontínuas são aquelas executadas com interrupções, como por exemplo, um teste de tempo de reação ou um jogo de futebol (SINGER, 1975).

2.1.2 Aprendizagem Motora e Controle Motor

As mudanças provenientes do aprendizado de novas tarefas passam por um processo de adaptação. O sistema motor pode, rapidamente, adaptar as mudanças nas condições externas do movimento a ser aprendido e facilitar a obtenção da meta desejada através da modificação nos processos internos de aprendizagem responsáveis pela produção de ações motoras (PEARSON, 2000).

Algumas hipóteses relevantes sobre a resposta na coordenação e na adaptação muscular em função das alterações mecânicas no padrão de movimento vêm sendo estudadas (NEPTUNE & HERZOG, 2000). No entanto, ainda é reduzido o conhecimento sobre as bases neurais que controlam o movimento, bem como sobre as estratégias de execução do mesmo.

Estudos têm avaliado a distribuição e o controle das forças exercidas durante atividades simples, como caminhar e, até mesmo, as mais complexas, como pedalar. Estes estudos têm verificado que a magnitude e a direção das

forças, que produzem movimentos, podem variar conforme a posição do corpo. Alterações mecânicas do movimento e diferentes níveis de esforço podem gerar, então, dificuldades para o controle motor (GRUBEN et al., 2003; ROGERS et al., 2004).

Novos movimentos podem ser aprendidos, mas para isso, faz-se necessária a utilização de diversas estratégias de controle de movimento para que estes possam ser treinados e, posteriormente, assimilados pelo sistema motor (PEARSON, 2000).

2.1.3 Aprendizagem Motora e Armazenamento de Informações

O armazenamento de informação na memória é um dos aspectos de maior relevância no controle e aprendizagem de movimentos uma vez que este processo depende necessariamente da retenção das habilidades aprendidas. Enquanto a aprendizagem se caracteriza pela capacidade de modificar o comportamento, a memória é a capacidade de evocar e reconhecer as experiências passadas tanto sensoriais quanto motoras (GODINHO, 2002).

MAGILL (2000) e GODINHO (2002), apresentam o modelo de memória proposto por Atkinson & Shiffrin (1968) que consideram a existência de três estruturas fixas e permanentes, que se apresentam como invariantes em relação a toda e qualquer informação armazenada. Estas estruturas são: (1) a Acumulação Sensorial a Curto Prazo (ASCP), (2) a Memória a Curto Prazo (MCP) e (3) a Memória a Longo Prazo (MLP). Na ASCP, Atkinson & Shiffrin (1968) explicam que os estímulos são recebidos e tratados a partir das suas características físicas e

então enviados à MCP para sua posterior identificação e processamento. A MCP é responsável pela atribuição do significado referente ao estímulo e pela consideração da sua importância. No entanto, estas atribuições somente podem ser realizadas considerando o que está armazenado na MLP, pois o processo de identificação depende da experiência passada e do contato prévio com a situação-referência. Dessa forma, o transporte da informação para a MLP somente pode ocorrer mediante a atribuição de um significado pertinente a esta informação.

KLATZKY (1980), assim como Atkinson & Shiffrin (1968), também considera a existência de três estruturas na memória responsáveis pelo armazenamento de informação. Estas estruturas recebem a mesma denominação de Atkinson & Shiffrin (1968) com exceção da primeira, denominada de Registro Sensorial.

De acordo com KLATZKY (1980), as informações provenientes de um ou mais dos cinco sentidos entram no registro sensorial, onde permanecem apenas por um breve período e são submetidas a um reconhecimento de padrões antes de serem encaminhadas para a MCP. O reconhecimento de padrões é considerado como um intervalo entre o registro sensorial e o armazenamento da informação na MCP. O reconhecimento de padrões consiste na comparação das informações adquiridas no registro sensorial com informações já armazenadas na MLP com o intuito de enquadrar as novas informações com situações já vivenciadas, tornando mais fácil a atribuição de significado realizada na MCP. Na MCP, além da atribuição do significado, ocorre, também, uma reafirmação das informações que consiste em manter a intensidade das mesmas para o seu posterior envio para a MLP. Na MLP são realizados dois procedimentos, sendo o

primeiro, o armazenamento propriamente dito da informação de forma permanente e o segundo, o armazenamento do conhecimento relativo à informação armazenada para auxiliar no processo de reconhecimento de padrões de novas informações submetidas à memória.

MAGILL (2000) e GODINHO (2002) explicam que a MCP possibilita a utilização da informação imediatamente após a sua apresentação, como por exemplo, um número de telefone ou instruções sobre o movimento de saque no tênis. De acordo com estes autores a informação armazenada na MCP apresenta um período de curta duração, podendo a mesma ser esquecida em aproximadamente 20 a 30 segundos.

KLATZKY (1980) coloca que muitos estudos têm verificado a abrangência de informações e o tempo que estas permanecem na MCP e para tanto, são utilizados estímulos verbais como a pronúncia de letras e palavras. No entanto, pode-se perceber que se o estímulo não sofrer a reafirmação, este pode ser esquecido em menos 30 segundos. Esta autora também coloca que não é possível armazenar mais do que seis a sete informações de cada vez, pois torna difícil sua reafirmação na MCP. KLATZKY (1980) também afirma que quanto maior for à reafirmação das informações na MCP maior será a possibilidade de lembrá-la posteriormente, pois o processo de reafirmação permite o envio de uma informação com significado efetivo, ou seja, um significado relevante para a MLP tornando mais acessível a recordação destas informações posteriormente. Dessa forma, pode-se afirmar que a MCP pode ser considerada como o estágio intermediário entre a percepção (captação de estímulos pela ASCP ou registro sensorial) e a memorização permanente (armazenamento da informação na MLP).

De acordo com MAGILL (2000) e KLATZKY (1980), um meio adequado de transferir informação para o armazenamento a longo prazo é a repetição da informação, o que aumenta a representação do significado e torna a informação mais resistente à perda ou ao esquecimento.

A MLP é considerada por KLATZKY (1980) como um imenso e complexo depósito de informações armazenadas permanentemente. É na MLP que o conhecimento dos indivíduos é armazenado e posteriormente lembrado. De acordo com GODINHO (2002), a forma mais eficaz de armazenamento de informação na MLP consiste na atribuição de um significado à informação com relevância para o indivíduo resultando, em uma menor quantidade de informação armazenada.

GODINHO (2002) afirma que a MLP pode ser subdividida em três subestruturas: (1) memória episódica, (2) memória semântica e (3) memória comportamental. A memória episódica consiste no armazenamento de informação referente a acontecimentos associados a um tempo determinado. Esta estrutura da memória permite distinguir fatos ocorridos em contextos diferenciados e é freqüentemente utilizada quando se pretende recordar fatos ou episódios passados. A memória semântica refere-se ao conhecimento dos fatos ou conceitos quando existe a ausência dos fatos. A utilização da memória semântica ocorre mediante o armazenamento de fatos ou conceito expressos pela verbalização ou pela escrita. A memória comportamental é considerada como a memória das ações, ou seja, do “como fazer”, adquirida pela prática das mesmas. Esta estrutura é considerada como a mais relevante, sob a ótica da motricidade,

por ser responsável pelo armazenamento das competências que permitem a produção da resposta motora correta.

Segundo GODINHO (2002) a concretização de um objetivo com êxito depende do funcionamento das três subestruturas da memória. Como exemplo, este autor, cita uma cobrança de penalidade máxima no futebol em que, a memória episódica seria a responsável por evocar respostas passadas, como o comportamento do goleiro, para qual dos lados ele vai se projetar. Já a memória semântica seria responsável por evocar o conhecimento sobre as áreas da goleira com maior probabilidade de gol (“o que fazer” para marcar o gol). A memória comportamental seria a responsável por evocar as ordens motoras necessárias para a concretização da ação (“como fazer” para marcar o gol).

2.1.3.1 Fatores de memorização

O processo de armazenamento de informação consiste de três eventos subseqüentes: (1) a entrada de informações e a correspondente codificação; (2) o armazenamento propriamente dito e (3) o acesso à informação armazenada, evocando a informação retida ou reconhecendo um conjunto particular de informações dentre àquelas que são apresentadas (GODINHO, 2002). Para MAGILL (2000), o processo de armazenamento de informação ocorre de forma semelhante ao citado por GODINHO (2002) e consiste no: (1) armazenamento, (2) organização e (3) recuperação da informação.

Entre os diversos fatores de memorização está a atribuição do significado que pode ser considerado como um código semântico relacionado com a

informação em termos de significado verbal ou como um código visual assumindo um formato de imagem. O primeiro é, comumente, mais utilizado uma vez que exista a dificuldade de se materializar, sob a forma de imagens, informações de natureza abstrata (MAGILL, 2000).

De acordo com MAGILL (2000), outro fator de destaque no armazenamento de informação é a repetição, pois a quantidade de prática apresenta uma influência positiva na capacidade de memorização. A repetição de determinado movimento ou exercício permite ao organismo o fortalecimento da relação entre os estímulos e a respostas motoras subseqüentes. No entanto, é necessário avaliar a forma como a prática é estruturada, especialmente no que se refere ao empenho do aprendiz e à distribuição, espaçamento e variação da própria prática apresentada. O reforço de uma ação que alcança o objetivo ou parte deste, também apresenta um papel importante na memorização, pois a aprendizagem obtém melhores resultados quando associada a estímulos que proporcionam prazer e satisfação.

Conforme KLATZKY (1980), a instrução prévia e o conhecimento anterior acerca da ação ou tarefa a ser realizada são fatores de extrema relevância para o sucesso na sua execução. A instrução prévia consiste em preparar o aprendiz para a ocorrência de determinados estímulos com o intuito de aumentar a sua concentração nas componentes críticas da tarefa. O conhecimento anterior refere-se ao domínio ou conhecimento de fatos ou habilidades relacionadas ao que será aprendido o que permite uma memorização facilitada. KLATZKY (1980) afirma que o sistema nervoso central apresenta grande habilidade na procura de afinidades entre informações aparentemente dispersas, organizando a memória de forma

coerente, reconhecível e com significado. Estas operações de organização, agrupamento e categorização da informação a ser armazenada resultam na economia do processo de memorização, uma vez que esta informação é armazenada de forma hierárquica e lógica, necessitando a mobilização de menores recursos do sistema.

Segundo GODINHO (2002), a capacidade de tratar as informações apresenta uma evolução no transcorrer do desenvolvimento humano, iniciando no nascimento e se estendendo até a idade adulta. Esta evolução possibilita o armazenamento de maiores quantidades de informações e um processamento mais rápido das mesmas. O desenvolvimento cognitivo humano permite que o sistema de armazenamento de informações atue em diferentes níveis de abstração, pois quanto maior a capacidade de abstração, maior é a quantidade de informação armazenada e menor é o dispêndio do sistema.

O tempo de apresentação dos estímulos também é considerada uma das variáveis que influencia na capacidade de armazenamento de informações, pois durante o tempo de apresentação dos estímulos é possível à realização de várias repetições (reafirmação das informações na MCP) da informação a armazenar, facilitando este processo (GODINHO, 2002).

De acordo com MAGILL (2000) o processo de memorização também está relacionado com a capacidade do sistema de relacionar os estímulos recebidos com as informações já contidas na memória. As novas informações, quando disponíveis para armazenamento, são categorizadas de acordo com as informações já conhecidas e a partir deste processo são atribuídos valores e conceitos. Este processo de identificação de estímulos já reconhecidos permite ao

sistema um dispêndio menor quando comparado à identificação e armazenamento de novos estímulos.

MAGILL (2000) também salienta que a apresentação de novos estímulos, de forma ordenada, torna mais acessível à retenção de informações, pois dessa forma, bastará ao aprendiz saber o início, o fim e o incremento da seqüência. Esta informação se justifica pelo fato de que o aprendiz apresenta uma tendência de fixar com mais facilidade a primeira e a última parte das seqüências ensinadas. Ao aprendiz é necessário encontrar uma ordem na seqüência que está sendo ensinada para seja possível desenvolver estratégias para o aprendizado e uma vez que esta ordenação seja alertada ao mesmo, pode facilitar a aprendizagem.

2.1.3.2 Teorias Relacionadas com o Armazenamento de Informações

De acordo com MAGILL (2000) entre as principais teorias que buscam explicar o controle e aprendizagem de movimentos estão: (1) A Teoria do Circuito Fechado, proposta por Adams em 1971 e (2) A Teoria de Esquema, proposta por Schmidt em 1975.

A Teoria do Circuito Fechado é uma das primeiras teorias que explica de forma satisfatória o processo de aprendizagem de novas tarefas motoras de posicionamento. Ao contrário das teorias em circuito aberto, esta teoria caracteriza-se pela utilização de *feedbacks*, ou seja, informações em resposta ao movimento realizado concomitantemente com a execução do mesmo. Estes *feedbacks* são utilizados na detecção do erro durante a execução do movimento e na sua conseqüente correção para execução do movimento seguinte. Esta teoria

sugere duas estruturas distintas, sendo uma delas responsável pela evocação e início do movimento, chamada traço de memória e a outra pelo reconhecimento e avaliação do erro da resposta, chamada traço perceptivo. A presença destas duas estruturas reforça a idéia da existência de um programa motor (MAGILL, 2000).

O programa motor consiste na organização esquemática da ação que determina a seqüência de sub-ações que compõem um ato motor, ou seja, é uma informação memorizada sobre a seqüência de comandos e de variáveis específicas de um movimento. Para o programa motor é atribuída a capacidade de controlar centralmente o movimento. A definição de programa motor está, também, freqüentemente relacionada com o fato de que para realizar uma ação o indivíduo cria previamente uma imagem da mesma (MAGILL, 2000).

Segundo MAGILL (2000), Adams considera o traço de memória, na teoria do circuito fechado, como um programa motor restrito que resulta da prática e do conhecimento do resultado dos ensaios anteriores. Já o traço perceptivo é considerado como o responsável pela condução do movimento e sua avaliação, ou seja, um mecanismo que compara o movimento que está sendo realizado e sua correta referência memorizada. Dessa forma, a teoria do circuito fechado considera que a repetição do movimento é suficiente para alcançar o sucesso no desempenho e a aprendizagem é compreendida como o desenvolvimento dos traços perceptivos mais adaptados e capazes de reduzir o erro da resposta.

A teoria de esquema surgiu como uma reação ao fato de que a teoria do circuito fechado não explica o controle de movimentos balísticos. A teoria de esquema, além de explicar o controle de movimentos balísticos, explica, também, o armazenamento de programas motores. Schmidt considera o programa motor

como uma representação abstrata que ao iniciar, desencadeia uma seqüência coordenada de movimentos. Entretanto, é improvável a existência de um programa motor específico para cada movimento em razão da capacidade limitada do ser humano em armazenar informações referentes aos inúmeros movimentos possíveis. Por esta razão Schmidt propõe a existência de programas motores genéricos que consistem em estruturas responsáveis pela produção de movimentos similares com identidade e estrutura próximas, ou seja, de mesma categoria e / ou classe. O programa motor genérico é uma estrutura abstrata da memória que, quando ativada, promove a realização de um movimento e atua como um programa que governa uma classe de movimentos caracterizados por um padrão comum e cuja execução se produz em circuito aberto (MAGILL, 2000; SCHMIDT & WRISBERG, 2001).

De acordo com MAGILL (2000) o conceito de esquema, presente na teoria de Schmidt, refere-se à organização ativa das experiências passadas o que permite a interpretação de novas experiências. Dessa forma, as respostas motoras, mesmo não correspondendo integralmente à reprodução das ações motoras anteriores, permitem uma nova e permanente construção do esquema e este, por sua vez, possibilita a criação de novas respostas. A formação do esquema motor para uma determinada categoria e / ou classe, depende do armazenamento de quatro informações: (1) condição inicial, (2) especificação da resposta, (3) conseqüências sensoriais da resposta e (4) valor efetivo da resposta.

A condição inicial refere-se às informações sobre o estado do organismo antes do início do movimento. A especificação da resposta refere-se às informações relacionadas à especificação dos parâmetros selecionados para o

programa motor que comanda a resposta motora. As conseqüências sensoriais da resposta consistem nas informações provenientes de feedback relativas ao movimento realizado. O valor efetivo da resposta consiste na comparação entre o objetivo pretendido e a resposta produzida (MAGILL, 2000; GODINHO 2002).

A partir da interação entre estas informações armazenadas é possível que o indivíduo construa o esquema da resposta, ou seja, o conhecimento abstrato sobre estes quatro tipos de informação. O esquema da resposta motora, assim como na teoria do circuito fechado, apresenta duas estruturas com funções distintas no controle do movimento: (1) esquema de evocação e (2) esquema de reconhecimento (MAGILL, 2000; GODINHO 2002).

O esquema de evocação é responsável pela produção do movimento e é decorrente das informações oriundas das fontes de condições iniciais e especificação da resposta. O esquema de reconhecimento consiste na avaliação do movimento e é proveniente das informações obtidas pelas fontes de condições iniciais, conseqüências sensoriais e valor efetivo da resposta. O esquema de reconhecimento, além da função de avaliação do movimento, apresenta, também, a capacidade de produzir movimentos lentos. O valor efetivo da resposta é obtido predominantemente por meio do conhecimento dos resultados e serve como referência para corrigir a resposta. No entanto, na teoria de esquema sustenta-se que a avaliação da resposta também pode ser realizada pelo próprio indivíduo a partir do momento em que o mesmo passa a utilizar o feedback intrínseco resultante da ação motora efetuada. Nesta teoria, a informação sobre o erro decorrente da ação produzida pode contribuir para aprendizagem devido à sua possível participação na formação de esquemas.

2.1.4 Aprendizagem Motora e diferentes tipos de *Feedback*

Para SANDERSON & CAVANAGH (1990), BROKER et al. (1993), GODOY (1994), McCULLAGH & MEYER (1997), SCHMIDT & WRISBERG (2001) e WULF et al. (2002), uma das formas mais importantes em que os professores de Educação Física podem influenciar no processo de aprendizagem é fornecendo aos indivíduos *feedback* a respeito de suas ações.

O *feedback* é caracterizado como uma informação que indica algo sobre o estado real do movimento de um determinado indivíduo. Na maioria das situações de *performance* existe uma grande quantidade de informações sensoriais, no entanto, apenas algumas delas relacionam-se ao movimento que o indivíduo possa estar produzindo (SINGER, 1975; ROSE, 1997; MAGIL, 2000; PEARSON, 2000; SCHMIDT & WRISBERG, 2001).

Pode-se afirmar que *feedback* são as informações que aparecem como resultado de movimento e são repassadas ao executante. Esta gama de informações pode ser subdividida em duas categorias: (1) *feedback* intrínseco e (2) *feedback* extrínseco, também denominado de *feedback* aumentado (SCHMIDT & WRISBERG, 2001).

Feedback intrínseco são informações sobre o movimento que o executante recebe pelos seus próprios meios. Pode ser originado por exterocepção ou propriocepção. Exterocepção pode ser caracterizada como uma informação sensorial que tem como origem principal fontes externas ao corpo de um indivíduo

como, por exemplo, a visão. Já, a propriocepção pode ser caracterizada como uma informação sensorial originada internamente no corpo de um indivíduo que sinaliza alterações na pressão, tensão, distância, localização, velocidade, ativação, temperatura, posição e movimento do corpo e membros como, por exemplo, os fusos musculares, órgãos tendinosos de Golgi e receptores articulares (ROSE, 1997; MAGIL, 2000; SCHMIDT & WRISBERG, 2001).

Feedback aumentado são informações advindas de uma fonte externa, somando-se àquelas que normalmente ocorrem quando indivíduos produzem movimentos (*feedback* intrínseco). O *feedback* aumentado consiste de informações que são transmitidas ao aprendiz por algumas fontes externas, como os comentários do professor ou terapeuta, como um *display* (visor) de um cronômetro, o escore escrito de um árbitro, o filme de um jogo, etc (SINGER, 1975; SANDERSON & CAVANAGH 1990; BROKER et al., 1993; ROSE, 1997; McCULLAGH & MEYER, 1997, WULF et al., 2002).

Existem, na literatura, estudos que demonstram melhoria de aprendizagem quando o *feedback* é fornecido através de informações visuais, o que o caracteriza como *feedback* visual aumentado. Este recurso pode auxiliar os processos internos, facilitando a aprendizagem ou reaprendizagem de determinada habilidade de movimento (SANDERSON & CAVANAGH 1990; BROKER et al., 1993; HENKE, 1998; WISHART et al., 2002; HOLDERBAUM et al., 2005; RAAB et al., 2005).

Assim, pode-se considerar o *feedback* aumentado como uma informação sobre o resultado do movimento ou sobre o padrão de movimento, o qual é fornecido como um complemento à informação intrínseca, que está normalmente

disponível quando os indivíduos produzem os seus movimentos (ROSE, 1997; SCHMIDT & WRISBERG, 2001; WULF et al., 2002).

Quando o *feedback* aumentado é fornecido ao aprendiz após a realização do movimento e apenas descreve este movimento realizado, é chamado de conhecimento de resultados (do original em inglês “knowledge of results”), enquanto que, quando a informação fornecida ao aprendiz refere-se especificamente ao padrão de movimento produzido, este é chamado de conhecimento de *performance* (do original em inglês “knowledge of *performance*”) (SINGER, 1975; ROSE, 1997; MAcCULLAGH & MEYER, 1997; TANI, et al., 2004).

Estes dois tipos de *feedback* aumentado têm sido alvo de alguns estudos, nos quais se observa que a utilização de ambos os tipos mostra-se adequada para aumentar tanto a *performance*, quanto o aprendizado, pois a união destes, além de propiciar ao indivíduo o conhecimento sobre o seu movimento realizado, pode também orientá-lo mais facilmente a atingir a meta desejada (GODOY, 1994; HENKE, 1998; WULF et al., 2002; TANI, et al., 2004; RAAB et al., 2005).

O *feedback* aumentado desempenha dois papéis importantes no processo de aprendizagem de habilidades: (1) orientação e (2) motivação. Um deles é facilitar a obtenção da meta da habilidade. Uma vez que o *feedback* aumentado forneça informação sobre o sucesso da habilidade em andamento ou que acabou de ser completada, o aprendiz pode avaliar se o que ele está fazendo é apropriado para desempenhar corretamente a habilidade (SINGER, 1975; SANDERSON & CAVANAGH, 1990; BROKER et al., 1993; HENKE, 1998).

Logo, o *feedback* aumentado pode auxiliar o indivíduo a aprender a habilidade desejada mais fácil e rapidamente do que este a aprenderia sem essa informação externa (HENKE, 1998) e pode, também, auxiliar no sentido de manter o nível de aprendizado desta habilidade quando o mesmo for submetido a testes de retenção (McCULLAGH & MEYER, 1997).

O segundo papel desempenhado pelo *feedback* aumentado é a motivação do aprendiz para continuar se esforçando para a conquista da meta. Com relação à motivação, o *feedback* aumentado é utilizado na comparação do desempenho real e meta desejada. Dessa forma, é possível utilizar o *feedback* aumentado como recurso para a modificar a capacidade de percepção do indivíduo em executar determinada habilidade, permitindo assim, um aumento na *performance* do movimento (SINGER, 1975; GODOY, 1994; ROSE, 1997; MAGILL, 2000).

McCULLAGH & MEYER (1997) desenvolveram um estudo com o objetivo de verificar a efetividade na aprendizagem do exercício de agachamento com pesos livres mediante a comparação de diferentes tipos de *feedback*. Estes autores avaliaram 40 mulheres, estudantes, sem conhecimento prévio do movimento avaliado. Estas foram divididas em quatro grupos e submetidas a uma fase de aquisição de cinco séries de execução do movimento de 30 segundos de duração e dois minutos de intervalo entre elas. Cada grupo recebeu um tipo diferente de *feedback*. O primeiro, denominado de prática física, recebeu duas orientações sobre o conhecimento de resultados e o conhecimento de *performance* e não observou imagem visual (vídeo do movimento). O segundo grupo foi chamado de modelo de correção com *feedback* e recebeu as mesmas informações para melhorar a técnica do movimento do primeiro grupo, juntamente

com um vídeo sobre a sua última execução do movimento realizada. O terceiro grupo recebeu o nome de modelo de aprendizagem com *feedback*, recebendo as mesmas informações sobre o conhecimento dos resultados e *performance* do primeiro e segundo grupos juntamente com um vídeo sobre a execução correta de movimento. O quarto grupo foi denominado de modelo de aprendizagem sem *feedback* e recebeu apenas a imagem do vídeo sobre a execução correta do movimento e instruções para assistir a imagem e tentar executá-la. Foi solicitado aos indivíduos que voltassem ao laboratório dois dias após a fase de aquisição para a realização de testes de retenção. Segundo os resultados dos testes de retenção, os grupos que receberam o *feedback* correspondente ao conhecimento de resultados e *performance*, ou seja, os grupos um, dois e três aprenderam a técnica de execução do movimento quando comparados ao grupo que recebeu somente a imagem do vídeo sobre o movimento correto e instruções para assistir a imagem e tentar executá-la (grupo quatro). Os resultados deste estudo também mostraram que tanto o grupo dois, que recebeu o vídeo sobre sua última execução do movimento, quanto o grupo três, que recebeu o vídeo sobre a execução correta do movimento, aprenderam a técnica do movimento ensinada com um desempenho muito superior em relação aos grupos que não receberam nenhuma informação visual. Os resultados deste estudo mostram a necessidade da união da informação visual com as informações sobre o movimento realizado e o movimento que se deseja alcançar.

Entretanto, para utilização do *feedback* aumentado, tanto para a aprendizagem, quanto para a otimização da *performance* de determinado gesto técnico, são necessários alguns cuidados, principalmente com relação à

freqüência de fornecimento de estímulos verbais e, principalmente, visuais, pois estas informações, quando fornecidas de forma integral, podem causar danos à aprendizagem do indivíduo ao qual se está orientando devido a três fatores: (1) dependência, (2) instabilidade e (3) especificidade. Estes fatores podem fazer com que o indivíduo, quando avaliado no teste de retenção, não consiga manter o mesmo nível de desempenho obtido ao final da aquisição, o que implica na incapacidade de executar a habilidade após a remoção do *feedback* (SINGER, 1975; BROKER et al., 1993; MAGILL, 2000; SCHMIDT & WRISBERG, 2001).

Alguns estudos têm avaliado o efeito da redução do estímulo visual do *feedback* aumentado na retenção da aprendizagem, bem como comparado diferentes freqüências e tipos de fornecimento de informações. Os achados destes estudos mostram que a redução do *feedback* aumentado, durante a fase de aquisição, proporciona níveis estáveis no desempenho do movimento, quando avaliado nos testes de retenção, caracterizando a aprendizagem (SANDERSON & CAVANAGH, 1990; BROKER et al., 1993).

Assim, é possível constatar que a utilização de menores freqüências de fornecimento de *feedback* é mais eficaz para aprendizagem do que a utilização de freqüências altas (TANI et al., 2004). Uma possível explicação para este fato é que a utilização de menores freqüências menores possibilita ao aprendiz a utilização do *feedback* intrínseco. Este, por sua vez, favorece o desenvolvimento da capacidade de detecção e correção de erros, o que reflete em uma menor dependência do *feedback* (TANI et al., 2004).

WULF et al. (2002) desenvolveram um estudo para avaliar como a efetividade do *feedback* aumentado para o aprendizado de habilidades motoras

complexas é afetada pela quantidade de informações que são induzidas aos indivíduos. Neste estudo os pesquisadores realizaram dois experimentos e consideraram o *feedback* como: interno (para o movimento do corpo) e externo (para o efeito do movimento). No primeiro experimento, WULF et al. (2002) submeteram 48 indivíduos a um protocolo de aprendizagem do saque do tênis. Dentre eles, haviam não-atletas e jogadores experientes de voleibol, todos sem qualquer experiência prévia com o esporte a ser aprendido. Estes indivíduos foram divididos em quatro grupos, sendo eles: (1) não atletas com *feedback* interno, (2) não atletas com *feedback* externo, (3) jogadores com *feedback* interno e (4) jogadores com *feedback* externo. Os *feedbacks* interno e externo foram os mesmos para os não atletas e os jogadores de voleibol e consistiram de quatro informações sobre o movimento do corpo (*feedback* interno) e quatro informações sobre o efeito do movimento (*feedback* externo). Os grupos foram submetidos a duas sessões de aprendizagem com 25 séries de prática em cada. As sessões foram separadas por uma semana de intervalo. Uma semana após a segunda sessão, os indivíduos realizaram um teste de retenção com 15 execuções sem receber qualquer *feedback* aumentado. Os resultados do experimento um de WULF et al. (2002) demonstraram que ambos os tipos de *feedback* foram eficientes para ensinar o saque do tênis, porém os grupos que receberam o *feedback* externo apresentaram um rendimento muito superior na aprendizagem do saque do tênis.

No segundo experimento, WULF et al. (2002) avaliaram o efeito da diminuição da frequência nos diferentes tipos de *feedback* aumentados utilizados. Neste experimento, os autores avaliaram 52 sujeitos entre homens e mulheres,

todos destros e com alguma experiência em futebol. Os indivíduos foram submetidos a um protocolo de ensino do passe alto no futebol, com e sem redução da frequência de *feedback* aumentado, e foram divididos em quatro grupos: (1) 100% *feedback* externo, (2) 100% *feedback* interno, (3) 33% *feedback* externo, (4) 33% *feedback* interno. Os indivíduos foram submetidos a uma sessão de prática com 30 execuções do movimento. Os grupos com frequência de *feedback* de 100% receberam uma das cinco instruções entre cada execução sobre a posição do corpo (*feedback* interno) e sobre o efeito do movimento (*feedback* externo). Já os grupos com frequência de *feedback* reduzida para 33% receberam uma das cinco instruções a cada três execuções do movimento. Uma semana após a aquisição foi realizado um teste de retenção com 10 execuções sem qualquer tipo de *feedback* aumentado. Os resultados do experimento dois de WULF et al. (2002) mostraram que o *feedback* externo foi mais eficiente na aquisição da habilidade do que o *feedback* interno e que a redução da frequência do *feedback* foi significativa para o grupo com *feedback* interno, enquanto para o grupo que recebeu *feedback* externo, o resultado na aprendizagem do passe alto no futebol com a redução de 100 para 33% foi igualmente efetivo.

O *feedback* aumentado tem sido utilizado, também, para reestruturar o treinamento de atletas no sentido de unir aspectos técnicos e táticos. Dessa forma, o atleta adquire uma melhor *performance*, pois de acordo com RAAD et al. (2005), em esportes que necessitam de alta precisão e velocidade de reação, como o tênis de mesa, é necessário tomar decisões rápidas sobre qual movimento realizar e como este movimento será executado. Por esta razão, estes pesquisadores desenvolveram um estudo com o objetivo de propor um

treinamento baseado em um sistema de *feedback* visual aumentado para melhorar aspectos técnicos e táticos de mesatenistas, no sentido de auxiliá-los a selecionar e executar o movimento certo para o momento certo da competição. Os pesquisadores avaliaram 20 mesatenistas, competidores de elite, pertencentes ao centro olímpico de treinamento da Alemanha. Estes foram divididos em grupo controle (n=10) e experimental (n=10). O grupo controle recebeu apenas informações sobre como melhorar sua técnica enquanto o grupo experimental, além das mesmas informações do grupo controle, recebeu, também, um vídeo sobre seu desempenho técnico e tático. O processo de aquisição apresentou a duração de, aproximadamente, seis meses, sendo que o período de pré-experimento ocorreu na primeira semana. Da segunda a sexta semana, ocorreu a primeira intervenção com o grupo experimental, quando estes indivíduos receberam as instruções do vídeo, as instruções do técnico, bem como o treinamento para melhorar a técnica do *forehand* e do *backhand* (fase de execução). Na sexta semana de aquisição foi realizado um teste com ambos os grupos para avaliar as condições do andamento do processo. Da sétima à décima primeira semana de aquisição, ocorreu a segunda intervenção com o grupo experimental, quando os indivíduos receberam as instruções do vídeo, as instruções do técnico, bem como o treinamento para aplicar os movimentos conforme a trajetória da bola enviada pelo adversário (fase de seleção). Logo após esta fase, mas ainda na décima primeira semana, foi realizado o pós-teste e, da décima segunda semana até a vigésima terceira semana, foram realizados os testes de retenção, que ocorreram paralelamente à temporada de competição. Os resultados mostraram que houve uma melhora tanto em aspectos técnicos quanto

nos aspectos táticos dos mesatenistas e, os indivíduos do grupo experimental, conseguiram um melhor aprimoramento na escolha de qual movimento utilizar e como utilizá-lo durante a partida. Constatou-se, também, que o desempenho dos atletas do grupo experimental se manteve estável no período de retenção, confirmando a aprendizagem. Os autores concluem o estudo afirmando que o treinamento com *feedback* visual aumentado beneficiou a *performance* dos mesatenistas de elite, sobretudo em função do processo de aplicação do treinamento ter sido implantado durante o período competitivo.

Assim, é possível perceber que o *feedback* visual aumentado vêm sendo utilizado tanto para aquisição de novas habilidades, quanto para o aprimoramento de habilidades já aprendidas e mostra-se como um recurso importante a ser utilizado no esporte competitivo.

2.1.5 Aprendizagem Motora e *Feedback* Visual Aumentado no Ciclismo

Embora o uso do *feedback* visual aumentado (FVA) seja amplamente adotado no esporte como uma ferramenta que possibilita o aumento tanto da aprendizagem, quanto da *performance*, são poucos os estudos que relacionam este tema com o ciclismo.

SANDERSON & CAVANAGH (1990) foram pioneiros a estudar questões relacionadas ao ensino do ciclismo utilizando o *feedback* visual aumentado para modificar a mecânica da pedalada com resultados significativos. O FVA foi fornecido por meio de uma representação computadorizada em tempo real da curva de força total aplicada nos pedais durante o ciclo da pedalada. A

preocupação dos autores era fornecer aos indivíduos uma referência visual de fácil interpretação. SANDERSON & CAVANAGH (1990) treinaram um grupo de ciclistas recreacionais (n=6) com intuito de modificar seu padrão de aplicação de força em um determinado setor da pedalada. Os sujeitos pedalarão 32 minutos por dia durante 10 dias em uma bicicleta estacionária a 60 rpm com cargas de 112 W. No treinamento, três ciclistas receberam FVA sobre a magnitude de aplicação de força durante a pedalada, enquanto os outros três ciclistas não receberam nenhum tipo de informação. O FVA fornecido ao grupo experimental foi reduzido ao longo dos treinamentos. Após os treinamentos, os indivíduos foram submetidos a um teste de retenção e, uma semana após este teste, foram submetidos a outro teste exatamente igual. Os achados foram relevantes por dois motivos: (1) além de aprender a tarefa ensinada com o uso do FVA e modificar um padrão de pedalada já existente, os indivíduos conseguiram manter este novo padrão de pedalada aprendido, quando o FVA foi removido, e (2) a variável biomecânica força mostrou-se plenamente adequada para ser utilizada como referência no FVA.

Posteriormente, BROKER et al. (1993) realizaram um estudo com um enfoque um pouco diferenciado de SANDERSON & CAVANAGH (1990). BROKER et al. (1993) compararam dois tipos diferentes de FVA no ensino da técnica da pedalada no ciclismo. Para a referência no FVA foi utilizada a componente tangencial da força total aplicada ao pedal apresentada aos indivíduos na forma de uma curva. Estes autores avaliaram 18 ciclistas recreacionais durante dois dias separados em uma bicicleta estacionária, com carga de 125 W e cadência de 75 a 80 rpm. Os sujeitos foram separados em dois grupos, um dos quais recebia

feedback corrente e o outro *feedback* de síntese. O *feedback* corrente era fornecido na forma de 18 apresentações de FVA nos últimos 30 segundos de cada minuto de aquisição de força na pedalada. Este *feedback* apresentava um tempo de defasagem de 1540 ms, assim o indivíduo completava dois ciclos de pedalada até visualizar a próxima imagem de *feedback*. O *feedback* de síntese foi fornecido no intervalo entre cada minuto de aquisição das forças da pedalada com o tempo de um minuto e apresentado na forma de médias de seis a oito ciclos de pedalada. Uma semana após esta avaliação os indivíduos foram submetidos a um teste de retenção para verificar aprendizagem. Os achados de BROKER et al. (1993) mostraram uma melhora significativa na técnica da pedalada dos dois grupos, embora os autores esperassem um rendimento maior por parte do grupo que recebeu o *feedback* corrente. Passados dois meses da realização do teste de retenção, oito sujeitos (três do grupo com *feedback* corrente e cinco do grupo com *feedback* de síntese) voltaram a realizar um teste de retenção no laboratório para avaliar a aprendizagem. Nos resultados encontrados não foram observadas perdas significativas na aprendizagem após este período. Os pesquisadores concluem o estudo afirmando que o grupo que recebeu *feedback* de síntese obteve uma elevada *performance* nos testes de retenção, o que demonstrou que é possível adquirir bons níveis de aprendizagem com poucas informações de FVA.

HENKE (1998) desenvolveu um estudo utilizando FVA com o objetivo de melhorar a técnica da pedalada ao longo do ciclo e, principalmente, na fase de recuperação. Neste estudo, ao contrário dos estudos realizados por SANDERSON & CAVANAGH (1990) e BROKER et al. (1993) que utilizaram apenas uma variável biomecânica (força resultante e força tangencial, respectivamente) como

referência no FVA, foram utilizadas três variáveis (índice de efetividade, força efetiva positiva e força efetiva negativa) e apresentadas aos indivíduos na forma de diagramas. HENKE (1998) avaliou 12 ciclistas competidores divididos em grupos com e sem *feedback*. O teste foi realizado uma única vez e teve a duração total de 30 minutos divididos em séries de 10 minutos. Em cada série o indivíduo recebia a orientação para pedalar da sua maneira nos primeiros cinco minutos e, após este período, era realizada a apresentação do FVA e o indivíduo recebia a orientação para aproximar sua aplicação de força a um padrão apresentado. Os indivíduos pedalarão com carga de 200 W e cadência de 60 rpm. Os achados mostraram um aumento significativo de 50 para 60% no rendimento global da pedalada e 15 e 62% distribuídos em cada setor da fase de recuperação do ciclo. HENKE (1998) atribuiu a melhora no rendimento ao uso do FVA, pois afirma que a apresentação de FVA em um monitor possibilita aprendizagem mais rápida para os indivíduos acerca das estruturas gerais da pedalada, e isto permite aos indivíduos, realizar uma comparação entre as forças que eles subjetivamente sentem, enquanto pedalam, e as forças que realmente exercem em tempo real. No entanto, neste estudo não foi realizado teste de retenção; logo, as inferências podem apenas ser relacionadas ao desempenho dos indivíduos.

É possível observar que os estudos encontrados, referentes ao ensino da técnica da pedalada, são unânimes em relação à utilização de cadências de pedalada mais baixas, ou seja, o movimento da pedalada é realizado de forma mais lenta quando comparado à cadência que os ciclistas utilizam tanto em provas, quanto em treinamentos (SANDERSON & CAVANAGH, 1990; BROKER,

GREGOR & SCHMIDT, 1993; HENKE, 1998; HOLDERBAUM et al., 2005), que, normalmente está na faixa entre 90 e 110 rpm (BURKE, 1996).

Este fator é importante e está diretamente relacionado ao processo de ensino-aprendizagem no que diz respeito à velocidade de execução do movimento, pois sabe-se que a velocidade e a precisão, de acordo com princípios do controle motor, são variáveis inversamente proporcionais. Isto significa que, quando se trata do aumento da velocidade, ocorre, naturalmente, uma redução na precisão e quando o objetivo é desenvolver a precisão de um movimento, ou seja, a técnica, necessariamente a velocidade deve ser reduzida (MAGILL, 2000; TANI et al., 2004).

2.2 Biomecânica do Ciclismo

A Biomecânica é uma ciência que busca, através de conceitos e métodos da mecânica, esclarecer questões relacionadas ao efeito das forças externas e internas que produzem movimento nas estruturas e sistemas biológicos. Esta ciência vem sendo amplamente aplicada no esporte com intuito de melhorar o desempenho de atletas de diferentes modalidades esportivas (McGINNIS, 2002).

Com relação ao ciclismo, a biomecânica procura elucidar questões relacionadas à inter-relação do conjunto ciclista/bicicleta, o qual pode levar o ciclista a obter um melhor rendimento em competições (BURKE, 1996; GREGOR, 2000; CARMO, 2001).

O crescimento deste esporte e a busca incessante por melhores resultados têm motivado pesquisadores a desenvolver investigações relacionadas tanto com

a construção de bicicletas de melhor *design* aerodinâmico, quanto com o ajuste adequado do ciclista na bicicleta (BURKE, 1996; CARMO et al., 2001).

Os resultados destes estudos têm ampliado o conhecimento sobre possíveis lesões desenvolvidas por aplicação indevida de força, sobre as influências das posturas adotadas por ciclistas nas forças aplicadas aos pedais, sobre a eficiência na aplicação de forças, à simetria ou assimetria das forças aplicadas aos pedais pelas duas pernas e, principalmente, a respeito da técnica da pedalada (GREGOR et al., 1981; GREGOR, 2000; CARMO et al., 2001).

2.2.1 Técnica da Pedalada

A técnica da pedalada é referenciada na literatura como um movimento complexo e extremamente difícil de ser executado (CLARYS et al., 1988; SANDERSON & CAVANAGH, 1990). Para a compreensão da técnica desse movimento são necessários alguns conhecimentos básicos relacionando a biomecânica com o ciclismo.

2.2.1.1 Ciclo da Pedalada: Fases e Quadrantes

Para a compreensão da técnica da pedalada, faz-se necessário conhecer alguns aspectos relacionados à bicicleta. Esta, inicialmente, era apenas utilizada em declives, pois não possuía sistema de transmissão de forças como pedais, pé-de-velas, coroas e catracas, o que limitava seus deslocamentos em linhas retas e acíves (CARMO et al., 2001).

No ano de 1855 os engenheiros Franceses Michaux e Lallemente acrescentaram os pedais às bicicletas. Com o passar dos anos, inúmeras alterações foram surgindo, não somente no desenho de sua estrutura, mas, também, nos materiais utilizados para sua construção (NABINGER, 1997a).

A bicicleta utilizada atualmente possui um sistema de transmissão de força que permite ao indivíduo transformar trabalho muscular em trabalho mecânico, o qual provoca o deslocamento da mesma. Este sistema é composto por coroas, catracas, pé-de-vela e pedais, e, quando está em movimento, descreve uma circunferência, ou seja, realiza um movimento de giro de 360°.

Este movimento recebe o nome de ciclo da pedalada, e é dividido em duas fases, sendo uma delas denominada de fase de propulsão (de 0° a 180°) e a outra de fase de recuperação (180° a 360°) (LAFORTUNE & CAVANAGH, 1983; COYLE et al., 1991; SANDERSON & CAVANAGH, 1990; FARIA, 1982; BROKER et al., 1993; BURKE, 1996; HENKE, 1998; GREGOR, 2000; SANDERSON & BLACK, 2003; HOLDERBAUM et al., 2005).

Além da divisão por fases, o ciclo da pedalada também pode ser dividido em quatro partes iguais (Figura 1). Estas partes recebem o nome de quadrantes, e permitem uma melhor compreensão sobre a orientação das forças aplicadas ao pedal.

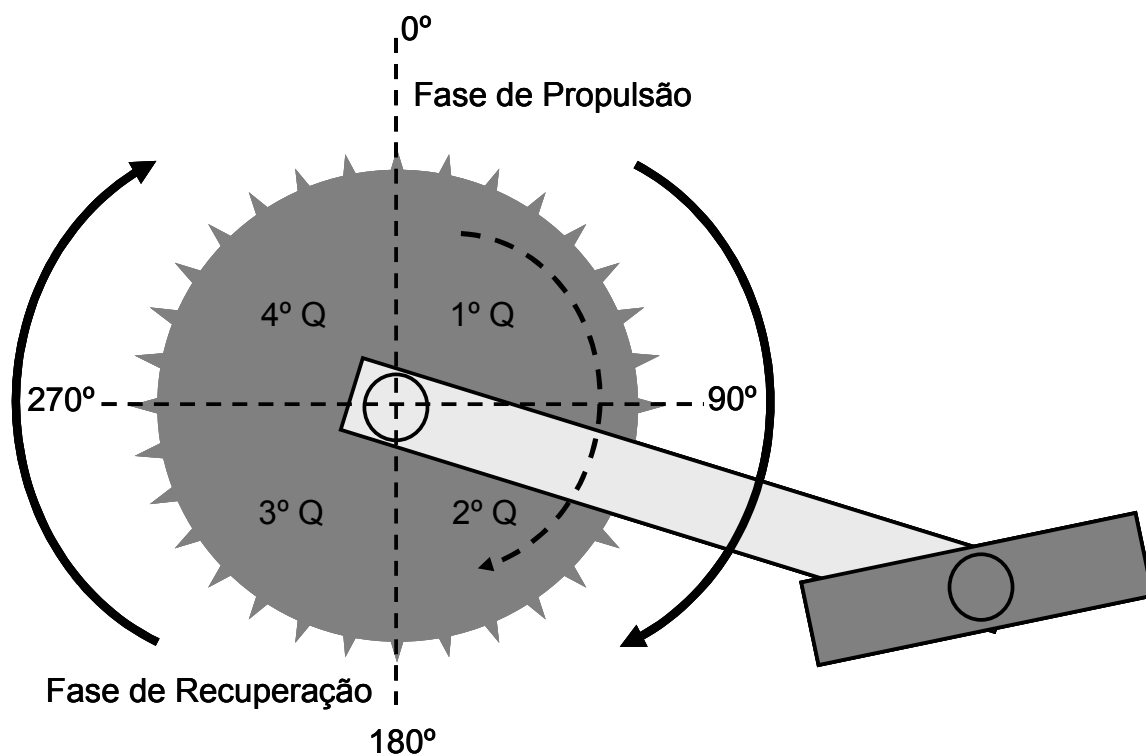


Figura 1 - Ciclo da pedalada dividido em duas fases: propulsão e recuperação e quatro quadrantes: o 1º de 0° a 90°, o 2º de 90 a 180°, o 3º de 180° a 270° e o 4º de 270° a 360°.

O 1º quadrante vai de 0° aos 90° do ciclo, o 2º quadrante de 90° a 180°, o 3º de 180° a 270° e o 4º de 270 a 360° (ou ao 0°) (LAFORTUNE & CAVANAGH, 1983; ERICSON & NISSEL, 1988; CALDWELL et al., 1996; HENKE, 1998; CANDOTTI, 2003; DIEFENTHAELER, 2004; HOLDERBAUM et al., 2005).

Ao longo dos quatro quadrantes do ciclo pode-se perceber uma combinação ideal diferenciada das forças aplicadas ao pedal da bicicleta, ou seja, estas mudam tanto a direção quanto o sentido durante a pedalada. No primeiro quadrante as forças são aplicadas para baixo e para frente, já no segundo quadrante, estas são aplicadas para baixo e para trás. No terceiro quadrante as forças são aplicadas para trás e para cima e no quarto quadrante são aplicadas

para cima e para frente (Figura 2) (NEPTUNE & HERZOG, 1999; NETO et al., 2001; HOLDERBAUM et al., 2005).

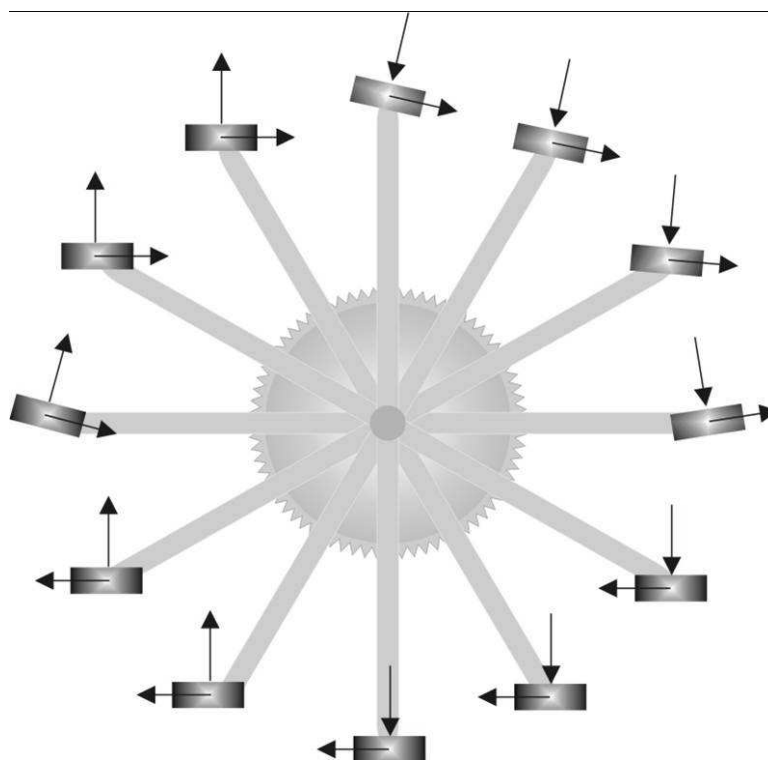


Figura 2 - Combinação ideal das forças aplicadas ao pedal ao longo do ciclo da pedalada (DIEFENTHAELER, 2004).

2.2.1.2 Forças Envolvidas na Pedalada

Alguns estudos utilizam variáveis biomecânicas para caracterizar a técnica da pedalada no ciclismo (DAVIS & HULL, 1981; LAFORTUNE & CAVANAGH, 1983; CAVANAGH & SANDERSON, 1986; ERICSON & NISSEL, 1988; GONZALES & HULL, 1989; COYLE et al., 1991). Entre as mais utilizadas, parece

haver uma preferência pelas forças aplicadas aos pedais pelos ciclistas. Acredita-se que a interpretação dos valores de força, tanto na fase de propulsão, quanto na fase de recuperação da pedalada, permitam a compreensão da técnica do movimento empregada pelo ciclista (BURKE, 1996; CANDOTTI, 2003).

A literatura mostra vários tipos e modelos de instrumentação de sistemas para mensuração das forças no ciclismo, entre eles estão pé-de-velas instrumentados com *strain gauges* (KÜNSTLINGER et al., 1985; ZAMPARO et al., 2002), pedais instrumentados com cristais piezoelétricos (BROKER & GREGOR, 1990; WEELER et al., 1992, BROKER et al., 1993; HENKE, 1998; GREGOR, 2000; SANDERSON & BLACK, 2003), bem como pedais instrumentados com *strain gauges* (HULL & DAVIS, 1981; BROOKE et al., 1981; LAFORTUNE & CAVANAGH, 1983; ERICSON & NISELL, 1988; ÁLVAREZ & VINYOLAS, 1996; CARMO et al., 2001; NETO et al., 2001).

Entre os modelos de instrumentação comumente utilizados estão os sistemas de pedais, pois estes podem ser projetados e desenvolvidos diretamente em pedais de ciclismo utilizados em competição, o que permite ao ciclista ser avaliado em condições mais semelhantes à sua realidade de prova (ÁLVAREZ & VINYOLAS, 1996).

Os pedais instrumentados com cristais piezoelétricos, além de medir a magnitude das forças aplicadas em sua superfície, possibilitam uma redução na interferência entre estas forças (*cross-talk*) reduzindo o ruído do sinal (BROKER & GREGOR, 1990). Entretanto, estes pedais são menos utilizados devido ao alto custo dos materiais necessários para sua construção.

Já os pedais instrumentados com *strain gauges* (extensômetros de resistência elétrica, que permitem a mensuração da deformação do material), também medem a magnitude das forças de reação aplicadas em sua superfície, e são mais utilizados por apresentarem um custo mais acessível para sua construção (CARMO et al., 2001; NETO et al., 2001).

Na maioria dos estudos revisados, os pedais instrumentados são bidimensionais e medem a força aplicada em termos de duas de suas componentes. Estas componentes são denominadas de componente tangencial da força (F_x), que possui seu direcionamento no eixo antero-posterior e atua paralelamente à superfície do pedal e componente normal da força (F_y) que apresenta seu direcionamento no eixo longitudinal, atuando perpendicularmente à superfície do pedal (Figura 3) (LAFORTUNE & CAVANAGH, 1983; ERICSON & NISELL, 1988; ÁLVAREZ & VINYOLAS, 1996; NABINGER, 1997b; NETO et al., 2001).

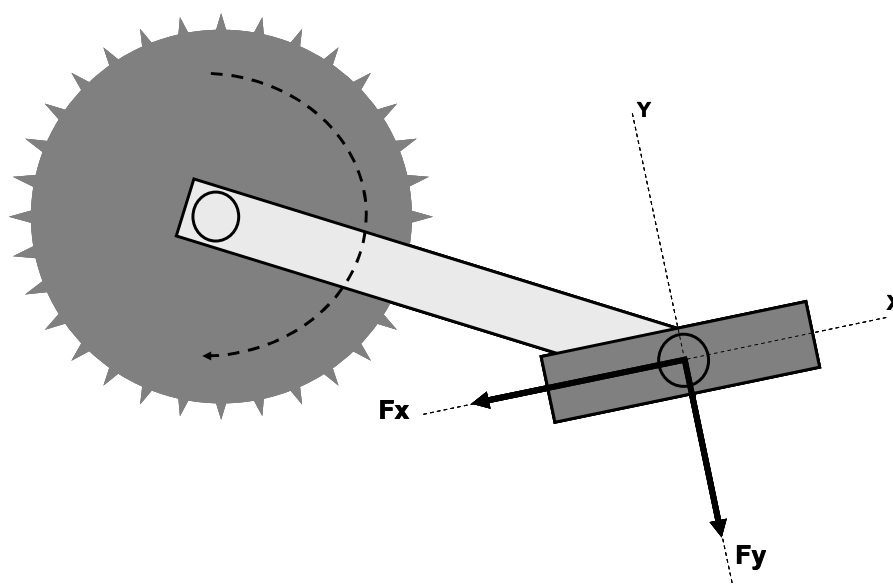


Figura 3 - Componente tangencial da força (f_x) aplicada paralelamente à superfície do pedal e componente normal da força (f_y) aplicada perpendicularmente à superfície do pedal.

No entanto, existem estudos que desenvolveram pedais tridimensionais, que permitem medir, também, a componente médio-lateral da força (HULL & WOOTTEN, 1996; HENKE, 1998; GREGOR, 2000).

Em um estudo desenvolvido por HULL & DAVIS (1981), além do registro das componentes F_y e F_x , foi registrada a componente médio-lateral por meio de um pedal tridimensional instrumentado com 32 *strain gauges*.

A partir do conhecimento das duas componentes da força, é possível calcular a força resultante (FR) (Equação 1), ou seja, a força total aplicada no pedal no plano sagital (Figura 4). Esta força, quando transferida para o pé-de-vela, gera outras duas componentes, denominadas inefetiva e efetiva (LAFORTUNE & CAVANAGH, 1983; BROKER & GREGOR, 1996; BURKE, 1996; GREGOR, 2000; CANDOTTI, 2003).

$$FR = \sqrt{Fy^2 + Fx^2}$$

Equação 1 – Força resultante

Onde:

FR = força resultante, em N;

F_y = componente normal da força em N;

F_x = componente tangencial da força em N.

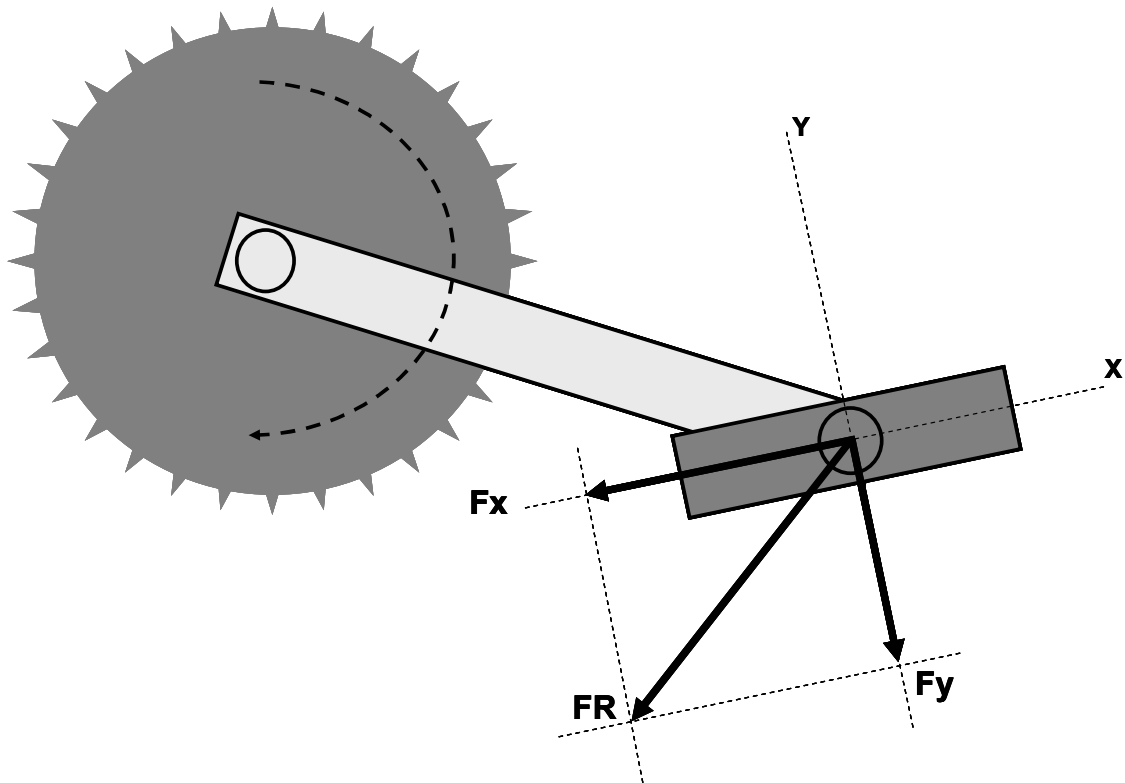


Figura 4 - A partir da decomposição das componentes tangencial da força (f_x) e normal da força (f_y) tem-se a força resultante (FR) aplicada ao pedal (CANDOTTI, 2003).

De acordo com BROKER & GREGOR (1996), GREGOR (2000), HUG et al. (2003) e CANDOTTI (2003), de posse dos valores da FR juntamente com os valores simultâneos do ângulo relativo do pedal e do pé-de-vela (Figura 5), obtidos por meio de equipamentos como potenciômetros ou cinemetria, torna-se possível calcular os valores da força efetiva (FE) e da força inefetiva (FI).

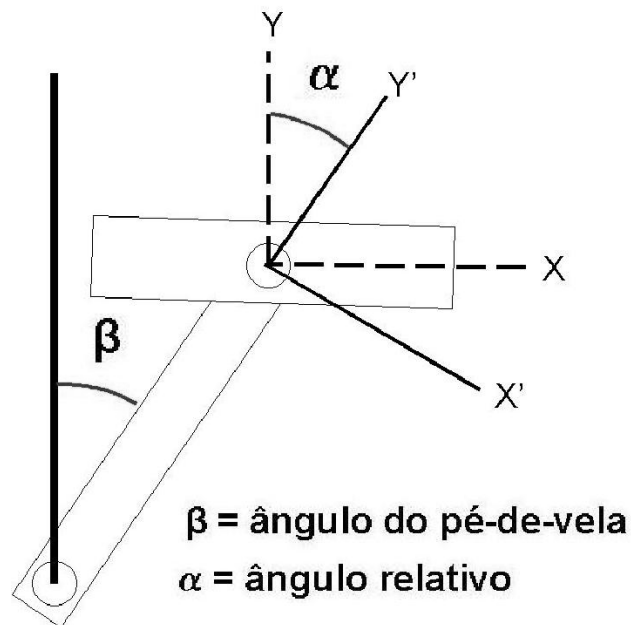


Figura 5 - Ângulo relativo do pedal e ângulo do pé-de-vela

A FI é uma força aplicada paralelamente à linha do pé de vela, e recebe esta denominação por não gerar torque, ou seja, não contribui para a propulsão da bicicleta. Já a FE é aplicada perpendicularmente ao pé-de-vela (Figura 6), gerando torque e contribuindo assim, para a propulsão da bicicleta (LAFORTUNE & CAVANAGH, 1983; BROKER & GREGOR, 1996; BURKE, 1996; GREGOR, 2000; CANDOTTI, 2003).

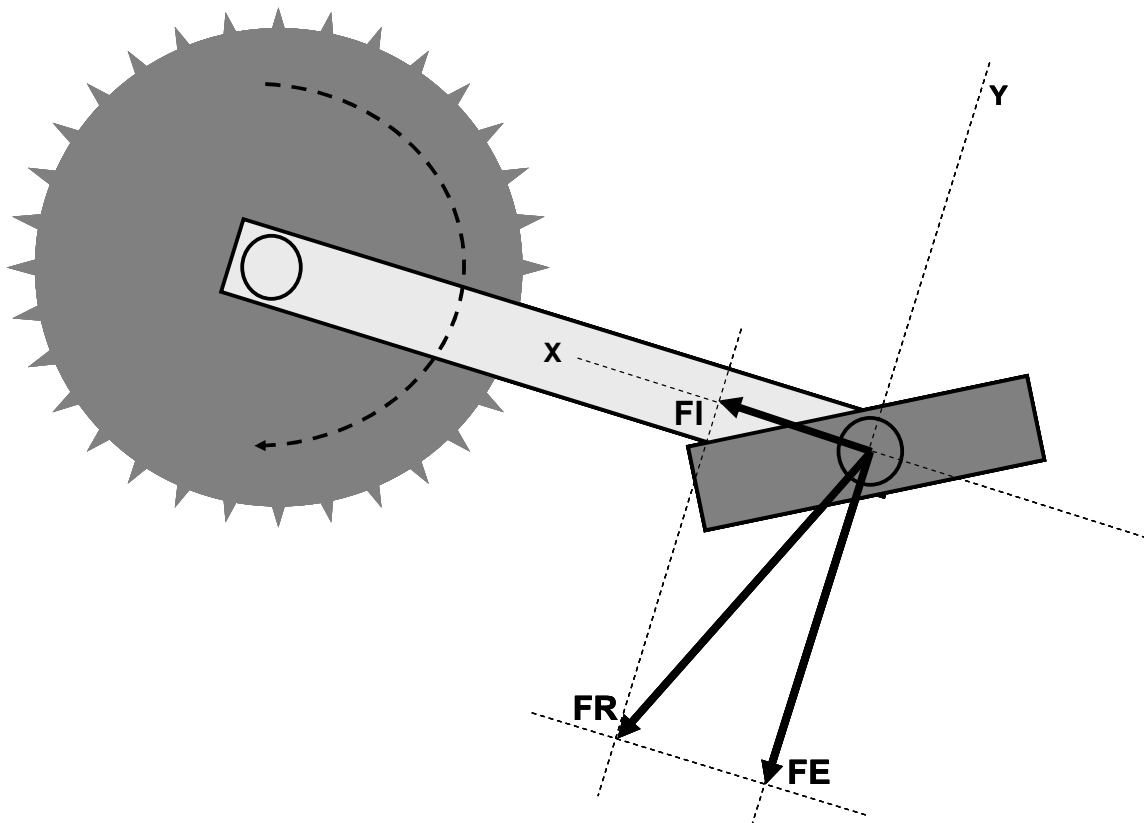


Figura 6 - Força Efetiva (FE) aplicada perpendicularmente ao pé-de-vela, contribuindo para propulsão da bicicleta e Força Inefetiva (FI) aplicada paralelamente ao pé-de-vela, não contribuindo para a propulsão da bicicleta.

Entretanto, no presente estudo, a FE (Equação 2) foi calculada a partir do somatório das componentes de força F_x (Figura 7) e F_y (Figura 8) decompostas em relação ao pé-de-vela, ou seja, aplicadas perpendicularmente ao mesmo (DIEFENTHAELER, 2004).

$$FE = Fy^{\perp} + Fx^{\perp}$$

Equação 2 – Força efetiva

Onde:

FE = força efetiva, em N;

Fy^{\perp} = componente tangencial da força aplicada perpendicularmente ao pé-de-vela, em N;

$F_{x^{\perp}}$ = componente normal da força aplicada perpendicularmente ao pé-de-vela, em N;

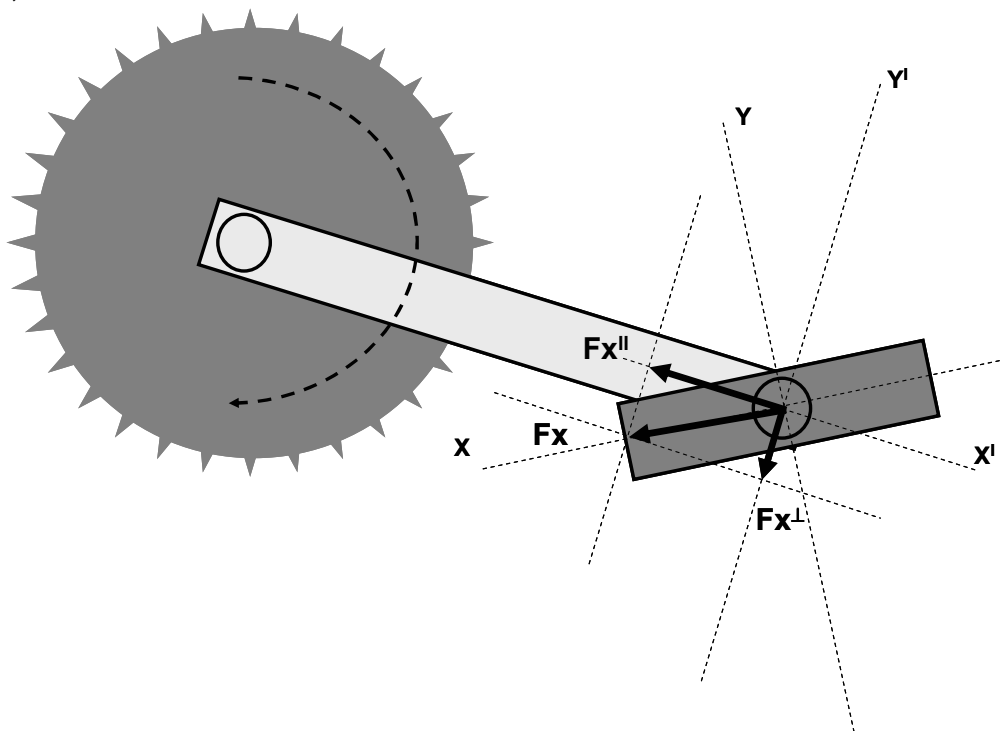


Figura 7 - Componente tangencial da força aplicada perpendicularmente ao pé-de-vela ($F_{x^{\perp}}$).

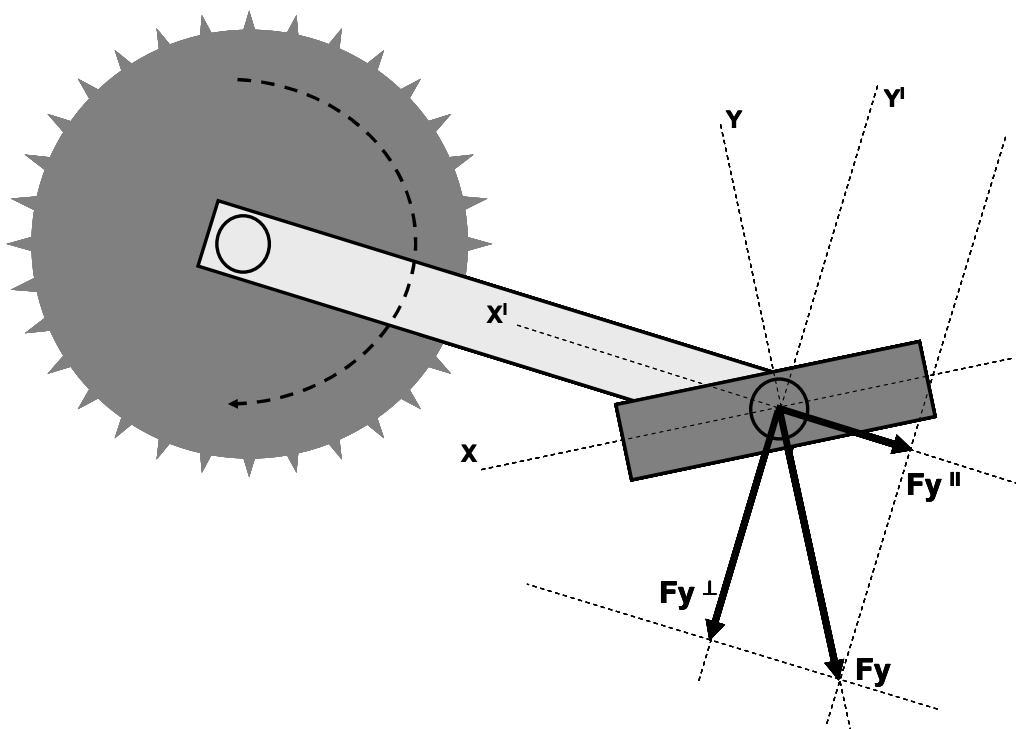


Figura 8 - Componente normal da força aplicada perpendicularmente ao pé-de-vela ($F_{y\perp}$).

A literatura mostra que a FE apresenta valores positivos e maiores na fase de propulsão, ou seja, ao longo do 1º e 2º quadrantes do ciclo, e negativos e menores na fase de recuperação, ou seja, ao longo do 3º e 4º quadrantes do ciclo da pedalada (GREGOR, 2000).

Os valores positivos da FE são responsáveis pela propulsão da bicicleta, enquanto que os valores negativos são considerados como forças retrógradas, ou seja, forças que produzem torque no sentido contrário ao movimento desejado (BURKE, 1996). A presença de forças retrógradas, segundo a literatura, é considerada como um importante aspecto a ser removido ou pelo menos minimizado (SANDERSON & CAVANAGH, 1990).

Para a redução das forças retrógradas presentes, sobretudo na fase de recuperação, é necessário que o ciclista realize o movimento de “puxar” o pedal (COYLE et al., 1991, BURKE, 1996). Isto significa que a magnitude da FE está diretamente condicionada à orientação da força aplicada no pedal pelo ciclista ao longo do ciclo da pedalada (DIEFENTHAELER, 2004). Na medida em que o ciclista consiga melhorar a orientação das componentes F_y e F_x aplicadas ao pedal, poderá melhorar a aplicação de FE, diminuindo a presença de forças retrógradas, e, conseqüentemente, melhorando sua técnica da pedalada.

A literatura mostra vários estudos que utilizam pedais instrumentados para caracterizar a técnica da pedalada (LAFORTUNE & CAVANAGH, 1983; CAVANAGH & SANDERSON, 1986; ERICSON & NISSEL, 1988; BROKER & GREGOR, 1996; ÁLVAREZ & VINYOLAS, 1996; HULL & WOOTEN, 1996; BURKE, 1996; GREGOR, 2000; CANDOTTI, 2003). No entanto, poucos estudos referem-se à utilização de pedais instrumentados como uma ferramenta assessória no sentido de reduzir ou, pelo menos, analisar a presença de forças retrógradas na fase de recuperação do ciclo da pedalada (COYLE et al., 1991; SANDERSON & CAVANAGH, 1990; HENKE, 1998; SANDERSON & BLACK, 2003), assim como também são poucos os estudos que abordam questões relacionadas ao ensino da técnica da pedalada (SANDERSON & CAVANAGH, 1990; BROKER et al., 1993, HENKE, 1998).

De acordo com NETO et al. (2001), a utilização de uma realimentação visual (*feedback* visual) para o sujeito que estiver executando o movimento da pedalada, permitirá que o sistema de mensuração de forças, por meio de pedais

instrumentados, também possa ser utilizado para o ensino do ciclismo, bem como no treinamento de atletas.

Para esta realimentação visual a FE é considerada adequada, pois está diretamente relacionada com as componentes de força F_y e F_x , respectivamente. É possível ver que a magnitude e orientação da força variam completamente ao longo dos quatro quadrantes do ciclo da pedalada, pois as componentes F_y e F_x possuem combinações diferenciadas em cada um dos quatro quadrantes do ciclo da pedalada (HOLDERBAUM et al., 2005).

Logo, com a utilização da FE como referência visual, é bem provável que se consiga realizar o ensino da técnica da pedalada, não só no sentido de aumentar a magnitude da força aplicada ao pedal, mas, também, de melhorar a orientação da mesma ao longo do ciclo da pedalada, o que caracteriza uma técnica da pedalada adequada.

Esta afirmação parte da idéia de que as forças musculares estão diretamente relacionadas ao rendimento. A utilização de um pedal instrumentado aliado a uma referência visual e informações sobre o direcionamento destas forças, assim como um sistema *feedback* visual aumentado, seria a forma mais apropriada para o controle dessas forças (SANDERSON & CAVANAGH, 1990; NABINGER, 2003) e esse controle, pode determinar uma melhora na performance.

2.2.1.3 Índice de Efetividade na Pedalada

O índice de efetividade (IE) é uma variável biomecânica que tem sido referenciada para auxiliar na compreensão e descrição da técnica da pedalada de ciclistas profissionais e recreacionais (ERICSON & NISSEL, 1988; COYLE et al., 1991).

A literatura mostra que, através deste índice, torna-se possível esclarecer diversos fatores que podem interferir no desempenho da técnica da pedalada no ciclismo, uma vez que esta sofre influência tanto na utilização de diferentes tipos e modelos de pedais, tacos e sapatilhas (LAFORTUNE & CAVANAGH, 1983), quanto de alterações na geometria da bicicleta como, por exemplo, mudanças nas alturas (ERICSON & NISSEL, 1988; DIEFENTHAELER, 2004) e posições (DIEFENTHAELER, 2004) no selim.

O IE representa uma relação entre a quantidade de força total aplicada ao pedal e o quanto desta força foi realmente transferida para o pé-de-vela para ser aproveitada na propulsão da bicicleta (CAVANAGH & KRAM, 1985; ERICSON & NISSEL, 1988). Entre outras palavras, pode ser definido, matematicamente, como a razão entre o impulso linear da FE e o impulso linear da FR (LAFORTUNE & CAVANAGH, 1983; COYLE et al., 1991; FARIA, 1982; SANDERSON & BLACK, 2003).

Este índice sofre algumas mudanças na literatura com relação a sua nomenclatura, assim como na equação para seu cálculo. LAFORTUNE & CAVANAGH (1983) utilizaram o IE para identificar a técnica da pedalada de 20 estudantes com experiência recreacional no ciclismo, mediante o uso de dois

conjuntos diferenciados de pedal e sapatilha. Os achados deste estudo mostraram que não houve diferença significativa na comparação dos dois conjuntos de pedal e sapatilha.

COYLE et al. (1991) chamaram o IE de índice de *performance* e avaliaram a relação entre as variáveis fisiológicas e biomecânicas de ciclistas profissionais pertencentes à Federação de Ciclismo dos Estados Unidos, que foram divididos conforme o nível de desempenho em categorias 1 e 2. Os autores verificaram que o aumento na produção de potência foi decorrente do aumento no pico vertical de força e torque na fase de propulsão do ciclo, e não pelo aumento do índice de *performance* durante a pedalada.

SANDERSON & BLACK (2003) verificaram o efeito do ciclismo prolongado na aplicação de forças no pedal. Estes autores avaliaram o IE, bem como outras variáveis biomecânicas (torque e força efetiva), de 12 indivíduos, sendo eles ciclistas de estrada e de *mountain bike* de categorias diferentes, todos profissionais e pertencentes à Associação Canadense de Ciclismo. Os achados deste estudo mostraram que, embora os indivíduos tenham aumentado significativamente o pico de FE positiva do primeiro para o último minuto de teste, diminuíram o IE, ou seja, diminuíram a transferência de força para o pé-de-vela.

DAVIS & HULL (1981) também chamaram o IE de índice de *performance*, porém, consideraram o mesmo como a razão entre a FE pela FR, o qual fornece valores entre 1 e -1. Neste caso, se o valor estiver mais próximo de 1, a força total aplicada está sendo transferida em maior quantidade para o pé-de-vela, ou seja, está mais propulsora, enquanto que se o valor estiver mais próximo de -1, a força total aplicada está sendo pouco transferida para o pé-de-vela, neste caso, está

sendo menos propulsora. Neste estudo o objetivo também foi avaliar a técnica da pedalada, no entanto, com a utilização de pedaleiras. Os achados deste estudo mostraram uma maior efetividade na pedalada com a utilização deste implemento. Por meio do uso de pedaleiras observou-se uma maior participação da musculatura flexora na fase de recuperação e, em função disso, uma melhor distribuição da carga de trabalho, aliviando a sobrecarga existente no quadríceps.

ERICSON & NISSELL (1988) utilizaram o mesmo método proposto por DAVIS & HULL (1981) para avaliar a técnica da pedalada de 20 estudantes, todos com experiência recreacional no ciclismo. Estes autores submeteram os indivíduos a protocolos de avaliação com diferentes cargas (zero, 120 e 140 W), cadências (40, 60, 80 e 100 rpm), alturas de selim (102%, 113% e 120% da distância entre a tuberosidade do ísquio e o maléolo medial) e posições dos pés nos pedais (anterior: com apoio do pedal na base do segundo metatarso; e posterior: 10 cm mais para trás em relação à posição anterior). Os achados deste estudo mostraram aumentos significativos na efetividade da pedalada tanto com as mudanças na carga de trabalho quanto com as mudanças na posição dos pés. Não foram observadas diferenças significativas com as alterações de cadências a alturas de selim.

Pode-se observar que a literatura mostra duas formas distintas de calcular o IE, sendo uma delas considerada como a razão entre o impulso linear da FE (Equação 3) e o impulso linear da FR (Equação 4) (LAFORTUNE & CAVANAGH, 1983; COYLE et al., 1991; FARIA, 1982; SANDERSON & BLACK, 2003) e a outra como a razão entre a FE e a FR (ERICSON & NISSELL, 1988; DAVIS & HULL 1981).

Entretanto, ambas as formas apresentam-se na literatura como apropriadas para caracterizar a técnica da pedalada, pois em um estudo proposto por HOLDERBAUM et al. (2005), com o objetivo de ensinar a técnica da pedalada para indivíduos com apenas experiência recreacional no ciclismo mediante o uso de dois tipos distintos de *feedback*, encontrou-se diferenças significativas com relação ao aprendizado da técnica. Estes resultados foram analisados a partir do cálculo de IE (Equação 5) proposto por LAFORTUNE & CAVANAGH (1983), COYLE et al. (1991), FARIA (1982), SANDERSON & BLACK (2003), para o qual se manteve a mesma denominação (IE), e também pelo cálculo proposto por ERICSON & NISSELL (1988), DAVIS & HULL (1981), o qual foi denominado de Taxa de Efetividade (TE) (Equação 6).

$$IF_E = \int_0^x F_E dt$$

Equação 3 – Impulso linear da força efetiva

Onde:

IF_E = impulso linear da força efetiva, N.s;

F_E = força efetiva, N.

$$IF_R = \int_0^x F_R dt$$

Equação 4 – Impulso linear da força resultante

Onde:

IF_R = impulso linear da força resultante, N.s;

F_R = força resultante, N.

$$IE = \int_0^x FE dt / \int_0^x FR dt$$

Equação 5 – Índice de efetividade

Onde:

IE = índice de efetividade;

FE = força efetiva, N.

FR = força resultante, N.

$$TE = FE / FR$$

Equação 6 – Taxa de efetividade

Onde:

TE = taxa de efetividade;

FE = força efetiva, N;

FR = força resultante, N.

A metodologia do estudo de HOLDERBAUM et al. (2005) foi utilizada de forma preliminar, no presente estudo. Através dela foi possível testar e aprovar tanto a metodologia quanto os procedimentos de análise utilizados para a realização do presente trabalho, que se utilizou o IE para a análise dos valores numéricos e a TE para apresentação gráfica dos resultados.

2.2.1.4 Fatores que Influenciam a Técnica da Pedalada

Existem diversos fatores que influenciam a técnica da pedalada do ciclismo; dentre os principais se encontram: (1) a geometria da bicicleta, a qual pode levar a

uma alteração na aerodinâmica do conjunto ciclista/bicicleta, (2) a cadência da pedalada, (3) as cargas utilizadas pelos ciclistas, (4) o comprimento do pé-de-vela, (5) a altura do selim, e (6) a experiência do ciclista com o esporte (GONZALES & HULL, 1989; NABINGER, 1997).

A literatura sugere que a postura do ciclista influencia diretamente a aerodinâmica do conjunto ciclista/bicicleta, o que pode comprometer sua *performance*, pois provoca um aumento do atrito relacionado à resistência do ar, levando o atleta a uma demanda energética maior, induzindo-o a uma fadiga muscular precoce (CAPELLI et al., 1993).

O incremento da *performance* do ciclista está relacionado com o seu posicionamento. Nas competições, o foco principal do atleta é atingir a *performance* máxima. Para tanto, é necessário que o mesmo assuma uma posição aerodinâmica projetada para minimizar a resistência do ar e maximizar a energia empregada no pé-de-vela. Pesquisas desenvolvidas com competidores de elite do ciclismo estão concentrando seus estudos em fatores como as respostas biomecânicas e fisiológicas à mudança de cargas de trabalho, à produção de potência, e aos efeitos da posição do corpo sobre a *performance* (GREGOR, 2000; CANDOTTI, 2003; DIEFENTHAELER, 2004).

A postura e o equilíbrio do atleta estão basicamente relacionados com as forças aplicadas no guidão e selim. A aplicação de força no pedal, resultante da atividade muscular, que é transferida para o pé-de-vela, tem como objetivo impulsionar a bicicleta (CANDOTTI, 2003). Durante a fase de propulsão da pedalada, observa-se ser determinante a ativação muscular dos músculos extensores do quadril e do joelho, associados à ativação dos músculos flexores

plantares do tornozelo para propulsionar a bicicleta. É importante observar, também, que durante a fase de recuperação da pedalada, os músculos flexores do quadril, do joelho e flexores dorsais do tornozelo atuam reposicionando o membro inferior no “ponto morto” superior, contribuindo para a tarefa que está sendo primordialmente desempenhada pela outra perna (GREGOR, 2000; CANDOTTI, 2003).

De acordo com BURKE (1996) e MILLET & VLECK (2000), a postura adequada na bicicleta pode ser considerada um fator supremo na *performance* do ciclista. O posicionamento adequado permite ao ciclista maior eficiência, potência e conforto, diminuindo, também, o risco de lesões. Estes fatores capacitam o ciclista para a execução de uma técnica da pedalada mais eficiente, o que acarreta na diminuição do desperdício de energia e na otimização da mecânica da pedalada.

Uma adaptação adequada do ciclista à bicicleta promove distribuição conveniente do peso do atleta entre selim, pedais e *guidão*, poupando o sistema esquelético de uma sobrecarga de peso na musculatura das costas e braços. A maximização da *performance* também requer a utilização de equipamentos apropriados. A bicicleta deve proporcionar ao ciclista não somente conforto, mas também a minimização da possibilidade de lesões (BURKE, 1996; GREGOR, 2000).

Um posicionamento impróprio pode levar o ciclista a desenvolver lesões por esforços repetitivos, bem como fadiga muscular precoce durante provas de ciclismo. Para o aumento da *performance* faz-se necessário uma perfeita harmonia e interação do conjunto ciclista/bicicleta, que possibilite ao ciclista um

incremento da técnica da pedalada (BURKE, 1996; NABINGER, 1997; GREGOR, 2000).

2.3 Fisiologia no Ciclismo

A fisiologia do exercício é uma área de conhecimento da Educação Física que vem contribuindo para o desenvolvimento do ciclismo, especialmente na forma de como proporcionar aos ciclistas uma melhor *performance* (LEPERS et al., 2000). Alguns estudos vêm sendo realizados com intuito de esclarecer questões relacionadas a fatores fisiológicos (como por exemplo a fadiga neuromuscular, produção de potência, consumo de oxigênio) que possam interferir na *performance* do ciclista (MARSH & MARTIN, 1992; MARSH & MARTIN, 1997). Outros buscam conceitos e equipamentos da fisiologia do exercício para realizar normalizações fisiológicas da carga de trabalho com o intuito de avaliar o nível de desempenho técnico de ciclistas no mesmo nível de esforço físico (CANDOTTI, 2003; DIEFENTHAELER, 2004; HOLDERBAUM et al., 2005).

CANDOTTI (2003) avaliou as características biomecânicas e fisiológicas da técnica da pedalada de ciclistas e triatletas competidores. Para tanto, foi utilizada, uma normalização fisiológica da carga de trabalho equivalente ao 2º limiar ventilatório individual, uma vez que este representa uma intensidade semelhante à das competições. Este procedimento foi adotado a fim de manter os indivíduos no mesmo nível de esforço.

DIEFENTHAELER (2004) avaliou os efeitos da posição do selim na técnica da pedalada de ciclistas da categoria elite do estado do Rio Grande do Sul. Para a normalização fisiológica da carga de trabalho para estes ciclistas foi utilizada a taxa de troca respiratória (RER). Este procedimento foi adotado por representar uma intensidade muito próxima do limiar anaeróbico individual, a qual, também, é muito semelhante à intensidade exigida em competições.

HOLDERBAUM et al. (2005) propuseram uma metodologia para o ensino da técnica da pedalada a indivíduos não-ciclistas. Para estabelecer a normalização fisiológica da carga de trabalho, foi utilizada uma carga correspondente a 60% do $VO_{2máx}$. Este procedimento foi adotado em função dos sujeitos não serem atletas, e também por este representar um nível de intensidade moderada de exercício.

No presente estudo a preocupação ou o foco principal foi o ensino do ciclismo. Em função disso, foi necessário normalizar o nível de esforço dos indivíduos durante as avaliações. Dessa forma, adotou-se os critérios de normalização fisiológica da carga de trabalho propostos por HOLDERBAUM et al. (2005) por duas razões: (1) acredita-se que o segundo limiar ventilatório individual representa uma intensidade de exercício muito alta para indivíduos não-atletas, e (2) o objetivo do presente estudo está relacionado à aprendizagem motora da técnica da pedalada, a qual, necessariamente, requer uma intensidade mais baixa de exercício.

Existem também estudos que visam o aumento da *performance* a partir de esclarecimentos decorrentes da associação de fatores fisiológicos e

neuromusculares (HANON et al., 1998; TAKAISHI et al., 1998; LEPERS et al., 2000).

Entre os principais fatores fisiológicos e neuromusculares que podem influenciar a *performance* do ciclista, bem como a técnica da pedalada, estão a fadiga muscular, as adaptações metabólicas e neuromusculares e a cadência da pedalada (MARSH & MARTIN, 1992; MARSH & MARTIN, 1997; HANON et al., 1998; TAKAISHI et al., 1998; LEPERS et al., 2000). Estes fatores, além de influenciarem na *performance* e na técnica do ciclista, também estão relacionados à economia de movimento (EC) na pedalada (CANDOTTI, 2003).

2.3.1 Economia de Movimento

A economia de movimento (EC) é uma variável que vem sendo utilizada por pesquisadores para auxiliar a compreensão da relação existente entre a técnica da pedalada e a *performance* no ciclismo (NEPTUNE & HULL, 1999, PASSFIELD & DOUST, 2000; MOSELEY & JEUKENDRUP, 2001; CANDOTTI, 2003).

Esta variável apresenta-se como uma combinação de vários fatores como: eficiência muscular, aspectos técnicos, aspectos fisiológicos, equipamentos e aspectos ambientais (ROWLANDS & DOWNEY, 2000; PASSFIELD & DOUST, 2000; MOSELEY & JEUKENDRUP, 2001; CANDOTTI, 2003).

A EC está relacionada a fatores fisiológicos e biomecânicos, e pode ser definida como a relação entre o trabalho realizado sob determinada carga externa e a energia despendida para a realização deste trabalho (FARIA, 1992; MOSELEY

& JEUKENDRUP, 2001). Matematicamente, pode ser definida, por meio da razão entre potência média (P) e o consumo de oxigênio (VO_2) (Equação 7) (CANDOTTI, 2003). Considerando-se que potência (Equação 8) é uma variável calculada a partir da FE, do tamanho do pé-de-vela e da aceleração angular, e que estas duas variáveis (pé-de-vela e aceleração) foram constantes neste estudo, alterações de EC deveriam estar relacionadas a alterações de FE.

$$EC = \frac{P}{VO_2}$$

Equação 7 - Economia de movimento

Onde:

EC = economia de movimento, em $Kj.l^{-1}$

P = potência média, em W

VO_2 = consumo médio de oxigênio, em $l.min^{-1}$

$$P = 2 * FE * d_{\perp} * \omega$$

Equação 8 - Potência

Onde:

P = potência, em W;

FE = força efetiva, em N;

d_{\perp} = tamanho do pé-de-vela (distância perpendicular), em mm;

ω = aceleração angular em $graus.(s^2)^{-1}$;

Assim, pode se inferir que a EC, além de se relacionar com a atividade neuromuscular, também se relaciona com a cadência da pedalada e com a magnitude e orientação das forças aplicadas ao pedal. Dessa forma, uma vez que o ciclista consiga melhorar a orientação das componentes de força F_y e F_x ,

também aumenta a sua aplicação de FE, o que pode resultar em uma melhor técnica de pedalada e, conseqüentemente, em uma maior EC (FARIA, 1992; NEPTUNE & HULL, 1999).

2.3.2 Cadências de Pedalada

Pesquisadores têm investigado o que realmente constitui uma cadência de pedalada adequada (MARSH & MARTIN, 1992; BURKE, 1996; MARSH & MARTIN, 1997; NEPTUNE et al., 1997; MARSH et al., 2000).

Segundo BURKE (1996), inúmeros métodos têm sido utilizados para a aquisição de fatores que contribuem para otimização da cadência no ciclismo. Entre os principais estão mensurações de VO_2 , FC e forças exercidas por músculos e articulações.

Na literatura, algumas cadências estão referenciadas como ótimas; no entanto, o fator de diferença na escolha entre uma ou outra, é o quanto realmente representa esta otimização. Estudos utilizaram a mensuração do $VO_{2máx}$, a FC, bem como fatores neuromusculares, na determinação de uma cadência ótima, e observaram valores menores de VO_2 quando a freqüência da pedalada diminui e se mantém em cadências mais baixas (de 50 a 70 rpm) (GUELI & SHEPHARD, 1976; MARSH & MARTIN, 1992; BURKE, 1996; MARSH & MARTIN, 1997).

Por outro lado, tanto técnicos, quanto ciclistas experientes, freqüentemente, recomendam a novos ciclistas pedalarem em uma cadência de, no mínimo, 90

rpm e, às vezes, até mais altas (BURKE, 1996), mesmo estas cadências não apresentando maior EC (GOTSHALL et al., 1996; CANDOTTI, 2003).

Uma das razões que explicam a preferência dos ciclistas por cadências mais altas, é que, na utilização de uma relação (marchas) mais alta com uma frequência de pedalada baixa, as articulações do joelho e os músculos da coxa sofrem sobrecargas muito altas, podendo ocasionar lesões (REDFIELD & HULL, 1986a e 1986b; BURKE, 1996).

A escolha de uma cadência de pedalada mais alta pode causar menor EC, uma vez que o VO_2 aumenta linearmente com o aumento da cadência da pedalada (TAKAISHI et al., 1998; CANDOTTI, 2003). Esta diminuição na EC está associada ao aumento da atividade muscular durante a pedalada e pode resultar na perda da qualidade da técnica devido à fadiga (PASSFIELD & DOUST, 2000).

A literatura mostra que o ensino do ciclismo, ou mais precisamente o ensino da técnica da pedalada, é realizado com cadências de pedalada mais baixas (como 60, 75 ou 80 rpm). No entanto, esta opção parece estar relacionada com a aprendizagem motora da técnica da pedalada e não com a EC (SANDERSON & CAVANAGH, 1990; BROKER et al., 1993; HENKE, 1998). A utilização de cadências mais baixas diminui a demanda energética, o que pode evitar a fadiga muscular e favorecer o controle da pedalada.

De acordo com NEPTUNE & HULL (1999), na medida em que o conhecimento da técnica da pedalada for aumentado com uma quantidade de informações relevantes, poderá o ciclista aumentar sua *performance* bem como sua EC.

2.4 Considerações sobre a Literatura

De acordo com BROKER et al. (1993) o enfoque adotado por pesquisadores no ciclismo era mais voltado, até então, para respostas fisiológicas durante a pedalada. Pesquisas sobre esta modalidade, hoje, são consideradas altamente tecnológicas, pois se destinam a investigar tópicos específicos, como adaptação fisiológica, sobrecarga músculo-esquelética, coordenação neuromuscular, otimização do conjunto ciclista/bicicleta e, também, a técnica da pedalada.

Para a realização destas investigações, muitos pesquisadores têm utilizado, além de conceitos e técnicas da fisiologia do exercício, alguns recursos da biomecânica, sendo que os mais utilizados no ciclismo são os pedais adaptados com plataformas de força que possibilitam avaliar e caracterizar a técnica da pedalada (BROOKE et al., 1981; HULL & DAVIS, 1981; LAFORTUNE & CAVANAGH, 1983; ERICSON & NISELL, 1988; BROKER & GREGOR, 1990; WEELER et al., 1992, BROKER et al., 1993; ÁLVAREZ & VINYOLAS, 1996; HENKE, 1998; GREGOR, 2000; CARMO et al., 2001; NETO et al., 2001; SANDERSON & BLACK, 2003).

Embora tenham crescido consideravelmente nos últimos anos os estudos que buscam compreender e caracterizar a técnica da pedalada, utilizando tanto fatores biomecânicos (DAVIS & HULL, 1981; LAFORTUNE & CAVANAGH, 1983; CAVANAGH & SANDERSON, 1986; ERICSON & NISSEL, 1988; COYLE et al.,

1991), quanto fatores fisiológicos (MARSH & MARTIN, 1992; MARSH & MARTIN, 1997; HANON et al., 1998; TAKAISHI et al., 1998; LEPERS et al., 2000), ainda são poucos os estudos que buscam averiguar o ensino da técnica da pedalada (SANDERSON & CAVANAGH, 1990; BROKER et al., 1993; HENKE, 1998; HOLDERBAUM et al., 2005).

Fica evidente, a partir dos estudos relacionados com o ensino do ciclismo (SANDERSON & CAVANAGH, 1990; BROKER et al., 1993; HENKE, 1998), a dificuldade dos autores em controlar todas as variáveis envolvidas no ensino da técnica da pedalada, já que esta é considerada um movimento de grande complexidade (FARIA, 1982; SANDERSON & CAVANAGH, 1990; BURKE, 1996; GREGOR, 2000).

Nos estudos relacionados com o ensino do ciclismo, verificou-se não só a existência de conceitos e técnicas tanto da área da aprendizagem motora, quanto da área do controle motor, mas também uma contribuição de grande importância dos conceitos e equipamentos da biomecânica e da fisiologia do exercício (SANDERSON & CAVANAGH, 1990; BROKER et al., 1993; HENKE, 1998) para o ensino deste esporte.

Acredita-se que a falta de estudos sobre o ensino da técnica da pedalada esteja relacionada com a dificuldade em reunir estas três áreas de conhecimento, pois seria muito árduo desenvolver as metodologias e protocolos baseados nos conceitos da aprendizagem e controle motor para o ensino desta técnica sem a utilização de pedais instrumentados com plataformas de força, capazes de mensurar as forças aplicadas ao longo do ciclo. Ainda haveria a necessidade da utilização da ergoespirometria para realizar a mensuração do VO_2 para a

normalização fisiológica da carga de trabalho, para que todos os indivíduos pratiquem a atividade avaliada no mesmo nível de esforço físico.

Existe, na literatura, um consenso dos estudos sobre o ensino da técnica da pedalada com a utilização do *feedback* visual aumentado (FVA). Este é referenciado, de acordo com os princípios da aprendizagem motora, como um recurso primordial para o processo de ensino-aprendizagem. Embora o FVA tenha sido aplicado de formas diferenciadas em todos os estudos com o ensino do ciclismo (SANDERSON & CAVANAGH, 1990; BROKER et al., 1993; HENKE, 1998), pode-se perceber que as variáveis biomecânicas apresentaram unanimidade quanto a sua utilização como a referência a ser alcançada no FVA.

A opção em se utilizar variáveis biomecânicas como base do FVA parte da idéia de que a referência deve representar um componente fundamental para a execução do movimento (SANDERSON & CAVANAGH, 1990).

A diversidade na utilização das variáveis biomecânicas talvez esteja relacionada com a tentativa de selecionar a variável mais adequada, ou seja, aquela que proporciona aos indivíduos a interpretação mais fácil, pois sabe-se que o FVA deve fornecer uma compreensão favorável do movimento. Entre as variáveis utilizadas estão a FR (SANDERSON & CAVANAGH, 1990), a Fx (BROKER et al., 1993), o IE, a FE positiva e FE negativa (HENKE, 1998).

Entretanto, os sistemas de FVA utilizados por SANDERSON & CAVANAGH (1990) e BROKER et al. (1993), parecem fornecer uma informação de compreensão mais fácil aos indivíduos participantes. Nestes estudos, os pesquisadores apresentaram o FVA na forma de curva de força, enquanto que no estudo de HENKE (1998), o FVA foi apresentado na forma de diagramas.

A partir dos conceitos da área da aprendizagem motora, bem como dos estudos revisados, no que diz respeito ao uso do FVA, verificou-se que o fornecimento da imagem em quantidades e/ou freqüências excessivas podem provocar um aumento significativo no desempenho de determinada habilidade, porém podem comprometer o aprendizado (SINGER, 1975; BROKER et al., 1993; SCHMIDT & WRISBERG, 2001; WULF et al., 2002; TANI et al., 2004).

Esta afirmação parte da idéia de que, tanto a freqüência quanto a quantidade de FVA, proporcionadas de forma integral, podem causar dependência no aluno, dificultando ou, até mesmo, impedindo a execução do movimento quando o FVA for removido (MAGIL, 1984; SANDERSON & CAVANAGH, 1990; BROKER et al., 1993; ROSE, 1997; MAGILL, 1997; MAGILL, 2000; SCHMITD & WRISBERG, 2001; TANI et al., 2004).

Pode-se perceber também, através da análise da literatura, que os estudos que abordam questões relacionadas ao ensino do ciclismo utilizam cadências de pedalada mais baixas, em torno de 60 rpm (SANDERSON & CAVANAGH, 1990; HENKE, 1998) e de 75 a 80 rpm (BROKER et al., 1993).

Esta opção justifica-se pelo fato de que o enfoque principal destes estudos é verificar a aprendizagem do gesto técnico desportivo do ciclismo. E, de acordo com os princípios da aprendizagem e do controle motor, quando se trata de ensinar um determinado movimento, este deve ser realizado de forma lenta, pois a velocidade e a precisão são variáveis inversamente proporcionais (MAGILL, 2000; TANI et al., 2004). Isso significa que, se os indivíduos pedalarem em uma cadência mais alta, como, por exemplo, 90 ou 100 rpm, vão apresentar dificuldade

em controlar o direcionamento das forças aplicadas no pedal, o que dificultaria o aprendizado da técnica da pedalada.

Outro aspecto indispensável a ser discutido diz respeito à carga de trabalho utilizada nos estudos relacionados ao ensino do ciclismo. Estes estudos propõem cargas de trabalho fixas de 112 W (SANDERSON & CAVANAGH, 1990), 125 W (BROKER et al., 1993) e 200 W (HENKE, 1998). Acredita-se que esta não seja a melhor forma de trabalhar com o ensino da técnica da pedalada, uma vez que os indivíduos participantes podem estar em níveis de esforço diferenciados, o que pode, para alguns, comprometer o aprendizado devido à fadiga muscular.

A literatura apresenta estudos que utilizaram normalizações fisiológicas da carga de trabalho; porém, estes estudos foram realizados com ciclistas da categoria elite do estado do RS, e não se referem à aprendizagem da técnica da pedalada (CANDOTTI, 2003; DIEFENTHAELER, 2004). Acredita-se que, aplicando os procedimentos de normalização fisiológica da carga de trabalho em estudos que buscam o ensino do ciclismo, consiga-se obter resultados mais homogêneos e mais fidedignos, que possibilitem uma melhor compreensão a respeito dos fenômenos envolvidos tanto na aprendizagem, quanto no controle do direcionamento das forças aplicadas nos pedais.

Após a análise da literatura, verificou-se que, para ensinar a técnica da pedalada no ciclismo, são necessários conhecimentos acerca da aprendizagem motora, da biomecânica e da fisiologia do exercício. A partir do estudo destas três áreas do conhecimento, pode ser possível contribuir com o ciclismo no sentido de desenvolver uma metodologia, utilizando um sistema de FVA, que possibilite ensinar a técnica da pedalada a ciclistas inexperientes, o que pode gerar uma

maior motivação por parte destes indivíduos e um conseqüente aumento no número de praticantes desse esporte.

Acredita-se que, através do sistema de FVA, seja possível contribuir, também, para a busca de uma melhor *performance* no ciclismo. Obtendo-se bons resultados através de estudos preliminares com indivíduos não-atletas, aumentam-se os conhecimentos relativos à aplicação deste protocolo, viabilizando o uso do sistema de FVA para a otimização da técnica da pedalada de ciclistas profissionais.

3 METODOLOGIA:

3.1 Problema

O ensino do ciclismo com a utilização de um sistema de *feedback* visual aumentado pode levar o aluno a obter uma melhor técnica de pedalada?

3.2 Hipóteses

(1) O processo de ensino-aprendizagem da técnica da pedalada, com fornecimento de *feedback* visual aumentado melhora o índice de efetividade ao longo da pedalada e nas fases de propulsão e recuperação, diminuindo a presença de forças retrógradas ao longo do ciclo da pedalada.

(2) O ensino da técnica da pedalada, utilizando o *feedback* visual aumentado, amplia o percentual de força efetiva positiva aplicada ao pedal e gera uma maior economia de movimento.

3.3 Classificação e Definição Operacional das Variáveis

3.3.1 Variáveis Independentes

São consideradas variáveis independentes:

Feedback Aumentado (FA): instruções verbais sobre o direcionamento das forças aplicadas no pedal em cada quadrante do ciclo através da planilha de orientação (informações verbais idênticas às do FVA).

Feedback Visual Aumentado (FVA): instruções verbais sobre o direcionamento das forças aplicadas no pedal em cada quadrante do ciclo através da planilha de orientação, somada à utilização de uma imagem gráfica representativa da FE empregada no pedal pelo indivíduo, sobreposta a uma curva de FE referência (que representa a técnica de um ciclista de elite do Rio Grande do Sul) servindo como meta a ser atingida.

Interação entre Avaliador e Avaliado: metodologia adotada para fornecer aos indivíduos de ambos os grupos informações sobre sua técnica de pedalada com o intuito de otimização da mesma, que consiste em melhorar o índice de efetividade ao longo do ciclo de pedalada, aumentar a força efetiva na fase de propulsão e diminuir as forças retrógradas na fase de recuperação.

Sessões de Prática: sessões de prática e ensino da técnica de pedalada no ciclismo utilizando o FVA para o grupo experimental e FA para grupo controle.

Intervalo da série de pedalada: momento onde foi fornecido o FVA para grupo experimental e FA para grupo controle.

Tipo de bicicleta: cicloergômetro adaptado às condições de bicicletas de competição.

3.3.2 Variáveis Dependentes

São consideradas variáveis dependentes:

Índice de Efetividade: valor numérico que, matematicamente, pode ser definido como a razão entre o impulso linear da força efetiva (FE) e o impulso linear da força resultante (FR). Este índice é utilizado para quantificar a relação existente entre a força total aplicada no pedal pelo indivíduo 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: valor numérico que, matematicamente, pode ser definido como a razão entre o impulso linear da força efetiva (FE) e o impulso linear da força resultante (FR). Este índice é utilizado para quantificar a relação existente entre a força total aplicada no pedal pelo indivíduo 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: valor numérico que, matematicamente, pode ser definido como a razão entre o impulso linear da força efetiva (FE) e o impulso linear da força resultante (FR). Este índice é utilizado para quantificar a relação existente entre a força total aplicada no pedal pelo indivíduo e o quanto dessa força é transmitida para o pé-de-vela de 180° a 360° do ciclo da pedalada

Taxa de Efetividade: valor apresentado na forma de gráfico, 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 que vão de -1 a 1. O valor mais próximo de 1 expressa a aplicação de força mais propulsora, enquanto que o valor -1 expressa a aplicação de força propulsora.

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 Retrógradas: 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).

Economia de movimento: capacidade do indivíduo em executar o gesto técnico com o menor gasto de energia possível. A partir da assimilação da técnica de pedalada o indivíduo passa a consumir menos oxigênio em relação ao que consumia anteriormente pedalando uma mesma cadência e com a mesma carga.

3.3.3 Variáveis de Controle

Planilha de Orientação: figura representativa do ciclo do pé-de-vela com orientações sobre o direcionamento das forças em cada quadrante da pedalada apresentada aos indivíduos do grupo controle e experimental.

Série de Pedalada (sp): momento em que o indivíduo esteve pedalando e no qual foram realizados os registros da força aplicada ao pedal.

Tempo de sessão: tempo de duração das sessões de prática dos indivíduos.

3.4 População e Amostra

A população é composta por indivíduos do sexo masculino entre 14 e 16 anos que nunca praticaram ciclismo de modo competitivo, nunca utilizaram pedaleiras, nem apresentavam qualquer distúrbio neuromuscular.

A amostra foi composta intencionalmente por 19 indivíduos, do sexo masculino, todos alunos do Colégio Estadual Ivo Büller, localizado no município de Montenegro, no estado do Rio Grande do Sul. Estes 19 indivíduos foram selecionados após um pareamento realizado com 248 alunos da referida escola. Estes indivíduos, posteriormente, foram divididos em grupo experimental (n=10) e grupo controle (n=09).

O pareamento da amostra foi realizado a fim de obter uma maior homogeneidade da mesma. Este pareamento foi realizado 20 dias antes do pré-experimento e consistiu da avaliação das seguintes variáveis:

- **Idade** (nascidos entre 1989 e 1991);
- **Estatura;**
- **Peso;**
- **Não utilização de pedaleiras;**
- **Composição Corporal** (percentual de gordura e somatório de dobras cutâneas).

Para o cálculo do percentual de gordura, utilizou-se o protocolo de LOHMAN (1987) para meninos até 17 anos. Este protocolo consiste na aplicação de uma equação mediante o somatório de duas dobras cutâneas: (1) tricipital e (2)

subescapular. Quando o somatório destas dobras é maior do que 35 mm, utiliza-se a equação (9), quando é menor, utiliza-se a equação (10).

Equação 9 – Cálculo do percentual de gordura (%G) quando somatório das dobras cutâneas é maior do que 35 mm.

$$\%G = 0,783(\sum 2) - 3,4$$

Onde:

%G = percentual de gordura.

$\sum 2$ = somatório das dobras tricipital e subescapular (em mm).

Equação 10 - Cálculo do percentual de gordura (%G) quando somatório das dobras cutâneas é menor do que 35 mm.

$$\%G = 1,21(\sum 2) - 0,008(\sum 2)^2 + (-3,4)$$

Onde:

%G = percentual de gordura.

$\sum 2$ = somatório das dobras tricipital e subescapular (em mm).

O pareamento da amostra foi realizado de acordo com os modelos propostos por GUEDES & GUEDES (1997), por se tratarem de estudos populacionais envolvendo variáveis de crescimento, composição corporal e desempenho motor de crianças e adolescentes brasileiros.

Os indivíduos e seus responsáveis foram informados dos objetivos e procedimentos envolvidos no estudo e forneceram seu consentimento por escrito para a sua participação no mesmo de forma voluntária (Anexo 1). Este projeto foi aprovado pela comissão de pesquisa da Escola de Educação Física (ESEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Todos os indivíduos

passaram por um processo de familiarização com as avaliações a serem realizadas, com os protocolos e equipamentos. Estes procedimentos foram apresentados aos indivíduos e seus responsáveis através de uma reunião. Após a realização do pré-experimento foi realizada uma palestra com os indivíduos participantes (de ambos os grupos) para explicações relativas ao direcionamento das forças no pedal e também sobre a abordagem utilizada na interação do avaliador com os avaliados.

3.4.1 Características Antropométricas da Amostra

A Tabela 1 mostra as características antropométricas dos indivíduos selecionados para amostra após a realização do pareamento. A ficha modelo para o registro dos dados da avaliação de cada indivíduo segue em anexo (Anexo 2). As avaliações foram realizadas na própria escola, e, para a sua realização, foram utilizados os seguintes equipamentos: (1) uma balança de precisão da marca Filizola; (2) um estadiômetro de parede; (3) uma fita métrica de metal da marca Sanny (2 m) com resolução de 1 mm; (4) um adipômetro da marca Slimguide (Rosscraft, EUA) e (5) um paquímetro Mitutoyo com resolução de 0,5 mm.

Tabela 1– Indivíduo (N), idade (anos), estatura (cm), massa (kg), dobras cutâneas (mm): tricipital (TR), subescapular (SB), supraílica (SUP), abdominal (ABD), peitoral (PEIT), axilar (AX), bicipital (BC), coxa (CX), perna (PE); somatório de dobras cutâneas (mm) (Soma) e percentual de gordura % G (LOHMAN, 1987).

N	Idade	Estatura	Massa	TR	SUB	SUP	ABD	PEIT	AX	BC	CX	PE	Soma	% G (LOHMAN, 1987)
1	14	164	55,7	7	8	7	11	7	8	5	11	9	73	14,5
2	15	168	55,8	7	5	6	9	5	6	4	10	7	59	10,9
3	16	166	55,5	8	7	7	8	6	7	6	9	7	65	14,5
4	16	164	56	8	7	7	9	5	6	4	12	9	67	14,5
5	16	167	59,8	9	7	6	9	7	6	4	11	9	68	15,7
6	14	166	55,6	6	7	6	11	6	8	6	12	9	71	12,1
7	14	167	59,2	8	7	8	12	7	5	5	13	9	74	14,5
8	14	168	57,3	8	9	7	11	6	6	4	13	9	73	16,9
9	15	167	53,4	8	7	7	9	6	6	6	12	8	69	14,5
10	16	170	52,5	7	7	6	10	7	6	3	11	9	66	13,3
11	15	167	54,3	8	8	9	11	5	7	6	11	8	73	15,7
12	15	168	59	9	8	8	9	6	7	6	11	8	72	16,9
13	15	173	65,7	9	8	8	9	7	8	6	12	9	76	16,9
14	14	168	54,8	8	9	7	11	5	7	4	12	7	70	16,9
15	16	174	62,2	7	8	6	9	6	6	5	13	8	68	14,5
16	16	169	57,7	9	7	7	12	8	6	4	11	9	73	15,7
17	14	171	59,5	8	8	7	10	5	5	4	10	8	65	15,7
18	16	169	58,8	7	8	7	9	5	5	4	11	8	64	14,5
19	16	169	60	7	7	6	9	6	6	4	10	8	63	13,3
Médias	15,11	168,2	57,52	7,8	7,5	6,9	9,89	6,05	6,4	4,7	11	8,3	68,8	14,8
Desvios Padrão	0,87	2,58	3,22	0,9	0,9	0,8	1,2	0,91	1	1	1,1	0,7	4,4	1,6

Após a realização do pareamento os indivíduos foram sorteados para os grupo controle e experimental. Após o sorteio, os grupos foram submetidos a um teste *t* de Student para comparação das médias de todas as variáveis utilizadas para o pareamento da amostra e verificou-se similaridade entre os mesmos.

3.5 Desenho Experimental da Pesquisa

Esta pesquisa foi de caráter experimental de corte longitudinal, com pré e pós-experimento, composta de um grupo controle e um grupo experimental.

A obtenção dos dados para os períodos de pré e pós-experimento foi realizada no Laboratório de Pesquisa no Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física (ESEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). As sessões de aprendizagem foram realizadas no Colégio Ivo Bühler, na cidade de Montenegro, no estado do Rio Grande do Sul.

Inicialmente, foi determinado, no período de pré-experimento, o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), a carga correspondente a 60% do $VO_{2máx}$ e obtidos os registros dos sinais de força aplicada no pedal.

Após a realização destas avaliações, iniciou-se o experimento que consistiu de sete sessões de prática utilizando o FVA para o grupo experimental e FA para o grupo controle. Depois de concluídas as sessões de prática, ocorreu o período de pós-experimento, onde os mesmos procedimentos de avaliação (do registro dos sinais de força) foram realizados, em duas sessões, com um intervalo de uma semana entre elas, quando os indivíduos não pedalarão. A segunda sessão de avaliação permitiu verificar o nível de retenção da aprendizagem dos indivíduos.

Para fins de facilitação quanto à nomenclatura dos períodos de pré e pós-experimento, foram adotadas as seguintes medidas: (1) o período de pré-experimento foi considerado como “pré” e, (2) o período de pós-experimento, como consiste de duas avaliações distintas, foi considerado como “pós” para a

avaliação realizada logo após as sessões de prática e “retenção” para a avaliação realizada com uma semana de intervalo em relação ao pós.

3.6 Procedimentos de Aquisição

Os procedimentos de aquisição adotados foram compostos de três períodos: período de pré-experimento, sessões de prática e período de pós-experimento.

3.6.1 Período de Pré-experimento

O período de pré-experimento foi dividido em dois dias de avaliações, ambas realizadas no Laboratório de Pesquisa do Exercício - LAPEX. No primeiro, os indivíduos dos grupos controle e experimental foram submetidos a um protocolo para determinação do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), medido de forma direta, para identificação da carga de trabalho utilizada nas sessões de aprendizagem (carga correspondente a 60% do $VO_{2máx}$). O consumo máximo de oxigênio foi identificado através do maior valor de VO_2 apresentado durante o teste.

Para realização dos testes, no primeiro dia de avaliação foi utilizado o cicloergômetro computadorizado ERGOFIT modelo ERGOCYCLE 167 (ENRAF NONIUS, Sweden, Figura 9), o qual fornece tanto a carga de trabalho de cada estágio, quanto a cadência.



Figura 9 – Cicloergômetro computadorizado ERGOFIT modelo ERGOCYCLE 167 (ENRAF NONIUS, Sweden) utilizado para mensuração do $VO_{2máx}$.

Também foi utilizado o ergoespirômetro CPX/D (Medical Graphics Corp., St Louis, USA, Figura 10), o qual permite a medida direta do $VO_{2máx}$, com registros dos valores das variáveis respiratórias. Para tanto foi utilizada uma máscara de neoprene (Medical Graphics Corp., St. Louis, USA).



Figura 10 – Ergoespirômetro CPX/D (Medical Graphics Corp., St. Louis, USA)

O protocolo de avaliação do $VO_{2\text{máx}}$ consistiu em um teste com aumento contínuo de cargas a 25 Watts/min, sendo realizado até a exaustão. Para a realização deste protocolo foi solicitado aos indivíduos adotar cadência entre 60 e 80 rpm. Os critérios para interrupção do protocolo foram: (1) FC superior a 200 batimentos por minuto, (2) cadência de pedalada inferior a 60 rpm e (3) exaustão voluntária.

No segundo dia de avaliação, os indivíduos dos grupos controle e experimental foram submetidos ao protocolo de registros dos sinais de dinamometria (força), eletrogoniometria (posição e orientação dos ângulos do pedal e do pé-de-vela) e do consumo de oxigênio. Para tanto foi utilizado um cicloergômetro modelo GIH – Stockholm (MONARK, Sweden), adaptado com guidão, pedal esquerdo e selim utilizados em competições. Este cicloergômetro

apresenta ajuste manual de carga, e foi equipado com sistema de mensuração de força, ou seja, o pedal-plataforma no lado direito (Figura 11). Para o registro do consumo de oxigênio utilizou-se o mesmo ergoespirômetro do primeiro dia de avaliação. O cicloergômetro apresenta uma regulagem na altura do selim diferenciada para cada indivíduo, que foi mantida ao longo dos três momentos do estudo (pré-experimento, sessões de prática, pós-experimento). Esta regulagem foi baseada na avaliação física realizada no pareamento da amostra (Anexo 2). Para obtenção da altura do selim, para cada indivíduo, utilizou-se a medida da altura sínfise púbica em relação ao solo multiplicada por 109% (BURKE, 1996).

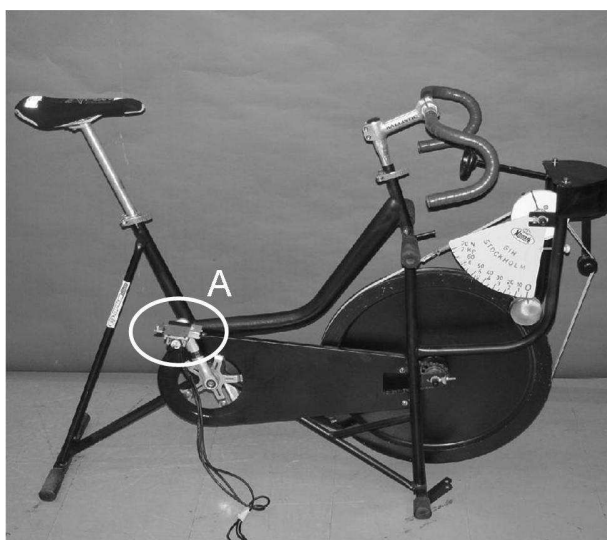


Figura 11 - Cicloergômetro modelo GIH – Stockholm (MONARK, Sweden) com ajuste manual de carga equipada com sistema de mensuração de força (A indica o pedal-plataforma de força).

Para a aquisição dos sinais de dinamometria e eletrogoniometria foi utilizado o *software* CODAS bem como, um pedal-plataforma de força desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisa no Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física (ESEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Este pedal é do tipo encaixe, lado direito, semelhante aos pedais comerciais utilizados pelos ciclistas em competição. O pedal foi projetado com o intuito de avaliar diferentes padrões de pedalada. Por meio deste implemento, tornou-se possível a mensuração tanto da componente da força normal (F_y), quanto da componente de força tangencial (F_x) da força aplicada ao pedal, no plano sagital, ao longo do ciclo da pedalada. Este sistema foi instrumentado com *strain-gauges* e é composto por quatro vigas em balanço, apresentando sua geometria em forma de H (NETO et al., 2001).

O pedal plataforma foi diretamente conectado a um condicionador de sinais ENTRAN MSC6 (Entran Ltd., England) com módulos MSC-A1 utilizando alimentação de ponte de 1 V e ganho de 1 K através de dois cabos, de forma que um deles forneceu informações sobre a componente da força normal e o outro sobre a componente da força tangencial. O condicionador de sinais, por sua vez, foi conectado a um microcomputador Pentium II 200 MHz e a um conversor A/D (analógico-digital) de 16 canais CODAS (Dataq Instruments, Inc., Akron, USA).

O pedal-plataforma de força foi calibrado em dois diferentes momentos ao longo do estudo, sendo o primeiro, realizado antes do início do período de pré-experimento e o segundo, previamente a realização do período de pós-experimento (retenção). A calibração foi realizada individualmente para cada componente (F_y e F_x) da força, a fim de verificar a existência ou não de acoplamento.

Para a calibração da componente F_y foram utilizadas cargas conhecidas, identificadas em balança de precisão, e aplicadas na superfície do pedal, que estava fixa. Para a calibração da componente F_x , utilizou-se o mesmo

procedimento da F_y , no entanto, o pedal foi posicionado e fixado verticalmente em relação ao solo e as cargas penduradas no centro do implemento.

Em cada ensaio de calibração foram realizados cinco pontos (colocação de cargas) para cada uma das componentes da força, o que permitiu verificar a relação linear entre a força aplicada e a voltagem de saída do sistema de aquisição. Ao final do primeiro procedimento de calibração, encontrou-se, para a componente F_y , uma relação linear (342,1397 N/V) entre a tensão elétrica e a força aplicada ao pedal, sendo o acoplamento entre as forças normal e tangencial corrigido através de uma rotina de processamento desenvolvida no *software* MATLAB (Anexo 3). Para a calibração da força tangencial, também foi encontrada uma relação linear (100,8166 N/V) entre a tensão elétrica e a força aplicada, sendo o acoplamento também corrigido pela rotina de processamento descrita anteriormente.

Para o registro da posição e orientação dos ângulos do pedal foi utilizado um potenciômetro multivolts (Spectrol, Otario, USA) acoplado ao pedal-plataforma conforme ilustrado na Figura 12.

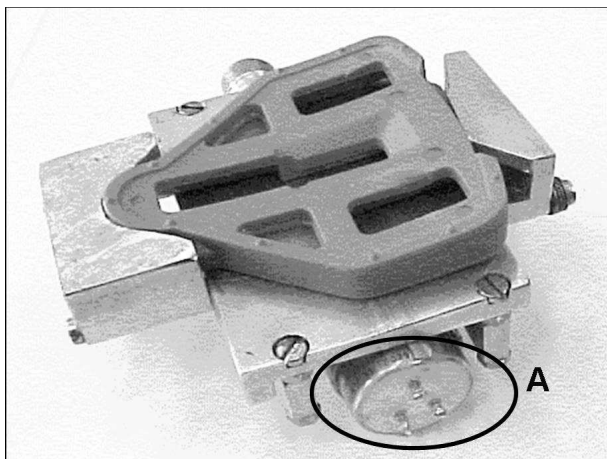


Figura 12 – A indica o potenciômetro (Spectrol, Otario, USA) acoplado ao pedal-plataforma.

O potenciômetro emite um sinal analógico sobre a orientação do ângulo do pedal por meio de um cabo-adaptador, interligando-o ao conversor A/D conectado ao computador Pentium II 200 MHz. Este sinal é convertido em informação digital e armazenado na memória do computador para ser processado posteriormente.

O potenciômetro foi adquirido comercialmente, e, de acordo com as especificações do revendedor, apresenta linearidade de $\pm 0,5\%$ e resistência elétrica de $2K\Omega \pm 20\%$.

O potenciômetro foi calibrado em três momentos ao longo do estudo (pré, pós e retenção). Para calibração do potenciômetro foram realizados dois ciclos completos de pedalada. Inicialmente realizou-se o registro da tensão elétrica gerada no pedal no ponto morto superior (PMS), ou seja, no 0° do ciclo da pedalada. Em seguida foram realizados os mesmos registros para os 90° , 180° e 270° do ciclo da pedalada, sendo efetuados dois registros para cada ângulo. Para identificação dos graus do ciclo de pedalada foi utilizado um goniômetro. Para o

potenciômetro, encontrou-se uma relação linear entre a tensão elétrica (mV) e o ângulo (graus), sendo $r = 0,9998$ em cada um dos momentos avaliados.

Para o registro da posição e orientação dos ângulos do pé-de-vela, foi utilizado um sensor eletromagnético do tipo *reed-switch* (HOLDERBAUM et al., 2005) (Figuras 13 e 14). Este sensor consiste de um ímã fixado no 0° (PMS) do ciclo da pedalada e outro fixado no pé-de-vela do cicloergômetro na mesma altura. Isto significa que, no momento em que um ciclo de pedalada é concluído, ou seja, o pé-de-vela passa pelo 0° (PMS) do ciclo, o ímã do cicloergômetro emite um pulso elétrico para o computador. De posse do conhecimento desta informação, tem-se o início e o final do ciclo de pedalada (de 0 a 360°), possibilitando, assim, a identificação do ângulo do pé-de-vela.

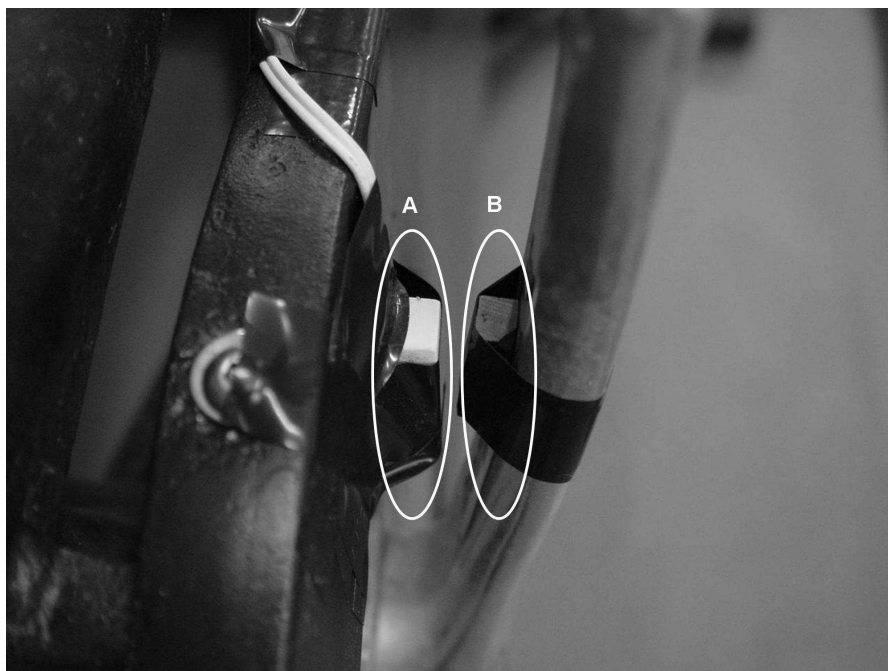


Figura 13 – Sensor eletromagnético. **A** indica um ímã fixado no cicloergômetro e **B** indica um ímã fixado no pé-de-vela (vista superior).



Figura 14 – Sensor eletromagnético. **A** indica um ímã fixado no cicloergômetro (vista frontal).

Para mensuração da força foi necessário adotar alguns procedimentos a fim de normalizar fisiologicamente, para todos indivíduos, a carga de trabalho e o instante em que a força foi registrada. Dessa forma, após a determinação do $VO_{2\text{máx}}$ e da carga correspondente a 60% do $VO_{2\text{máx}}$, observados no primeiro dia de avaliação, foi possível estabelecer o critério de normalização da carga de trabalho para todos os indivíduos, e realizar o registro dos sinais de força. Adotou-se, no presente estudo, uma carga fixa correspondente a 60% do $VO_{2\text{máx}}$ de cada indivíduo com uma cadência de 60 rpm.

A duração deste teste foi de acordo com a estabilização do VO_2 na carga específica. Após a estabilização do VO_2 , que levava aproximadamente 3 minutos, os indivíduos pedalavam durante 1 minuto, sendo que nos últimos 30 segundos era realizado o registro das forças aplicadas ao pedal. Através deste teste foram

conhecidos os valores médios da força efetiva (FE) e índice de efetividade (IE) ao longo dos ciclos de pedalada executados durante os 30 segundos, o que representa, aproximadamente, 30 ciclos completos de pedalada.

As sessões de prática iniciaram 48 horas após o término das avaliações do pré-experimento.

3.6.2 Sessões de Prática

As sessões de prática foram realizadas no Colégio Estadual Ivo Büller localizado no município de Montenegro. Nestas sessões foram adotados procedimentos baseados nos estudos de SANDERSON & CAVANAGH (1990) e BROKER et al. (1993). Para a aquisição dos sinais de dinamometria e eletrogoniometria, durante as sessões de prática, foi utilizado o *software* Sistema de Aquisição de Dados SAD 32 [(versão 2.61.07mp, 2002, Laboratório de Medições Mecânicas, Escola de Engenharia, UFRGS, www.ufrgs.br/lmm)].

Para a realização das sessões de prática foram utilizados os mesmos cicloergômetro MONARK, pedal plataforma de força e condicionador de sinais descritos no período de pré-experimento. Este condicionador de sinais estava conectado a um microcomputador Celeron 1000 MHz, equipado com uma placa A/D (analógico-digital) de 16 canais CIO-DAS 16 / Jr / 330 /1600 Hz (Dataq Instruments, Inc., Akron, USA).

Durante as sessões, foi solicitado aos indivíduos que adotassem a cadência de 60 rpm. Para o controle da cadência de pedalada foi utilizado um ciclo computador modelo ECHO-12.

A carga correspondente a 60% do $VO_{2máx}$ de cada indivíduo foi mantida ao longo de todas as sessões de prática. Dessa forma, os indivíduos estiveram sempre no mesmo nível de esforço, ou seja, pedalando a 60% do seu próprio $VO_{2máx}$ identificado no período de pré-experimento. Adotou-se este procedimento a fim de normalizar fisiologicamente, para todos os indivíduos, a carga de trabalho. Optou-se por 60% do $VO_{2máx}$ uma vez que este percentual corresponde a um nível de intensidade moderada de exercício, o que equivale a um treinamento para melhoria da capacidade aeróbica (McARDLE et al, 1992), pois esta é a capacidade física mais importante utilizada em provas de ciclismo, e também porque, neste estudo, foi abordada a variável EC.

Outro fator que auxiliou no controle da intensidade foi a utilização da relação entre o percentual de $VO_{2máx}$ e o percentual de Freqüência Cardíaca Máxima (FCM) apresentada por McARDLE et al. (1992). Por meio desta relação é possível prever os valores percentuais de $VO_{2máx}$ a partir de valores percentuais de FCM, o que tornou o controle do VO_2 nas sessões de prática mais acessível, uma vez que a FC correspondente a 60% do $VO_{2máx}$ foi identificada no período de pré-experimento. Este recurso foi utilizado apenas para fins de acompanhamento da FC ao longo das sessões de prática, e, para tanto, foi utilizado um cardiômetro modelo S610 (POLAR Electro Oy – 90440 Kempele - Finland).

Todos os indivíduos, de ambos os grupos, controle e experimental, antes de serem submetidos às sessões de prática, passaram por um processo de

familiarização com os equipamentos e procedimentos utilizados neste estudo, bem como receberam as mesmas instruções: (1) manter a cadência durante as sessões de prática da técnica da pedalada, (2) aumentar o padrão de aplicação de força efetiva na fase de propulsão, (3) diminuir a presença de forças retrógradas na fase de recuperação e (4) melhorar o índice de efetividade ao longo do ciclo do pé-de-vela.

A diferença entre as sessões de prática para os dois grupos estava na presença do FVA para o grupo experimental e do FA para o grupo controle. O FVA para o grupo experimental caracterizou-se pelo fornecimento de instruções verbais do avaliador juntamente com as explicações da planilha de orientação sobre o direcionamento das forças normal e tangencial em cada quadrante do ciclo do pé-de-vela. Além disso, este grupo recebeu, também, a imagem visual representativa da curva de FE produzida pelo indivíduo que estava pedalando, sobreposta a uma curva de FE produzida por um ciclista de elite. Estas curvas eram apresentadas ao indivíduo na tela do computador. Assim, era possível mostrar, ao indivíduo, o quão distante ou próximo, estava a sua técnica em relação à técnica de um ciclista de elite.

O grupo controle recebeu as mesmas instruções verbais do avaliador juntamente com as mesmas explicações da planilha de orientação sobre o direcionamento das forças normal e tangencial em cada quadrante do ciclo da pedalada, o que caracteriza o FA para este grupo. Entretanto, o grupo controle não recebeu a informação visual da sua curva de FE sobreposta à curva de FE do ciclista de elite.

As informações verbais fornecidas aos indivíduos de ambos os grupos estavam relacionadas ao direcionamento das forças aplicadas ao pedal, e foram transmitidas aos indivíduos de forma idêntica nos intervalos da série de prática da seguinte forma:

“1º quadrante: Empurra o pedal para baixo e empurra o pedal para frente”.

“2º quadrante: Empurra o pedal para baixo e puxa o pedal para trás”.

“3º quadrante: Puxa o pedal para cima e puxa o pedal para trás”.

“4º quadrante: Puxa o pedal para cima e empurra o pedal para frente”.

Estas mesmas informações verbais também foram transmitidas de forma visual para ambos os grupos através de uma planilha de orientação sobre o direcionamento das forças aplicadas ao pedal em cada quadrante do ciclo da pedalada (Figura 15). Esta planilha permitiu ao avaliador explicar, de forma clara, para onde o indivíduo deveria direcionar suas forças normal e tangencial ao longo dos quatro quadrantes.

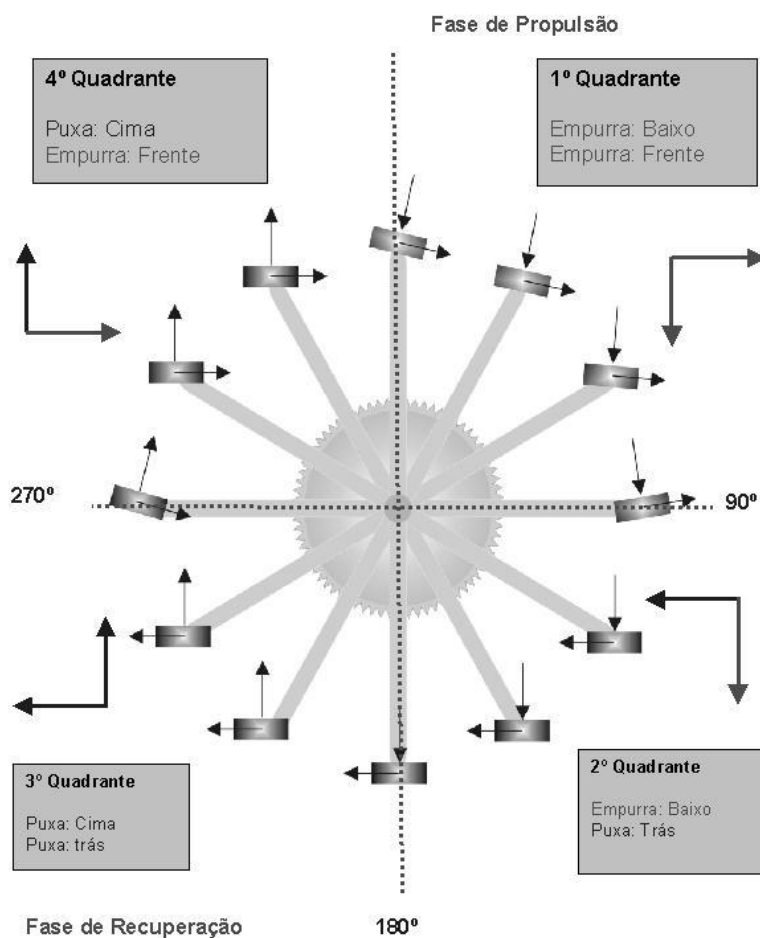


Figura 15 – Planilha de orientação das forças ao longo do ciclo da pedalada apresentada ao indivíduo nos intervalos da série de pedalada durante a interação do avaliador com o avaliado.

O FVA e o FA foram apresentados aos indivíduos dos grupos experimental e controle, respectivamente, ao final da aquisição do sinal de força, ou seja, no intervalo entre as séries de prática. A imagem gráfica apresentada aos indivíduos do grupo experimental foi a sua curva de força efetiva (FE). A curva do indivíduo foi sobreposta a uma curva de referência. A curva de referência utilizada como meta a ser atingida pelo indivíduo foi obtida de um ciclista de elite integrante da Federação Gaúcha de Ciclismo, avaliado previamente no Laboratório de Pesquisa

do Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física (ESEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) (Figura 16).

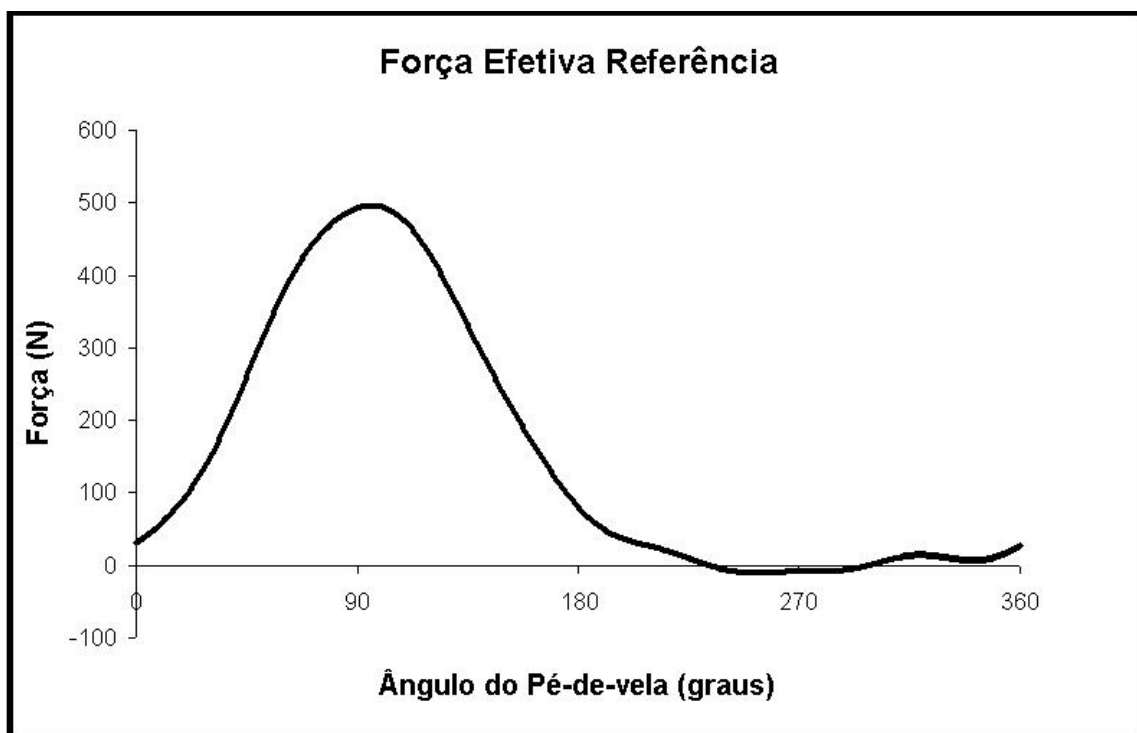


Figura 16 – Curva de FE utilizada como referência a ser alcançada no FVA.

A curva de FE do ciclista de elite serviu de referência apenas em termos de formato, ou seja, a orientação transmitida para os indivíduos era de que estes tentassem produzir uma curva de FE com um comportamento, ao longo do ciclo, semelhante à curva apresentada. Em nenhum momento foi requisitado aos participantes que tentassem atingir uma magnitude de aplicação de força semelhante à curva apresentada.

O período de sessões de prática apresentou duração de sete dias e foi dividido em duas fases: FASE 1 (1º ao 5º dia) e FASE 2 (6º ao 7º dia).

Cada sessão de prática apresentou duração de 35 minutos, sendo que os primeiros 5 minutos foram sem *feedback*, pois serviram apenas para aquecimento e familiarização dos indivíduos com a bicicleta. No entanto, os indivíduos já estavam pedalando na cadência de 60 rpm.

Nos trinta minutos restantes, tanto os indivíduos do grupo experimental, quanto do grupo controle, receberam FVA e FA, respectivamente, de forma alternada, para não comprometer o aprendizado. O fornecimento do FVA e do FA em qualquer das fases das sessões de prática, foi sempre realizado com os indivíduos parados, sem pedalar.

Do 1º ao 5º dia das sessões de prática, os indivíduos do grupo experimental e controle receberam FVA e FA por um minuto, respectivamente, para cada série de pedalada de 1 minuto, dessa forma, os indivíduos pedalavam 1 minuto e recebiam o *feedback* correspondente àquele minuto que foi pedalado. Esta estratégia fez com que os indivíduos recebessem um total de 75 minutos de *feedback* para 75 minutos de pedalada na primeira fase das sessões de prática (5 sessões de 15 minutos de pedalada e 15 minutos de *feedback*). Entre uma série e outra de pedalada os indivíduos não estavam pedalando, apenas recebendo o *feedback* sobre a sua técnica de pedalada.

Do 6º ao 7º dia das sessões de prática, os indivíduos do grupo experimental e controle receberam FVA e FA por um minuto, respectivamente, para cada série de 2 minutos das sessões de prática, dessa forma, os indivíduos pedalavam 2 minutos e recebiam o *feedback* correspondente aos dois minutos anteriormente pedalados, o que fez com que os indivíduos recebessem um total de 20 minutos

de *feedback* para 40 minutos de pedalada na segunda fase das sessões de prática (2 sessões de 20 minutos de pedalada e 10 minutos de *feedback*).

Ao final das sessões de prática, os indivíduos do grupo experimental e controle receberam 75 minutos de FVA e FA, respectivamente, do 1º ao 5º dia (FASE 1) e 20 minutos do 6º ao 7º dia (FASE 2), totalizando 95 minutos de FVA para o grupo experimental e de FA para o grupo controle durante sete dias de sessões de prática.

Este estudo adotou uma redução maior do tempo de *feedback* em relação a estudos revisados. A redução da frequência de *feedback* da FASE 1 para a FASE 2 foi de aproximadamente 73%. Este procedimento foi adotado com o intuito de não causar dependência ao aprendiz, pois de acordo com SANDERSON & CAVANAGH (1990), a integralidade da informação visual pode causar dependência ao aprendiz comprometendo o movimento aprendido quando o mesmo é realizado sem o fornecimento de *feedback*. A comparação dos tempos, bem como o fornecimento de *feedback* de estudos revisados é apresentada em anexo (Anexo 4).

A apresentação de *feedback* ocorre no mesmo momento para ambos os grupos, sendo fornecido, para o grupo experimental, o FVA, e para o grupo controle, o FA. A periodização dos tempos de *feedback* durante as sessões de prática pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2 - Periodização dos tempos de FVA para o grupo experimental e FA para o grupo controle durante a realização das sessões de prática (sp indica a série de pedalada de onde foram registrados os sinais de força).

Tempo da sessão (min)	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia	7º dia
5 minutos de aquecimento							
1	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp
2	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Sp	Sp
3	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Feedback	Feedback
4	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Sp	Sp
5	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp
6	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback
7	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp
8	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Sp	Sp
9	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Feedback	Feedback
10	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Sp	Sp
11	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp
12	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback
13	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp
14	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Sp	Sp
15	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Feedback	Feedback
16	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Sp	Sp
17	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp
18	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback
19	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp
20	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Sp	Sp
21	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Feedback	Feedback
22	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Sp	Sp
23	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp
24	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback
25	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp
26	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Sp	Sp
27	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Feedback	Feedback
28	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Sp	Sp
29	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp
30	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback

O armazenamento dos arquivos para a visualização gráfica da pedalada de cada sujeito do grupo experimental teve a duração de 30 s, o que representa, aproximadamente, 30 ciclos consecutivos de pedalada. Na FASE 1, o registro foi realizado nos últimos 30 segundos da cada minuto da série de pedalada. Na FASE 2, o registro foi realizado nos últimos 30 segundos do segundo (último) minuto da série de pedalada.

Após o registro das forças aplicadas ao pedal pelo indivíduo, os dados foram processados através de uma rotina de processamento de dados (elaboradas no software SAD 32) desenvolvida adequadamente para cada momento deste estudo, ou seja, para o período de pré-experimento, para as sessões de prática e para o período de pós-experimento (ANEXO 5). Dessa forma, a curva de FE foi obtida e apresentada no monitor do computador. Em seguida, a curva foi analisada pelo avaliador e apresentada ao indivíduo do grupo experimental sobreposta à curva de referência. Assim era possível, para o indivíduo, ver o quão próximo, ou distante, estava a sua curva de FE em relação a curva de FE referência. Em seguida à apresentação da curva de FE ao indivíduo, foi apresentada ao mesmo, a planilha de orientação e fornecidas as informações sobre o direcionamento das forças no pedal. As informações sobre a curva de FE, bem como as informações sobre o direcionamento das forças no pedal, foram apresentadas ao indivíduo no intervalo das séries de pedalada, ou seja, dentro do tempo de um minuto.

O tempo de processamento das informações depois de adquiridas (gravadas) foi de, aproximadamente, 2 s. Dessa forma, a informação foi fornecida ao sujeito, aproximadamente, 2 s após a gravação, restando o tempo de, aproximadamente, 58 s para fornecer a apresentação da curva de FE e as informações para que os sujeitos pudessem melhorá-la.

Os indivíduos de ambos os grupos participaram das sessões de prática de forma individual, estando na presença apenas do avaliador e do operador do equipamento, mas mantendo contato apenas com o avaliador. Para uma melhor organização das séries de prática, foi realizada uma escala de horários para cada

indivíduo, sendo esta mantida ao longo de todo o processo, o que fazia com que os indivíduos praticassem sempre no mesmo horário. Este procedimento foi realizado com o intuito de minimizar qualquer interferência possível nos resultados adquiridos. A cada troca de indivíduos durante as sessões de prática, foram realizados os devidos ajustes na bicicleta, ou seja, os ajustes na altura do selim, bem como a troca de sapatilhas, quando necessário.

Transcorridas 24 horas após o encerramento das sessões de prática, os sujeitos foram submetidos à avaliação no período de pós-experimento.

3.6.3 Período de Pós-experimento

O período de pós-experimento foi composto de duas avaliações: (1) pós e (2) retenção.

Os dados do momento pós foram obtidos durante o que seria um 8º dia de sessões de prática. Devido a problemas posteriormente solucionados com o pedal-plataforma, aproveitou-se a primeira curva de força produzida pelos indivíduos sem recebimento de qualquer tipo de *feedback*. Dessa forma, o *software* bem como os equipamentos utilizados no momento pós foram os mesmos das sessões de prática, o que limitou o registro do VO_2 e, conseqüentemente, a análise da economia de movimento neste momento.

Para a retenção, foram adotados os mesmos critérios bem como utilizados os mesmos equipamentos do período de pré-experimento, incluindo o registro do VO_2 , o que permitiu, posteriormente, o cálculo da variável EC. Para o momento retenção, foi realizado um segundo ensaio de calibração do pedal-plataforma e,

para tanto, foram adotados os mesmos procedimentos realizados no primeiro ensaio de calibração (período de pré-experimento). Neste segundo ensaio de calibração encontrou-se uma relação linear tanto para componente de F_y (280,3932 N/V), quanto para componente de F_x (132,9103). O momento retenção foi adotado para verificar se houve aprendizagem por parte dos indivíduos, ou seja, se ocorreu modificação no padrão de aplicação de força no pedal entre o momento pós e o momento retenção com a ausência das sessões de prática.

3.7 Processamento dos Dados

Para análise dos sinais de força, utilizou-se o software SAD 32 e considerou-se uma média dos primeiros 10 ciclos completos de pedalada. Para a eliminação das frequências não características dos sinais de força, utilizou-se um filtro digital passa-baixa de 10 Hz. A partir dos dados correspondentes aos registros dos sinais de força, da posição e da orientação dos ângulos do pedal e do pé-de-vela, obtidos nos períodos de pré e pós-experimento, realizou-se o cálculo da FR (equação 1), FE (equação 2), IE (equação 5) e TE (equação 6) por meio das rotinas de processamento elaboradas neste mesmo *software* de maneira adequada para cada um dos momentos (pré, pós e retenção). O registro do consumo de oxigênio durante os períodos de pré e pós-experimento permitiu o cálculo da EC (equação 7).

Depois de conhecidos os valores de FE dos indivíduos, foi possível obter os valores de FE positiva e negativa ao longo do ciclo. Para tanto, foram recortados e integrados todos os intervalos positivos e negativos da curva de FE. Em seguida

foram somados todos os valores positivos integrados e todos os valores negativos integrados, obtendo-se, respectivamente, os valores totais de FE positiva e negativa.

Após estes procedimentos realizou-se o cálculo das médias e desvios-padrão, em ambos os grupos, do IE e TE ao longo do ciclo da pedalada. Em seguida calculou-se o IE nas fases de propulsão (0 – 180°) e recuperação (180 - 360°) e, posteriormente, foi realizado o cálculo da FE positiva e da FE negativa ao longo do ciclo da pedalada. Calculou-se, também, os valores de EC, para ambos os grupos, nos momentos pré e retenção.

Depois de obtidos os valores de IE, FE positiva e FE negativa ao longo do ciclo da pedalada, do IE na fase de propulsão e recuperação e das curvas representando a TE, foram realizados dois tipos de análise: (1) análise intra-grupos e (2) análise inter-grupos, ao longo dos três momentos de coleta dados, exceto EC, que foi obtida, apenas, no pré-experimento e na retenção.

Na análise intra-grupos foram realizadas comparações dos valores médios de IE, FE positiva e negativa ao longo do ciclo e IE na fase de propulsão e recuperação, além da EC. Também foram realizadas comparações de forma qualitativa das curvas médias de TE de cada grupo.

Na análise inter-grupos foram comparados os valores médios de IE, FE positiva e negativa ao longo do ciclo e IE na fase de propulsão e recuperação do grupo experimental com o grupo controle. Também foi realizada uma análise qualitativa na qual compararam-se as curvas médias de TE do grupo experimental com o grupo controle.

3.8 Tratamento Estatístico dos Dados

Foi realizada a análise descritiva dos dados, com o cálculo das médias e dos desvios-padrão. Após foi verificada a normalidade, a homogeneidade e a esfericidade dos dados com a utilização dos testes de Shapiro-Wilk, Levene e Mauchly, respectivamente.

Para a comparação intra-grupos das variáveis IE ao longo do ciclo, IE nas fases de propulsão e recuperação e FE positiva e negativa ao longo do ciclo, utilizou-se análise de variância para medidas repetidas e um teste *post-hoc* de Bonferroni para verificar as diferenças entre os momentos (efeitos das sessões de aprendizagem). Já para a comparação da EC entre os períodos pré-experimento e retenção, aplicou-se um teste *T* de Student para dados dependentes. Adotou-se este procedimento em função desta variável ter sido comparada em apenas dois momentos (pré-teste e retenção).

Já para a comparação das mesmas variáveis (IE ao longo do ciclo, IE nas fases de propulsão e recuperação, FE positiva e negativa ao longo do ciclo e EC), inter-grupos, aplicou-se um teste *T* de Student para dados independentes. Utilizou-se o *software* SPSS (versão 12.0) e adotou-se $\alpha = 0,05$ como nível de significância.

4 Apresentação dos Resultados

Os resultados das seguintes variáveis são apresentados na forma de tabelas e figuras para os grupos experimental e controle: (1) Índice de Efetividade ao longo do ciclo da pedalada, (2) Taxa de Efetividade ao longo do ciclo da pedalada; (3) Índice de Efetividade nas fases de propulsão e recuperação do ciclo da pedalada; (4) Força Efetiva positiva e Força Efetiva negativa ao longo do ciclo da pedalada e (5) Economia de movimento. Além dos resultados das análises estatísticas intra e inter-grupos, também são apresentadas comparações qualitativas, quando pertinentes.

Os dados apresentaram distribuição normal e, quando testados, homogeneidade de variâncias e esfericidade assumida. Os resultados das análises de normalidade, homogeneidade e esfericidade são apresentados no Anexo 5. Quando os resultados forem apresentados no texto em termos de média e desvio-padrão, este será representado entre parênteses, após o sinal \pm .

4.1 Índice de Efetividade ao Longo do Ciclo da Pedalada

A tabela 3 apresenta os resultados de índice de efetividade dos grupos experimental e controle. As comparações apresentadas são entre os momentos pré, pós e retenção em cada grupo.

Tabela 3 - IE (%) dos grupos experimental e controle nos três momentos; n = número de indivíduos em cada grupo. Letras iguais indicam diferenças estatísticas ($p < 0,05$).

Grupo	N	Pré	Pós	Retenção
Exp	10	26,9 ± 4,43 ^{a, b}	53 ± 12,87 ^{a, c}	65,9 ± 6,31 ^{b, c}
Cont	9	27±2,95 ^{a, b}	46,77±9,58 ^a	44,33± 8,06 ^b

A comparação das médias de IE do grupo experimental mostrou diferença significativa ($F(2, 16) = 57,043$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,877$) entre os três momentos estudados (pré, pós e retenção). Este resultado mostra que aproximadamente 87,7% da variância do IE podem ser explicados pelo aprendizado.

As diferenças significativas encontradas entre os momentos no grupo experimental foram entre pré e pós ($p = 0,001$), pré e retenção ($p < 0,001$) e pós e retenção ($p = 0,006$).

No grupo controle a comparação das médias de IE nos três momentos indicou diferença significativa ($F(2, 16) = 25,166$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,759$). Este resultado mostra que, aproximadamente, 75,9% da variância no IE podem ser explicados pelo aprendizado e pelo FA.

As diferenças significativas entre os momentos, no grupo controle, foram entre pré e pós ($p = 0,001$) e pré e retenção ($p < 0,001$). Não foi observada

diferença significativa na média de IE entre os momentos pós e retenção ($p = 0,427$). As comparações dos valores de IE inter-grupos nos três momentos de avaliação podem ser visualizadas na Figura 17.

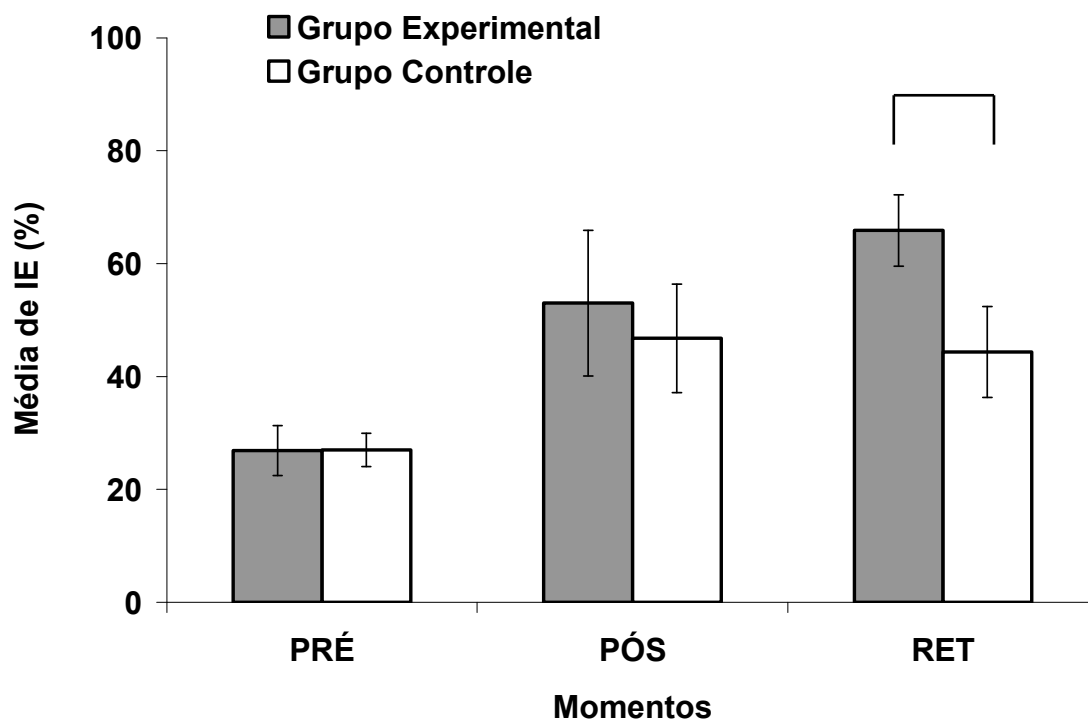


Figura 17 - Comparação das médias de IE entre os grupo experimental e controle nos três momentos. O colchete (\square) indica diferença significativa inter-grupos.

Na comparação das médias de IE do grupo experimental com o grupo controle no momento pré não houve diferença significativa ($T(17) = 1,644$; $p = 0,955$).

Embora o grupo experimental tenha apresentado um valor médio de IE maior do que o grupo controle no momento pós, não houve diferença entre o IE dos dois grupos ($T(17) = 0,392$; $p = 0,253$).

A comparação das médias de IE dos grupos experimental e controle, no momento retenção, indicou diferença significativa ($T(17) = 0,899$; $p < 0,001$), com maiores valores para o grupo experimental.

4.2 Taxa de Efetividade ao Longo do Ciclo da Pedalada

A Figura 18 mostra as curvas médias da TE do grupo experimental ao longo do ciclo da pedalada nos três momentos de avaliação, note-se que as avaliações e comparações da TE são de cunho qualitativo.

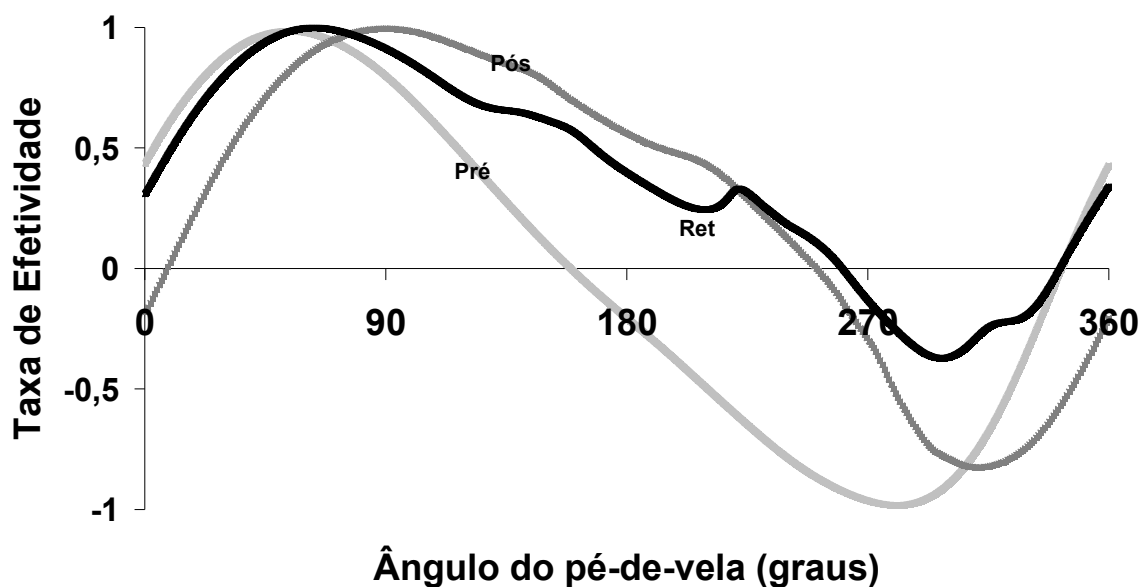


Figura 18 - Taxa de efetividade do grupo experimental ao longo do ciclo da pedalada durante os três momentos de avaliação (pré, pós e retenção); $n = 10$.

Entre os momentos pré e pós, no grupo experimental, foi observado um melhor aproveitamento na técnica da pedalada ao longo dos quatro quadrantes do ciclo, sendo as melhoras mais expressivas no segundo e terceiro quadrantes. Já entre os momentos pré e retenção foi observado melhor aproveitamento na técnica da pedalada ao longo do segundo e terceiro quadrantes, mas a diferença mais relevante ocorreu no quarto quadrante do ciclo. Já entre os momentos pós e retenção, observou-se melhor aproveitamento na técnica de pedalada no primeiro e quarto quadrantes, sendo que as mais expressivas ocorreram no quarto quadrante do ciclo.

A Figura 19 mostra as curvas médias da TE do grupo controle ao longo do ciclo da pedalada nos três momentos de avaliação. Observe novamente que as avaliações e comparações da TE são de cunho qualitativo.

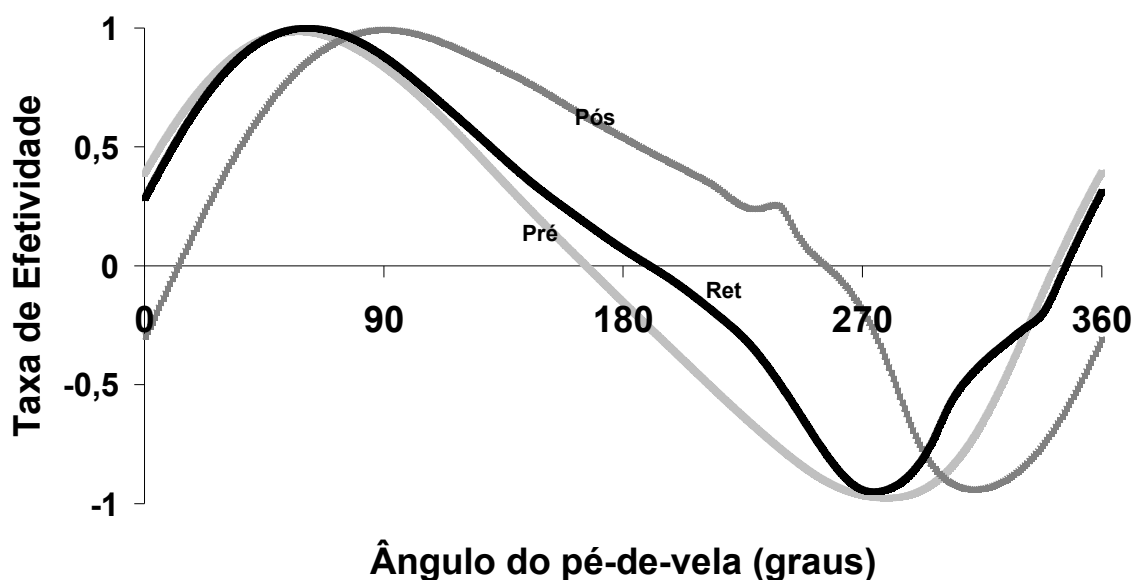


Figura 19 - Taxa de efetividade do grupo controle ao longo do ciclo da pedalada durante os três momentos de avaliação (pré, pós e retenção), n = 9.

Entre os momentos pré e pós do grupo controle, observaram-se modificações na TE ao longo dos quatro quadrantes, sendo as mais expressivas no segundo e terceiro quadrantes. Entre os momentos pré e retenção não foram observadas modificações relevantes no comportamento da curva ao longo do ciclo, apenas pequenas modificações no segundo e terceiro quadrantes do ciclo. Já entre os momentos pós e retenção, foram observadas modificações na TE ao longo dos quatro quadrantes, obtendo, o grupo controle, um melhor aproveitamento na TE, no segundo e terceiro quadrantes do ciclo no momento pós.

A Figura 20 mostra as curvas médias da TE dos grupos experimental e controle ao longo do ciclo da pedalada. É possível visualizar a similaridade da técnica de ambos os grupos no momento pré.

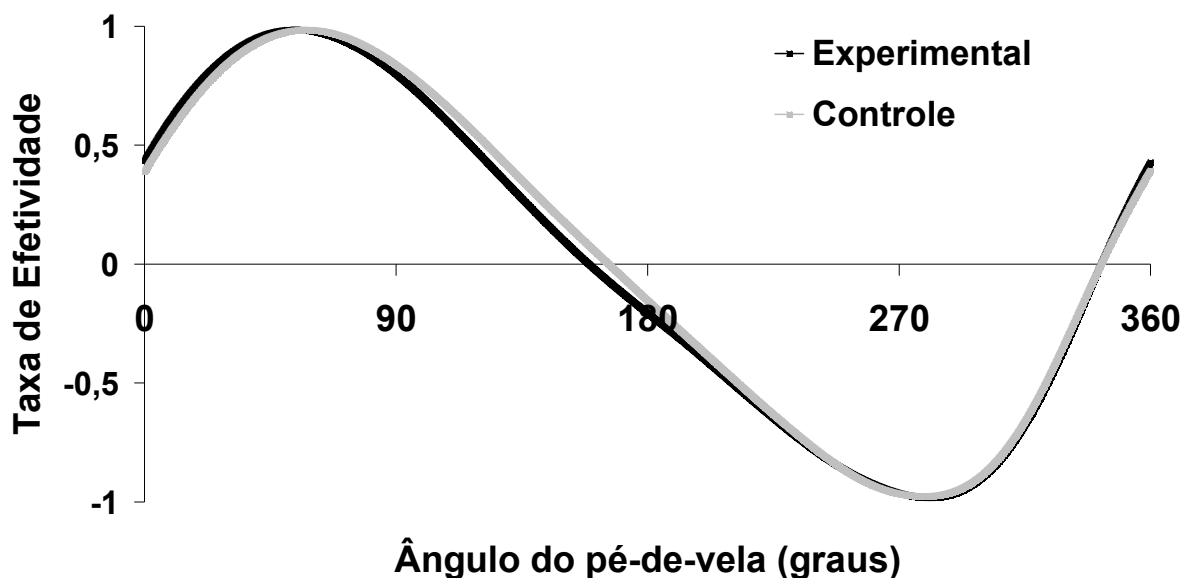


Figura 20 - Taxa de efetividade média dos grupos experimental e controle sobrepostos no momento pré ao longo do ciclo da pedalada.

A Figura 21 mostra as curvas médias da TE dos grupos experimental e controle ao longo do ciclo da pedalada no momento pós. Há uma similaridade técnica de ambos os grupos após as sessões de aprendizagem.

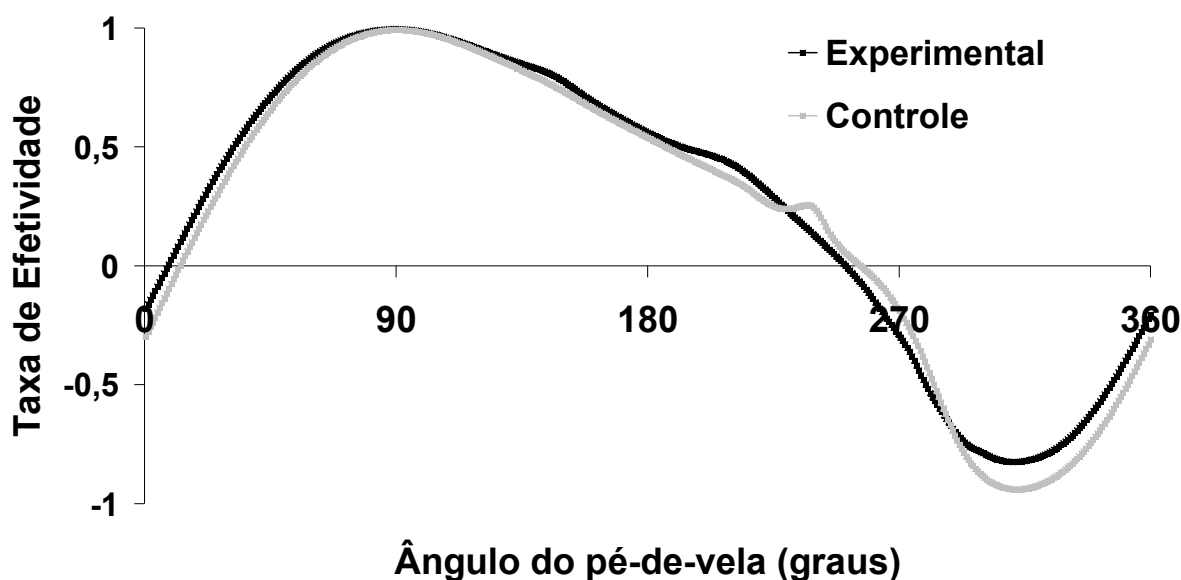


Figura 21 - Taxa de efetividade média dos grupos experimental e controle sobrepostos no momento pós ao longo do ciclo da pedalada.

Já a Figura 22 mostra as curvas médias da TE dos grupos experimental e controle ao longo do ciclo da pedalada no momento retenção. Foi possível visualizar um melhor aproveitamento na técnica da pedalada do grupo experimental quando comparado ao grupo controle no momento retenção, principalmente no segundo, terceiro e quarto quadrantes do ciclo.

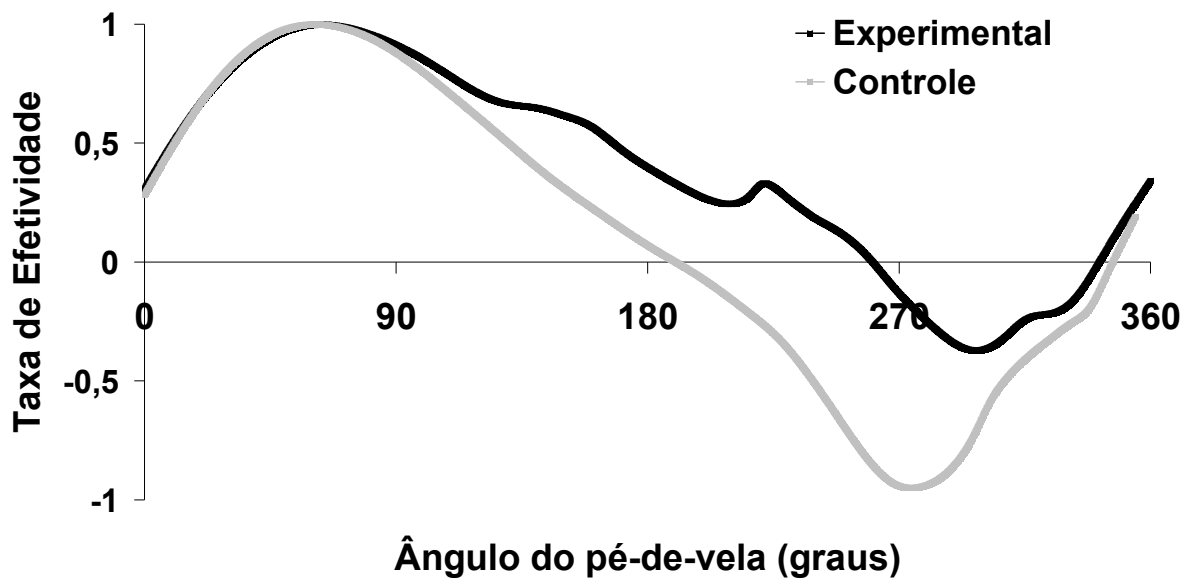


Figura 22 - Taxa de efetividade média dos grupos experimental e controle sobrepostos no momento retenção ao longo do ciclo da pedalada.

Ressalta-se, novamente, que as comparações efetuadas intra e inter-grupos das curvas representativas da taxa de efetividade, dos grupos experimental e controle, são de cunho qualitativo.

4.3 Índice de Efetividade nas Fases de Propulsão e Recuperação do Ciclo da Pedalada

Na análise do IE na fase de propulsão do grupo experimental observou-se, no momento pré, uma média de 58% ($\pm 6\%$). Já no momento pós, esta média aumentou para 75% ($\pm 5\%$). No momento retenção, a média de IE foi a mais alta 79% ($\pm 6\%$).

As médias de IE do grupo experimental nos três momentos (pré, pós e retenção) mostraram diferença significativa ($F(2, 18) = 41,971$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,823$). Este resultado explica que aproximadamente 82,3% da variância no IE é atribuído ao aprendizado.

A Figura 23 mostra a comparação das médias de IE do grupo experimental nos três momentos na fase de propulsão do ciclo da pedalada.

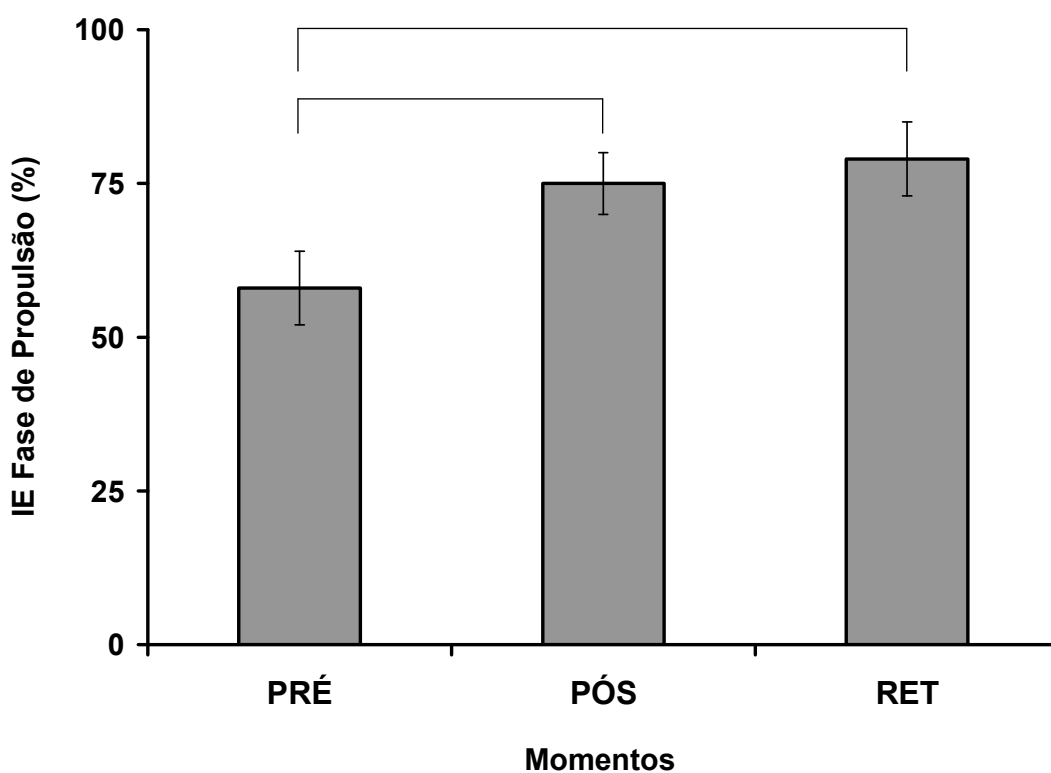


Figura 23 - Comparação de índice de efetividade no grupo experimental na fase de Propulsão do Ciclo da Pedalada. O colchete (\square) indica diferença significativa, $n = 10$.

As diferenças significativas, no grupo experimental, ocorreram do momento pré para o pós ($p < 0,001$) bem como do pré para o retenção ($p < 0,001$). Já do momento pós para o retenção não houve diferença significativa ($p = 0,18$).

Na análise do IE do grupo controle na fase de propulsão observou-se, no momento pré, uma média de IE de 61% ($\pm 6\%$). Já no momento pós, a média de IE foi de 73% ($\pm 3\%$). No momento retenção, a média de IE sofreu uma diminuição, ficando em 68% ($\pm 4\%$). As médias de IE do grupo controle nos três momentos (pré, pós e retenção) mostraram diferença significativa ($F(2, 16) = 19,710$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,711$). Este resultado explica que aproximadamente 71,1% da variância no IE é atribuído ao aprendizado.

A Figura 24 mostra a comparação das médias de IE do grupo controle nos três momentos na fase de propulsão do ciclo da pedalada.

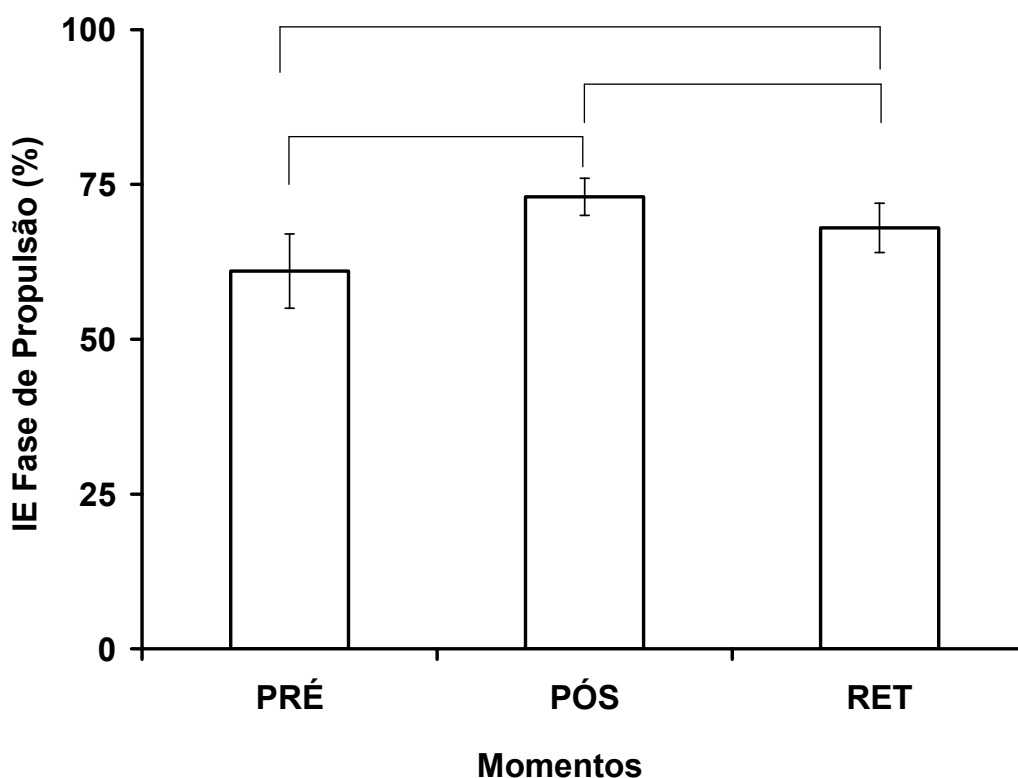


Figura 24 - Comparação de índice de efetividade no grupo controle na fase de Propulsão do Ciclo da Pedalada. O colchete (\square) indica diferença significativa, $n = 9$.

As diferenças significativas entre os momentos, para o grupo controle, ocorreram entre pré e pós ($p = 0,001$); pré e retenção ($p = 0,010$) bem como do pós para o retenção ($p = 0,007$).

As médias de IE dos grupos experimental e controle na fase de propulsão no período de pré-experimento apresentaram valores semelhantes, sendo 58% ($\pm 6\%$) para o grupo experimental e 61% ($\pm 6\%$) para o grupo controle. Na comparação das médias de IE na fase de propulsão entre os grupos experimental e controle, no momento pré, não houve diferença significativa ($T(17) = -0,984$; $p = 0,339$).

No momento pós, o grupo experimental aumentou sua média de IE na fase de propulsão para 75% ($\pm 5\%$) e o grupo controle para 73% ($\pm 3\%$). Ambos os grupos apresentaram aumento em suas médias de IE na fase de propulsão e, quando comparadas, verificou-se que não houve diferença significativa entre essas médias ($T(17) = 1,094$; $p = 0,289$).

No momento retenção, o grupo experimental apresentou um aumento na média de IE para 79% ($\pm 6\%$). Já o grupo controle apresentou uma diminuição na sua média de IE para 68% ($\pm 4\%$). Na comparação das médias de IE na fase de propulsão dos grupos experimental e controle no momento retenção, foi observada diferença significativa ($T(17) = 4,390$; $p < 0,001$). Estes resultados podem ser melhor observados na Figura 25.

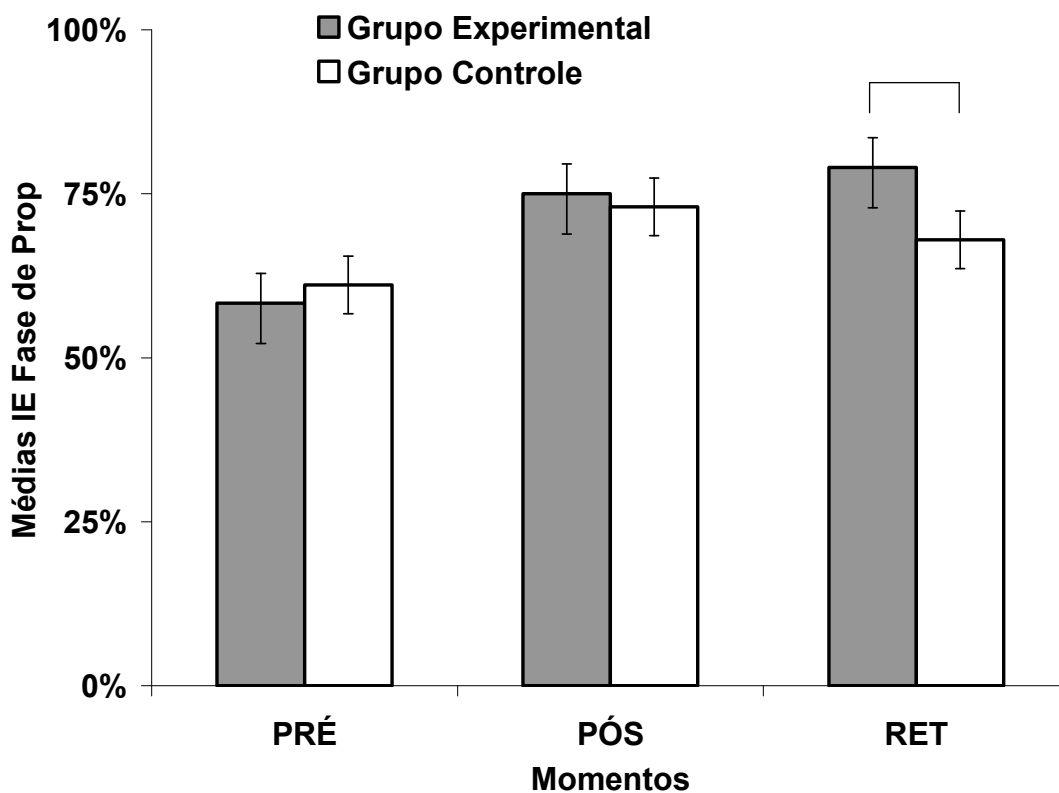


Figura 25 - Comparação das médias de índice de efetividade na fase de propulsão inter-grupos. O colchete (\square) indica diferença significativa.

Na análise do IE na fase de recuperação do grupo experimental observou-se, no momento pré, uma média de -52% ($\pm 5\%$). Já no momento pós, esta média aumentou para -15% ($\pm 31\%$). No momento retenção, o grupo experimental obteve valores positivos na fase de recuperação com um IE médio de 13% ($\pm 27\%$).

As médias de IE do grupo experimental nos três momentos mostraram diferença significativa ($F(2, 18) = 24,025$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,727$). Este resultado indica que 72,7% da variância do IE estão relacionados com o aprendizado.

A Figura 26 mostra os resultados da comparação das médias de IE do grupo experimental nos três momentos na fase de recuperação do ciclo da pedalada.

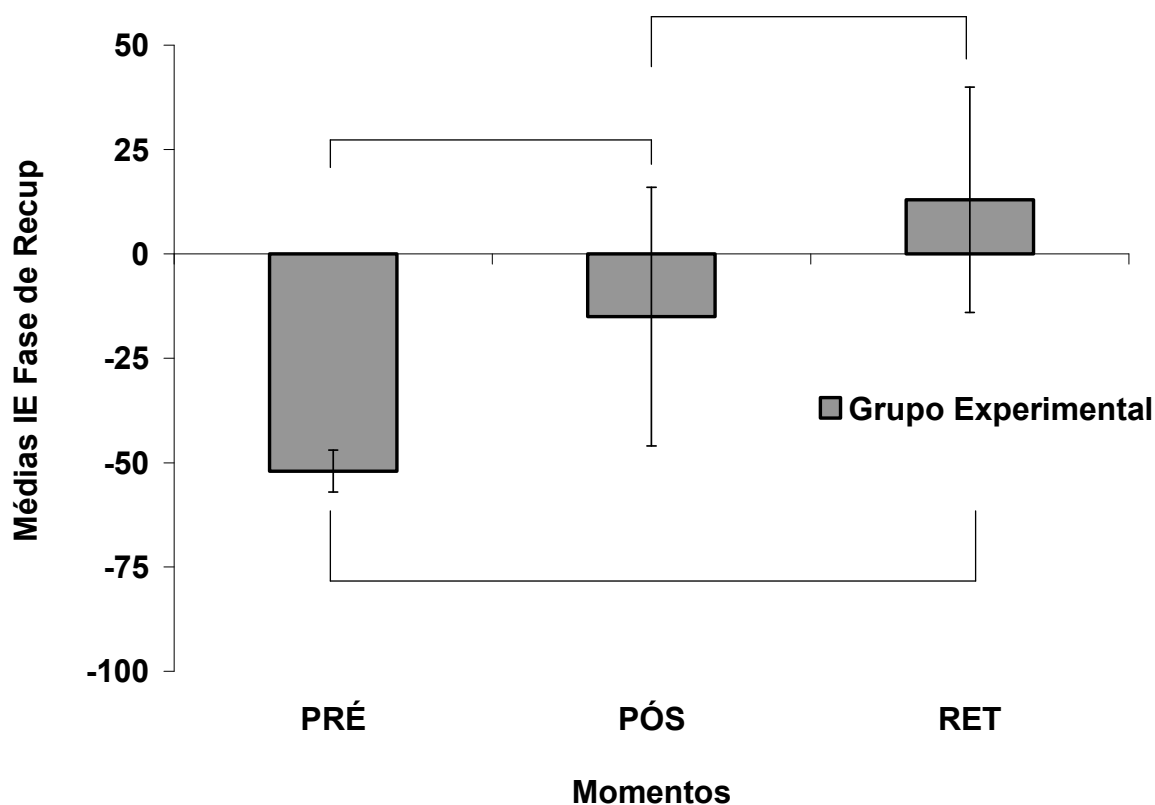


Figura 26 - Comparação de IE do grupo experimental na fase de recuperação do Ciclo da Pedalada. O colchete (\square) indica diferença significativa.

As diferenças significativas ocorreram do momento pré para o pós ($p = 0,03$), do pré para a retenção ($p < 0,001$) bem como do pós para o retenção ($p = 0,029$).

Na análise do IE na fase de recuperação do grupo controle observou-se, no momento pré, uma média de IE de $(-53 \pm 4)\%$. Já no momento pós, essa média

aumentou para $(-26 \pm 20)\%$. No momento retenção, a média de IE na fase de recuperação diminuiu para $(-32 \pm 15)\%$.

As médias de IE nos três momentos, do grupo controle, mostraram diferença significativa ($F(2, 16) = 9,520$; $p = 0,002$; $\eta^2 = 0,543$). Este resultado explica que 54,3% da variância do IE está relacionado ao aprendizado e ao FA.

A Figura 27 mostra os resultados da comparação das médias IE do grupo controle nos três momentos na fase de recuperação do ciclo da pedalada.

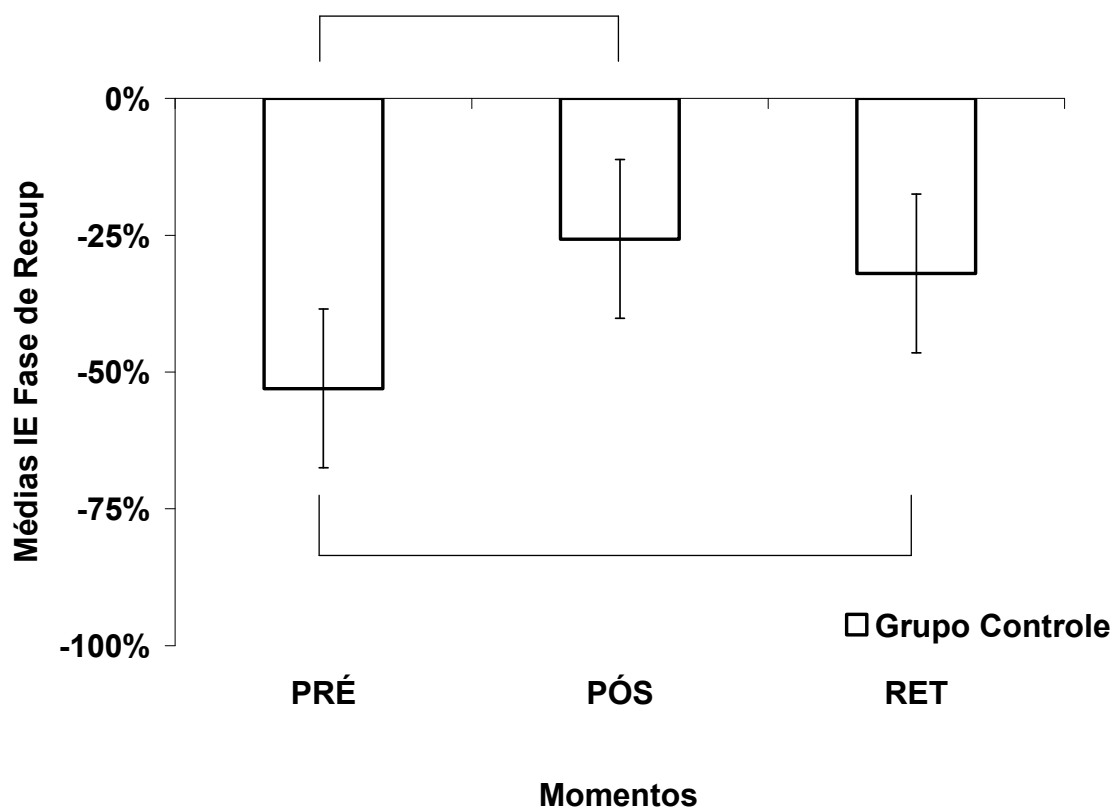


Figura 27 - Comparação de IE no grupo controle na fase de recuperação do Ciclo da Pedalada. O colchete (\square) indica diferença significativa.

As diferenças significativas ocorreram entre os momentos pré e pós ($p = 0,006$); bem como do pré para o retenção ($p = 0,002$).

As médias de IE dos grupos experimental e controle na fase de recuperação no momento pré apresentaram valores semelhantes, sendo -52% ($\pm 5\%$) para o grupo experimental e -53% ($\pm 4\%$) para o grupo controle. Na comparação das médias de IE na fase de recuperação do grupo experimental com o grupo controle no momento pré, não houve diferença significativa ($T(17) = 0,169$; $p = 0,868$).

No momento pós, os grupos experimental e controle aumentaram suas médias de IE na fase de recuperação para -15% ($\pm 31\%$) e -26% ($\pm 20\%$), respectivamente. Na comparação das médias de IE na fase de recuperação no momento pós entre os dois grupos, não se observou diferença significativa ($T(17) = 0,894$; $p = 0,384$).

No momento retenção, o grupo experimental apresentou valores positivos na fase de recuperação com uma média de IE de 13% ($\pm 27\%$). Já o grupo controle diminuiu sua média de IE para -32% ($\pm 15\%$). Na comparação das médias de IE na fase de recuperação dos grupos experimental e controle no momento retenção, observou-se diferença significativa ($T(17) = 4,479$; $p < 0,001$). Estes resultados das comparações inter-grupos podem ser melhor observados na Figura 28.

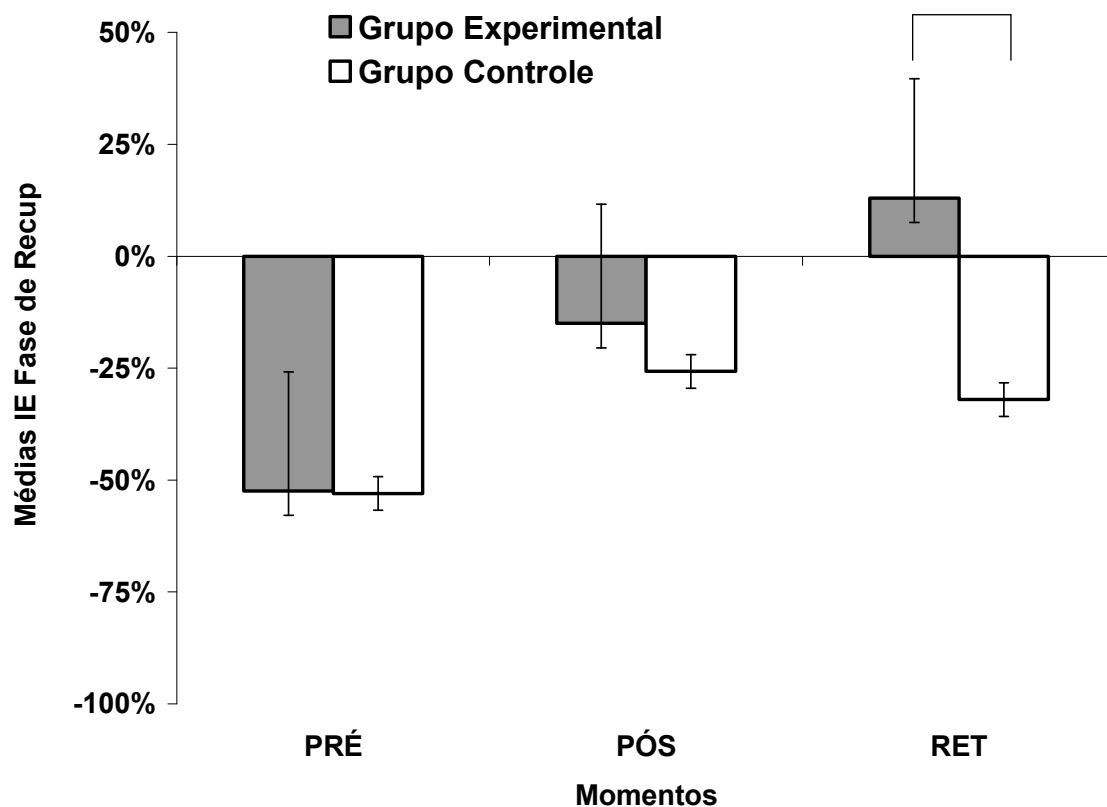


Figura 28 - Comparação de IE inter-grupos na fase de recuperação do Ciclo da Pedalada. O colchete (\square) indica diferença significativa.

4.4 Força Efetiva Positiva e Força Efetiva Negativa ao Longo do Ciclo da Pedalada

Na análise da FE positiva do grupo experimental observou-se, no momento pré, uma média de 72,36% (\pm 3,90%). Já no momento pós, esta média aumentou para 87,43% (\pm 7,17%). No momento retenção, o grupo experimental aumentou ainda mais a FE positiva, obtendo uma média de 95,09% (\pm 3,77%). Já na análise da FE negativa do grupo experimental mostrou, no momento pré, uma média de

27,63% ($\pm 3,90\%$). No momento pós, esta média diminuiu para 12,56% ($\pm 7,17\%$). E no momento retenção, o grupo experimental diminuiu mais a FE negativa, obtendo uma média de 4,90% ($\pm 3,77\%$; Figura 29).

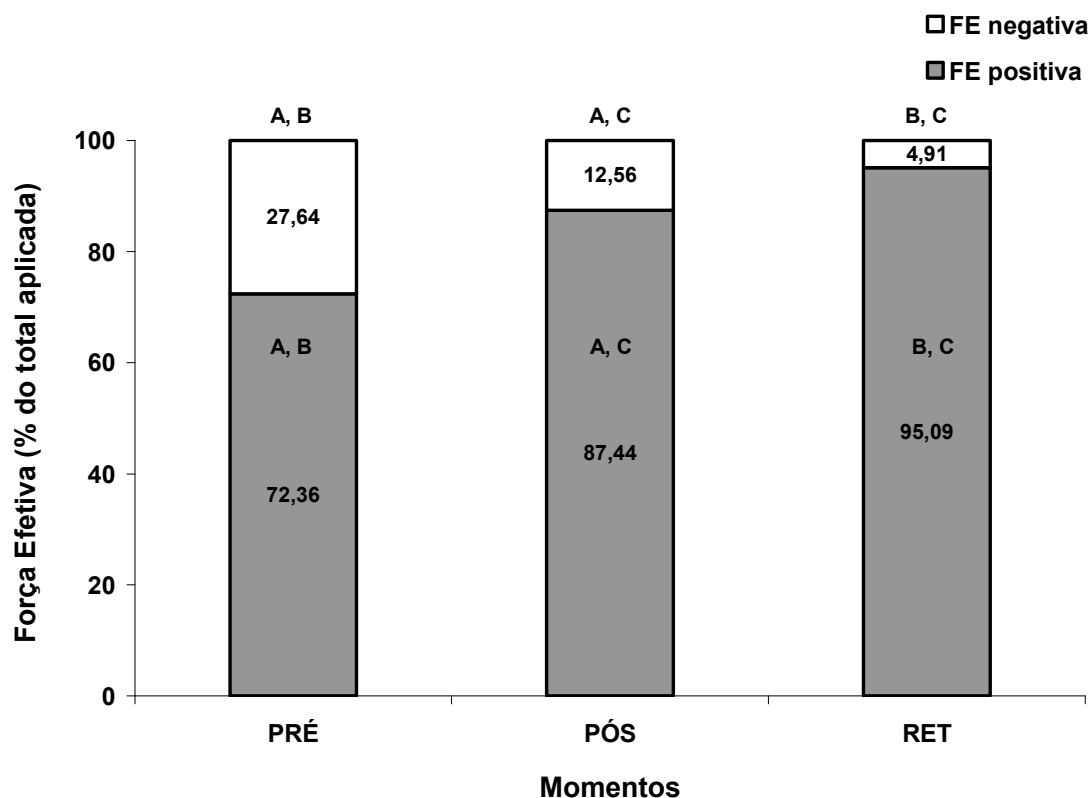


Figura 29 - Força Efetiva positiva e negativa (%) do grupo experimental nos três momentos avaliados. Letras iguais indicam diferença significativa.

Foram encontradas diferenças significativas entre os três momentos (pré, pós e retenção) no grupo experimental ($F(2, 18) = 59,520$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,869$). Este resultado mostra que 86,9% da variância no FE positiva podem ser explicados pelo aprendizado. As diferenças significativas ocorreram do momento

pré para o pós ($p < 0,001$), do pré para o retenção ($p < 0,001$) bem como do pós para o retenção ($p = 0,029$).

Diferenças estatísticas significativas foram encontradas entre os três momentos do grupo experimental ($F(2, 18) = 58,052$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,866$). Este resultado explica que 86,6% da variância no FE negativa podem ser atribuídos ao aprendizado. As diferenças significativas ocorreram do momento pré para o pós ($p = 0,001$), do pré para o retenção ($p < 0,001$) e do pós para o retenção ($p = 0,009$).

Na análise da FE positiva do grupo controle observou-se, momento pré, uma média de 72,26% ($\pm 2,08\%$). Já no momento pós, essa média aumentou para 84,39% ($\pm 6,73\%$). No momento retenção, a média de FE positiva, também, aumentou para 85,52% ($\pm 5,72\%$). Na análise da FE negativa do grupo controle observou-se, no momento pré uma média de 27,73% ($\pm 2,08\%$). Já no momento pós, essa média diminuiu para 15,60% ($\pm 6,73\%$). No momento retenção, o grupo controle também diminuiu a FE negativa, obtendo uma média de 14,47% ($\pm 6,73\%$; Figura 30).

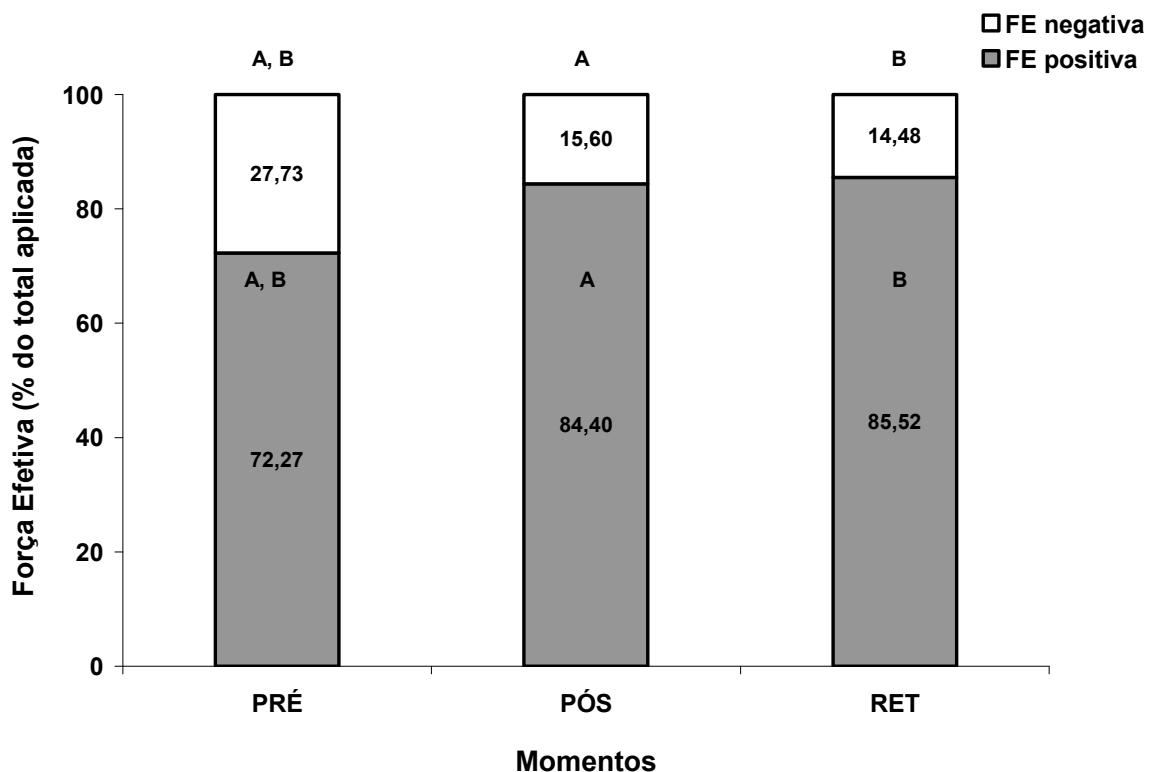


Figura 30 - Força Efetiva positiva e negativa (%) do grupo controle nos três momentos avaliados. Letras iguais indicam diferença significativa.

As médias de FE positiva nos três momentos do grupo controle, quando comparadas, mostraram diferença significativa ($F(2, 16) = 24,839$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,756$). Este resultado mostra que 75,6 % da variância no FE positiva podem ser explicados pelo aprendizado. As diferenças significativas ocorreram entre os momentos pré e pós ($p = 0,002$); bem como do pré para retenção ($p = 0,001$). Entre os momentos pós e o retenção não foi encontrado diferença significativa. As médias de FE negativa nos três momentos, do grupo controle, quando comparadas, mostraram diferença significativa ($F(2, 16) = 18,947$; $p < 0,001$; $\eta^2 =$

0,703). Este resultado mostra que 70,3% da variância no FE negativa são explicados pelo aprendizado. As diferenças significativas ocorreram entre os momentos pré e pós ($p = 0,006$); bem como do pré para o retenção ($p < 0,001$). Entre os momentos pós e retenção não foi encontrado diferença significativa ($p = 1$).

A Figura 31 apresenta as comparações inter-grupos. Por meio desta é possível visualizar as diferenças entre os grupos experimental e controle nos três momentos avaliados (pré, pós e retenção).

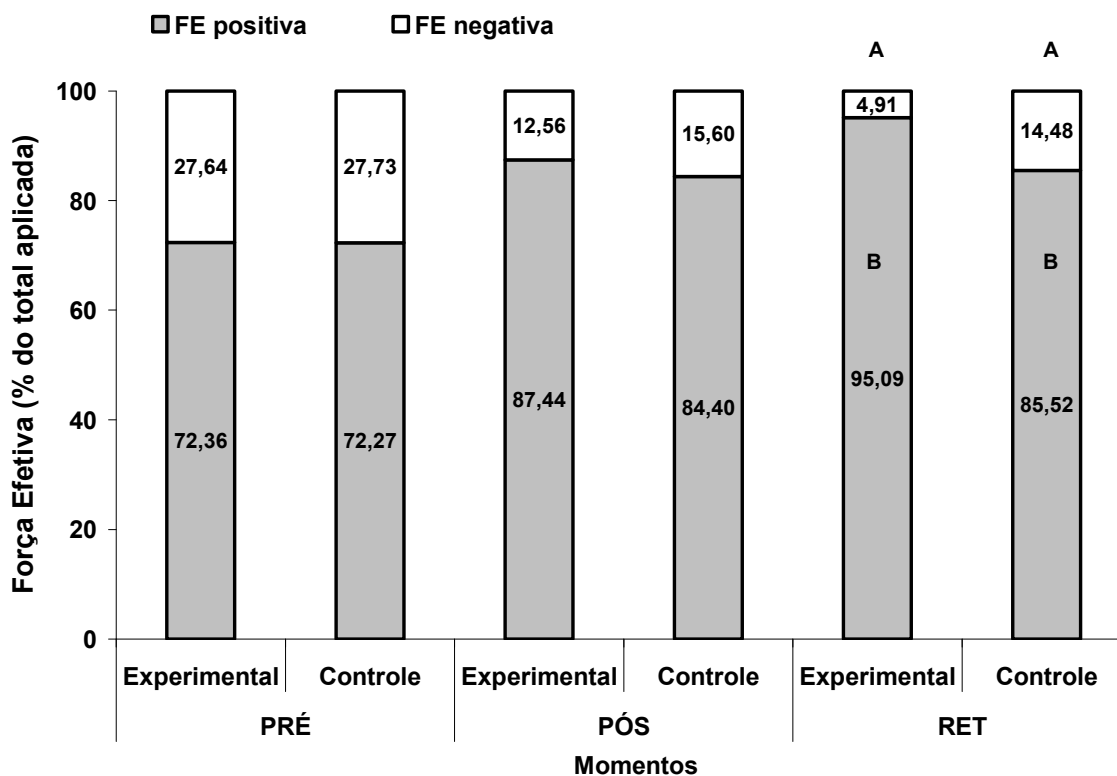


Figura 31 – Comparação das médias de Força Efetiva positiva e negativa (% do total de FE aplicada) dos grupos experimental e controle nos três momentos avaliados. Letras iguais indicam diferença significativa.

As médias de FE positiva dos grupos experimental e controle no momento pré apresentaram valores semelhantes. Na comparação das médias de FE positiva do grupo experimental com o grupo controle no momento pré, não houve diferença significativa ($T(17) = 0,616$; $p = 0,546$). Em consequência deste fato, as médias de FE negativa dos grupos experimental e controle no momento pré, também, apresentaram valores semelhantes. Na comparação das médias de FE negativa do grupo experimental com o grupo controle no momento pré, não houve diferenças significativas ($T(17) = 0,064$; $p = 0,950$).

No momento pós, embora o grupo experimental tenha apresentado um valor médio de FE positiva maior do que o grupo controle, ao realizar-se comparação das médias, constatou-se que não houve diferença significativa entre os grupos ($T(17) = -1,186$; $p = 0,252$). Em decorrência do aumento no percentual de aplicação de FE positiva no momento pós, observou-se, em ambos os grupos, uma diminuição nos valores de FE negativa, sendo que, para o grupo experimental, o valor médio de FE negativa foi menor do que o do grupo controle. Ao realizar-se a comparação das médias dos dois grupos, constatou-se que não houve diferença significativa entre os mesmos ($T(17) = 0,950$; $p = 0,355$).

Já no momento retenção, ambos os grupos apresentaram, novamente, aumento na média de FE positiva. Na comparação das médias de FE positiva dos grupos experimental e controle no momento retenção, observou-se diferença significativa ($T(17) = -6,432$; $p < 0,001$). Por esta razão, também se observou, em ambos os grupos, diminuição do percentual de aplicação de FE negativa ao longo do ciclo da pedalada. Na comparação das médias de FE negativa dos grupos

experimental e controle no momento retenção, observou-se diferença significativa ($T(17) = 4,351; p < 0,001$).

4.5 Economia de Movimento

Neste estudo não foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre os valores de VO_2 intra e inter-grupos, entre os momentos pré e retenção. A tabela 4 apresenta os valores de consumo de oxigênio de ambos os grupos.

Tabela 4 - Média \pm d.p. de VO_2 ($l \cdot \text{min}^{-1}$) durante os testes de obtenção das forças; n = número de indivíduos em cada grupo.

Grupo	n	Pré	Retenção
Exp	10	1,71 \pm 0,34	1,62 \pm 0,31
Cont	9	1,72 \pm 0,27	1,65 \pm 0,30

Em relação aos valores de EC, na análise do grupo experimental observou-se, no momento pré, uma média de EC de 3,32 (\pm 1,12) $\text{Kj} \cdot \text{l}^{-1}$. Já no momento retenção, esta média aumentou para 5,84 (\pm 1,12) $\text{Kj} \cdot \text{l}^{-1}$. Estes resultados podem ser observados na Figura 32.

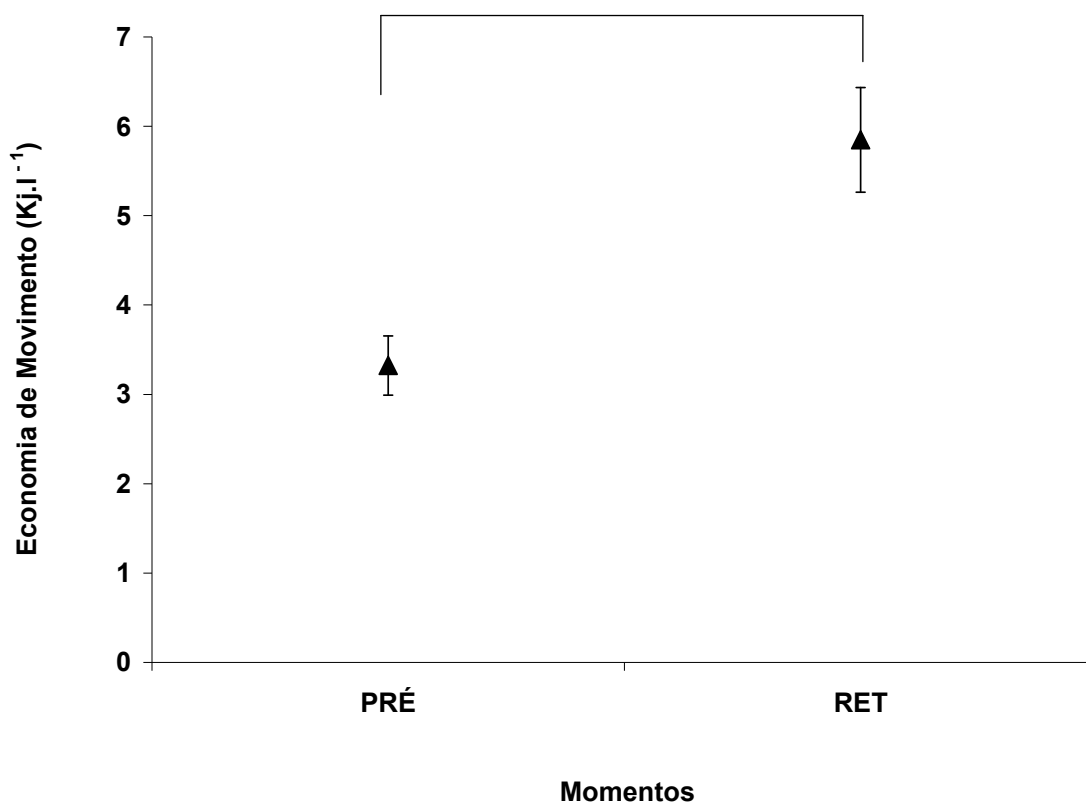


Figura 32 - Comparação entre os períodos de pré e retenção do grupo experimental. O colchete (∩) indica diferença significativa.

Na comparação das médias de EC entre o momento pré e a retenção do grupo experimental observou-se diferença significativa ($p < 0,01$).

Na análise do grupo controle observou-se, no momento pré, uma média de EC de $3,97 (\pm 0,92) \text{ Kj.l}^{-1}$. Já no momento retenção, esta média aumentou para $4,75 (\pm 0,70) \text{ Kj.l}^{-1}$. Estes resultados podem ser observados na Figura 33.

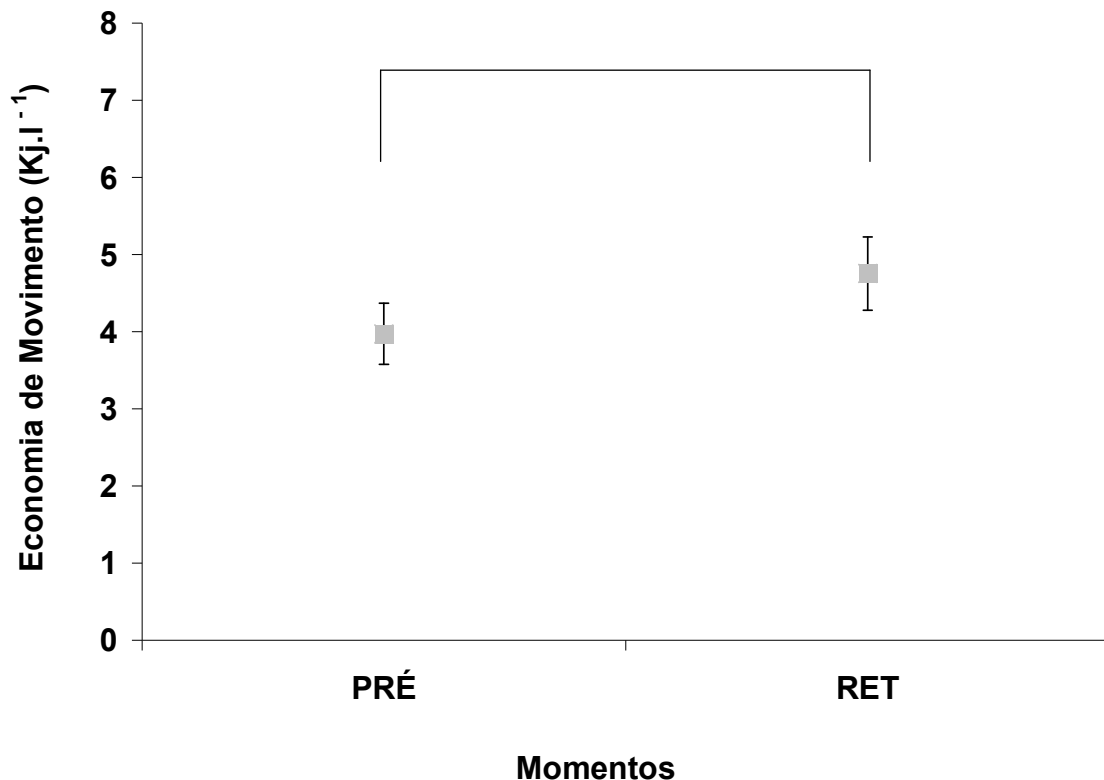


Figura 33 - Comparação entre os momentos pré e retenção do grupo controle. O colchete (□) indica diferença significativa.

Na comparação das médias de EC entre os momentos pré e retenção, do grupo controle, observou-se diferença significativa ($p = 0,030$).

A comparação entre os valores de EC inter-grupos mostrou similaridade entre os dados ($T (17) = 1,364$; $p = 0,190$).

No momento retenção, ambos os grupos apresentaram aumentos nas médias de EC. Na comparação das médias de EC dos grupos experimental e controle, no momento retenção, observou-se diferença significativa ($T (17) = -2,246$; $p = 0,038$). Estes resultados podem ser observados na Figura 34.

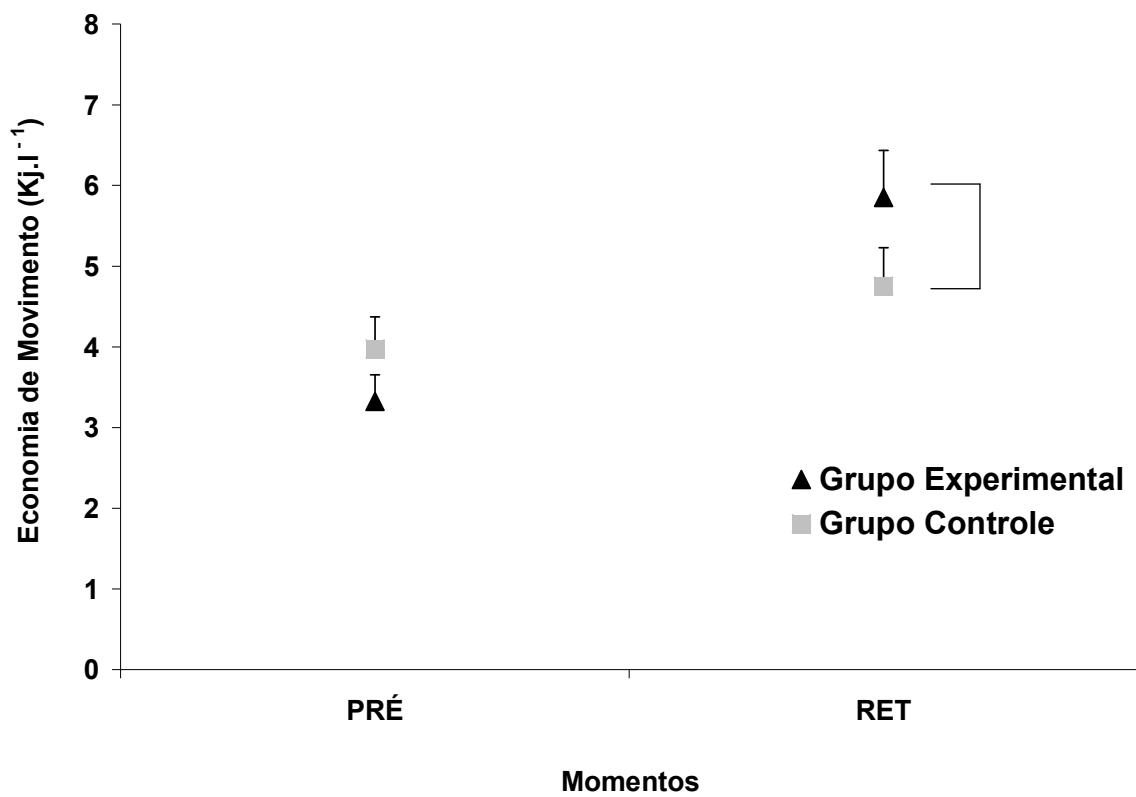


Figura 34 - Comparação da Economia de movimento dos grupos e experimental e controle. O colchete (]) indica diferença significativa.

5 Discussão dos Resultados

O *design* metodológico deste estudo foi desenvolvido a fim de atender os objetivos relacionados ao ensino da técnica de pedalada no ciclismo por meio de um sistema de *feedback* visual aumentado. De maneira específica, esses objetivos estavam relacionados a (1) melhorar o índice de efetividade (IE) ao longo do ciclo da pedalada; (2) melhorar o IE nas fases de propulsão e recuperação do ciclo da pedalada; (3) aumentar a aplicação de força efetiva (FE) positiva ao longo do ciclo da pedalada; (4) diminuir a aplicação de FE negativa ao longo do ciclo da pedalada e (5) aumentar a economia de movimento (EC) ao longo do ciclo da pedalada.

De modo geral, os resultados das variáveis analisadas neste estudo indicaram que houve aprendizado da técnica da pedalada em ambos os grupos (experimental e controle). O grupo experimental, que recebeu FVA, apresentou, ainda, resultados mais consistentes do que o grupo controle, que recebeu, apenas, FA.

De modo específico, os resultados que indicam a constatação do aprendizado podem ser verificados na análise de cada um dos resultados de IE,

taxa de efetividade (TE), IE nas fases de propulsão e recuperação, FE positiva e negativa e EC.

5.1 Índice de Efetividade ao longo do ciclo da pedalada

O IE é uma variável que depende da FE. Já a FE depende da magnitude e da orientação das componentes de força normal (F_y) e tangencial (F_x) aplicadas no pedal, uma vez que é considerada a força transmitida para o pé-de-vela, gerando torque propulsor. Sendo assim, pode-se inferir que o IE é a variável que melhor expressa a técnica da pedalada (LAFORTUNE & CAVANAGH, 1983).

Ao final das sessões de aprendizagem, pode-se observar, que os resultados encontrados no momento pós (Tabela 3) corroboram com a literatura no que diz respeito à melhora do IE com a prática da pedalada. No entanto, representam mais do que o triplo da diferença encontrada por HENKE (1998), que observou um aumento de 8% na média de IE entre o período de pré e pós-experimento. Entretanto, HENKE (1998) realizou um protocolo de apenas uma sessão de trinta minutos com FVA e não utilizou um teste de retenção para avaliar a aprendizagem da técnica da pedalada por parte dos indivíduos. Portanto, a comparação entre o estudo de HENKE (1998) com o presente estudo, refere-se apenas à diferença encontrada entre os momentos pré e pós.

O resultado esperado em relação ao teste de retenção do grupo experimental era que se mantivesse igual ao momento pós, ou que, pelo menos, não fosse significativamente menor, para que se pudesse confirmar a hipótese da aprendizagem da técnica da pedalada. Entretanto, observou-se um aumento

significativo na média de IE do momento pós para o momento retenção de aproximadamente 12,9% (Tabela 3).

Este aumento pode estar relacionado com a memória visual armazenada durante as sessões de aprendizagem e com *feedback* intrínseco. Na tentativa de manter o mesmo padrão de aplicação de força no pedal, obtido no momento pós, que foi realizado no dia seguinte à última sessão de aprendizagem, e, portanto, com memória visual recente, os indivíduos buscaram não só a imagem (neste caso o FVA) armazenada no repertório motor, mas também, os recursos adotados por eles como forma de aprendizado intrínseco e armazenados na memória (SINGER, 1975). Estes dois fatores somados podem ter causado uma “otimização” das informações fornecidas para a execução da técnica da pedalada, uma vez que o indivíduo tenha utilizado outras fontes proprioceptivas de informação, e estas, por sua vez, tenham contribuído de forma positiva para a realização do movimento.

O armazenamento de informações proprioceptivas pode estar relacionado com a redução do FVA ao longo das sessões de aprendizagem, pois, à medida que a informação visual era reduzida, era necessário adquirir outras fontes de informação para auxiliar na realização do movimento e compensar as informações retiradas quando o FVA fora removido (TANI et al., 2004).

Segundo SANDERSON & CAVANAGH (1990), o ensino na técnica da pedalada não se trata de um processo de aprendizagem, mas de reaprendizagem, visto que o indivíduo já aprendeu, durante a infância, a andar de bicicleta. Porém, o enfoque adotado na infância era apenas o equilíbrio, e não o direcionamento das forças aplicadas ao pedal da bicicleta. Dessa forma, é necessário que o indivíduo

armazene novas informações na memória para execução de uma nova habilidade, ampliando, assim, seu repertório motor, o que pode contribuir na criação de novas estratégias de aplicação de força.

Outro fator de destaque é que o aumento da média do IE no teste de retenção mostra, também, que a redução do FVA, ao longo das sessões de aprendizagem, não causou nenhuma dependência aos indivíduos do grupo experimental. Este fato está de acordo com estudos relacionados com o ensino do ciclismo, nos quais também não se observou dependência por parte dos indivíduos com a redução do FVA (SANDERSON & CAVANAGH, 1990; BROKER et al., 1993).

O aumento da média do IE do grupo controle do momento pré para o pós foi de, aproximadamente, 19%. Esta diferença está de acordo com a literatura no que diz respeito ao percentual de aumento do momento pré para o pós, já que HENKE (1998) obteve um aumento de 8% na média do IE ao longo do ciclo da pedalada entre os mesmos momentos.

Porém, com relação à média do IE no momento pós, HENKE (1998) encontrou uma média de 59% ao longo do ciclo da pedalada, enquanto que o grupo controle obteve uma média, aproximadamente, 12% menor.

O aumento do IE, observado entre os momentos pré e pós, pode ser atribuído ao uso do FA. Já entre os momentos pós e retenção, houve uma diminuição na média de IE, porém, sem diferença significativa, o que mostra que os indivíduos do grupo controle mantiveram a similaridade no nível de desempenho, mesmo com um intervalo de uma semana sem pedalar e sem FA. De acordo com ROSE (1997), MAGILL (2000) e SCHMIDT & WRISBERG (2001),

a aprendizagem é observada a partir de níveis estáveis no desempenho da técnica de um movimento; portanto, este fato também caracteriza a aprendizagem.

Os resultados do grupo controle contradizem os resultados de SANDERSON & CAVANAGH (1990), que utilizaram FVA para a modificação mecânica do padrão da pedalada. No estudo de SANDERSON & CAVANAGH (1990), o grupo controle manteve níveis estáveis no desempenho da técnica da pedalada tanto no pós-teste 1, quanto no pós-teste 2 (retenção) em relação ao pré-teste. Dessa forma, pode-se afirmar que, no presente estudo, mesmo com valor significativamente menor na média do IE em relação ao FVA, o FA também proporcionou aprendizagem.

A Figura 16 mostrou o efeito da aprendizagem no grupo experimental decorrente da utilização do FVA. No grupo controle não se observou o mesmo efeito. Isto confirma a primeira hipótese deste estudo de que o FVA melhora o IE ao longo do ciclo da pedalada. Assim FVA apresenta-se como a ferramenta mais adequada para ensinar a técnica da pedalada no ciclismo, pois a diferença na média do IE entre os grupos foi 21%, ou seja, houve, ao final das sessões de aprendizagem, superioridade do FVA em relação ao FA.

O fato de o grupo experimental ter obtido, no momento retenção, um valor maior de IE em relação ao grupo controle, significa que os indivíduos que receberam o FVA conseguiram transferir para o pé-de-vela uma maior percentual da força total aplicada no pedal.

Embora a literatura apresente estudos nesta linha de investigação, com algumas diferenças de desenho experimental, procedimentos metodológicos e procedimentos de análise, pode-se afirmar que os resultados de IE do presente

estudo estão de acordo com os achados na literatura. No que diz respeito ao efeito da aprendizagem mediante o uso de FVA, estudos que também avaliaram a retenção dos indivíduos em sete dias observaram níveis estáveis no desempenho da técnica da pedalada, não havendo redução no desempenho da técnica da pedalada durante execução do movimento (SANDERSON & CAVANAGH, 1990; BROKER et al., 1993), o que, para SINGER (1975), ROSE (1997), MAGILL (2000) e SCHMIDT & WRISBERG (2001), caracteriza a aprendizagem.

Este fato está, possivelmente, associado à apresentação do FVA. De acordo com HENKE (1998), a informação visual possibilita uma aprendizagem mais rápida da técnica da pedalada, pois permite uma comparação entre o aprendizado intrínseco e o extrínseco, ou seja, entre o que os indivíduos estão sentindo durante o movimento da pedalada e o que os mesmos realmente produziram e visualizaram ao final do movimento.

Com relação às médias do IE, é possível estabelecer algumas comparações com estudos realizados com objetivos diferentes do presente estudo, mas que também avaliaram ciclistas recreacionais e calcularam o IE ao longo da pedalada.

No estudo realizado por ERICSON & NISSEL (1988), que avaliou a diferença das forças aplicadas no pedal com a utilização de pedais de ciclismo e pedaleiras em seis sujeitos do sexo masculino, sob diferentes cadências, cargas e alturas de selim, encontraram-se médias de IE de 44% ($\pm 1\%$) na cadência de 60 rpm. Este resultado de ERICSON & NISSEL (1988) assemelha-se ao do grupo controle do presente estudo, o que reflete que, mesmo o grupo controle sendo submetido a sessões de aprendizagem recebendo FA, manteve sua média

semelhante a indivíduos avaliados na mesma cadência e sem serem submetidos a qualquer tipo de sessão de aprendizagem com *feedback*. No entanto, para ERICSON & NISSEL (1988), o IE consiste da razão entre a FE e a FR, o que, neste estudo, é considerado como taxa de efetividade (TE) e apresentado através de uma curva. Já o IE, no presente estudo, consiste na razão entre o impulso linear da FE e o impulso linear da FR.

DAVIS & HULL (1981), diferentemente de ERICSON & NISSEL (1988), utilizam a potência para o cálculo do IE. Em uma situação em que os indivíduos pedalaram na cadência de 80 rpm, apresentou-se uma média de IE de 26,6%, o que é inferior à média do grupo controle do presente estudo (44,33 %). Este resultado (aumento de IE no grupo controle) contradiz os achados de ERICSON & NISSEL (1988), indicando, de alguma forma, que possa ter ocorrido aprendizagem também no grupo controle, pois este, após receber FA, apresentou valores médios de IE maiores do que os indivíduos que foram simplesmente avaliados e não receberam nenhum tipo de *feedback*.

No estudo realizado por LAFORTUNE & CAVANAGH (1983), que avaliou a efetividade da pedalada de ciclistas recreacionais e calculou o IE utilizando a razão entre o impulso linear da FE e o impulso linear da FR, que corresponde ao cálculo do presente estudo, foi encontrado um valor médio de IE de 48,1%. Este valor é similar à média do grupo controle, o que, novamente, remete à suposição de que o FA não foi tão eficaz para o ensino da técnica da pedalada quando comparado ao FVA.

Os resultados do estudo realizado por LAFORTUNE & CAVANAGH (1983), apresentam uma média de IE aproximadamente 17% menor em relação à média

do grupo experimental do presente estudo no momento retenção. Este dado mostra que a diferença do grupo experimental (que recebeu FVA), com o grupo controle (que recebeu FA) e com grupos que não receberam nenhum tipo de *feedback*, é praticamente a mesma, confirmando a eficiência do FVA no ensino da técnica da pedalada no ciclismo.

Resultados similares de IE foram encontrados por HENKE (1998), que utilizou um sistema de FVA em tempo real para avaliar ciclistas competidores profissionais e encontrou média de IE, ao final de um único teste, de 60%, que se assemelha à média de IE obtida pelo grupo experimental. Os sujeitos do estudo de HENKE (1998), pedalarão em uma cadência de 60 rpm com carga de 200 W.

COYLE et al. (1991) avaliaram as características fisiológicas e biomecânicas de 15 ciclistas de elite pertencentes USCF (Federação de Ciclismo dos Estados Unidos) divididos em duas categorias: categoria 1 – ciclistas com a média de tempo abaixo de 56 minutos para 40 Km contra-relógio; e categoria 2 – ciclistas com a média de tempo acima de 56 minutos para 40 Km contra-relógio. Com relação aos achados biomecânicos deste estudo, foram encontradas médias de IE de 63,5% ($\pm 4,7\%$) para a categoria 1 e 69,3% ($\pm 3,2\%$) para a categoria 2.

Ao comparar os resultados encontrados por COYLE et al. (1991) com os do presente estudo, foram verificadas médias similares de IE do grupo experimental quando comparado às categoria 1 e 2. Esta comparação também foi realizada apenas de forma ilustrativa com o intuito de mostrar que o aumento na média do IE do grupo experimental foi relevante.

SANDERSON & BLACK (2003) avaliaram o efeito do ciclismo prolongado nas forças aplicadas ao pedal, em doze ciclistas homens pertencentes à CCA

(*Canadian Cycling Association*). Os ciclistas pertenciam a modalidades distintas, sendo sete ciclistas de estrada de categoria 1, 2 ou 3 e cinco ciclistas de *mountain bike* de categoria *Sport*, *Expert* ou *Elite*. Estes pesquisadores, ao final do experimento, encontraram uma média de IE de 63% ($\pm 9\%$), similar à média do grupo experimental no momento retenção.

Isto mostra que a média de IE alcançada pelo grupo experimental, com a realização das sessões de aprendizagem utilizando o FVA, apresenta valores condizentes com as médias de IE encontradas na literatura. Isso sugere que este grupo aprendeu a técnica da pedalada, embora utilizando uma carga de trabalho muito inferior à utilizada por ciclistas de elite.

O grupo controle, por sua vez, apresentou uma diminuição no IE no momento retenção para 44,33% ($\pm 8,06\%$). Mas, uma vez que esta diferença não foi significativa em relação ao momento pós, é possível afirmar que houve aprendizagem também no grupo controle mediante o uso do FA; porém, com uma média de IE inferior à do grupo experimental (cerca de 21%).

Entretanto, ao comparar o grupo controle com outros estudos, observa-se uma grande diferença no que diz respeito à técnica da pedalada, pois a média de IE do grupo controle, quando comparada à média de IE do estudo realizado por HENKE (1998), apresenta valores, aproximadamente, 15% menores. Este mesmo grupo, quando comparado com as categorias 1 e 2 do estudo de COYLE et al. (1991), apresentou valores médios menores (respectivamente 19% e 24%) de IE.

Estes resultados mostram que a média de IE do grupo controle, após a realização das sessões de aprendizagem com FA, está bem abaixo das médias de ciclistas de elite encontradas na literatura, o que sugere uma certa deficiência na

técnica da pedalada. Além disso, a diferença de aproximadamente 21% nas médias de IE encontrada entre o grupo experimental e o grupo controle é semelhante à diferença encontrada entre a literatura e o grupo controle.

Estes resultados mostram que, embora o grupo controle tenha mostrado valores estáveis no desempenho, o que caracteriza a aprendizagem da técnica da pedalada, ainda apresenta um padrão técnico não condizente ao de ciclistas de elite. Já o grupo experimental apresenta um padrão técnico coerente ao de ciclistas, embora exista uma grande diferença na carga de trabalho utilizada.

Os achados do presente estudo mostram que mesmo o FA proporcionando aprendizagem para o grupo controle, o FVA apresenta um efeito muito superior na aprendizagem, considerando-se os resultados obtidos por meio da análise do IE. Além disso, esta variável é a que tem sido utilizada para o estudo da aprendizagem motora, por ser a que melhor expressa a técnica da pedalada.

5.2 Taxa de Efetividade ao longo do ciclo da pedalada

Uma outra maneira de se visualizar a efetividade da pedalada é por meio da taxa de efetividade (TE).

A Figura 17 mostrou a TE do grupo experimental nos três momentos avaliados. A partir de uma análise qualitativa, pode-se visualizar, na comparação entre os momentos pré e pós, uma melhora na técnica da pedalada ao longo dos quatro quadrantes do ciclo, sobretudo no segundo e terceiro quadrantes. Este resultado pode ser atribuído, principalmente, a uma melhor orientação empregada

na força aplicada ao pedal, ou seja, os indivíduos do grupo experimental, conseguiram melhorar o direcionamento da componente tangencial da força (F_x).

Na comparação entre os momentos pré e retenção, pode-se observar na figura 17, que o grupo experimental conseguiu aprimorar ainda mais o direcionamento da componente F_x . Esta melhora apareceu no segundo, terceiro e, principalmente, no quarto quadrante do ciclo. Já entre os momentos pós e retenção, observou-se, também, um melhor aproveitamento das forças aplicadas ao pedal, porém no primeiro e quarto quadrantes do ciclo.

Ao final das sessões de aprendizagem e, após a realização do momento pós, pode-se observar, por meio do momento retenção, que o grupo experimental conseguiu melhorar substancialmente sua técnica de pedalada. Este resultado pode ser atribuído ao efeito do FVA, que proporcionou a este grupo, pelo comportamento apresentado nas curvas de TE (Figura 17), não só um aumento da magnitude, mas, principalmente, um melhor direcionamento das forças aplicadas ao pedal. Este fato culminou na aproximação da curva de TE do valor 1 no primeiro e segundo quadrantes, que significa uma maior aplicação de força total propulsora, e distanciou a curva de TE do valor -1 no terceiro e quarto quadrantes, que significa uma redução na aplicação de força total retrógrada.

A Figura 18 mostra a TE do grupo controle nos três momentos avaliados. A análise qualitativa, na comparação entre os momentos pré e pós, revelou algumas modificações na TE ao longo dos quatro quadrantes do ciclo, sendo as mais expressivas durante o segundo e terceiro quadrantes. Este resultado pode estar relacionado a um melhor direcionamento da componente F_x .

Na comparação entre os momentos pré e retenção, observou-se, apenas, pequenas modificações durante o terceiro e quarto quadrantes, porém, sem muita relevância. A curva de TE no momento retenção apresentou um comportamento muito semelhante ao momento pré. Na comparação entre os momentos pós e retenção, observou-se em melhor aproveitamento na TE durante o terceiro e quarto quadrantes.

Após a realização das sessões de aprendizagem, pode-se observar, no momento retenção, que o grupo controle não conseguiu manter o mesmo aproveitamento na TE apresentado no momento pós. Além disso, este grupo, no momento retenção, apresentou um comportamento na TE semelhante ao momento pré, o que significa que houve uma redução no aproveitamento adquirido com as sessões de aprendizagem. Este fato mostra que o grupo controle sofreu certa dependência do FA, comprometendo o desempenho adquirido, quando este *feedback* foi removido.

O momento pré dos grupos experimental e controle, quando comparados (Figura 19), mostraram um comportamento semelhante na TE, o que remete ao fato de que ambos os grupos apresentavam uma similar efetividade na pedalada, antes dos mesmos serem submetidos às sessões de aprendizagem. No momento pós (Figura 20), este comportamento não se alterou, ou seja, ambos os grupos ainda apresentaram um comportamento semelhante ao final das sessões de aprendizagem. No entanto, no momento retenção (Figura 21), o grupo experimental apresentou um desempenho superior ao grupo controle, o qual confirma os resultados obtidos no IE. Estes resultados podem ser explicados da mesma forma que os resultados obtidos na análise do IE, resultados atribuídos ao

uso do FVA, que permitiu um maior aprendizado intrínseco e não causou dependência com a sua remoção.

De acordo com MAGILL (2000), a aprendizagem não pode ser observada diretamente, somente pode ser inferida a partir de níveis estáveis no desempenho de uma habilidade. Dessa forma, pode-se inferir que houve aprendizado pelo grupo experimental, uma vez que este apresentou níveis estáveis no desempenho da técnica da pedalada.

5.3 Índice de efetividade nas fases de propulsão e recuperação do ciclo da pedalada

A Figura 22 mostrou o aumento da média do IE na fase de propulsão para o grupo experimental, do momento pré para o pós. Este resultado representa uma melhora significativa na execução da técnica da pedalada, e demonstra que a utilização do FVA foi adequada durante este processo.

Do momento pós para o retenção não ocorreu aumento na média de IE, mas também não ocorreu redução na mesma. Este resultado está de acordo com que se esperava, pois o grupo experimental manteve o nível de desempenho na técnica da pedalada, o que, segundo alguns autores, corresponde à aprendizagem (SINGER, 1975; ROSE, 1997; MAGILL, 2000; SCHMIDT & WRISBERG, 2001).

O fato de o grupo experimental manter sua média de IE no momento retenção, mesmo com um intervalo de sete dias, durante os quais os sujeitos não pedalaram, sugere as mesmas conclusões da análise do IE ao longo do ciclo da pedalada. Esta manutenção do IE pode ser atribuída à memória visual aliada às

informações proprioceptivas adquiridas pelos indivíduos com a redução do FVA durante as sessões de aprendizagem.

Não foram encontrados, na literatura, estudos que avaliaram a retenção, tanto de ciclistas quanto de não-ciclistas, na fase de propulsão do ciclo da pedalada.

A Figura 23 mostrou que o grupo controle apresentou uma melhora significativa na média do IE de aproximadamente 12% na fase de propulsão após as sessões de aprendizagem. Entretanto, este grupo não conseguiu manter o nível de desempenho com o intervalo de uma semana sem pedalar e sem FA, pois diminuiu a média de IE em, aproximadamente, 5%. Esta diminuição representa, possivelmente, a carência de aprendizagem por parte deste grupo.

Este fato sugere que o grupo controle, mesmo com a redução da quantidade de *feedback* ao longo das sessões, desenvolveu um certo grau de dependência do FA. Na tentativa de manter o mesmo desempenho do momento pós, estes indivíduos recorreram somente às informações proprioceptivas armazenadas na memória.

Pode-se inferir que a falta de memória visual comprometeu o aprendizado do grupo controle, uma vez que as informações proprioceptivas adquiridas durante as sessões de aprendizagem não foram suficientes para estes indivíduos manterem o mesmo desempenho na execução da pedalada no momento retenção.

A Figura 24 mostrou que, após a realização das sessões de aprendizagem, observou-se, em ambos os grupos, no momento pós, uma melhora significativa na técnica da pedalada na fase de propulsão. Isto significa que tanto o grupo

experimental, quanto o grupo controle, conseguiram transferir para o pé-de-vela um percentual maior da força total aplicada ao pedal no 1º e 2º quadrantes do ciclo da pedalada.

O aumento do IE na fase de propulsão está relacionado diretamente com a quantidade de FE aplicada ao pé-de-vela; portanto, depende tanto da magnitude, quanto da orientação das forças aplicadas ao pedal (DAVIS & HULL, 1981; LAFORTUNE & CAVANAGH, 1983; CAVANAGH & SANDERSON, 1986; ERICSON & NISSEL, 1988; COYLE et al., 1991; BURKE, 1996). Logo, para modificar sua técnica de pedalada, os indivíduos poderiam tanto aumentar a magnitude da força, quanto melhorar o direcionamento das componentes de força aplicadas nos dois primeiros quadrantes do ciclo. No presente estudo, a preocupação nas sessões de aprendizagem foi com o direcionamento das componentes F_y e F_x da força aplicada ao pedal e não com a magnitude da força.

Acredita-se que uma possível explicação para este resultado seja a qualidade das informações verbais transmitidas a partir da planilha de orientação, pois estas foram transmitidas para ambos os grupos de forma idêntica, o que corresponde à semelhança na média do IE após a realização das sessões de aprendizagem. Já o efeito do FVA não foi observado neste caso, uma vez que não foi observada diferença significativa entre os grupos experimental e controle no momento pós.

Em estudos prévios (SANDERSON & CAVANAGH, 1990; BROKER et al., 1993; HENKE, 1998) não foi observada a utilização de um recurso extra para a transmissão de informações sobre o direcionamento das forças aplicadas no pedal, nem a planilha de orientação utilizada neste estudo.

A diferença na média de IE na fase de propulsão, entre os grupos experimental e controle no momento retenção, mostra claramente o efeito da aprendizagem para o grupo experimental, não se observando o mesmo para o grupo controle. Este fato evidencia a superioridade do FVA no processo de ensino-aprendizagem da técnica da pedalada na fase de propulsão.

Na análise da fase de propulsão era esperado um melhor aproveitamento da técnica da pedalada para o grupo experimental. Este resultado se confirmou e está coerente com a análise do IE ao longo do ciclo da pedalada, provavelmente pelo ensino da técnica da pedalada a partir de cada quadrante do ciclo. Isto significa que os indivíduos poderiam adquirir uma melhora global na média de IE, mas, quando analisada por fases, esta diferença poderia não ser significativa.

Embora os estudos relacionados com o ensino do ciclismo para não-ciclistas não mostre a análise da fase de propulsão dos indivíduos, pode-se afirmar que a média de IE do grupo experimental na fase de propulsão está coerente com as médias obtidas por estudos que avaliaram ciclistas de elite (COYLE et al, 1991; SANDERSON & BLACK, 2003). No entanto, deve-se salientar que os atletas permanecem pedalando durante um tempo muito maior e com cargas muito maiores quando comparados a indivíduos não-ciclistas.

De acordo com FARIA (1992), ciclistas de elite apresentam uma grande capacidade de transferir, para o pé-de-vela, a força aplicada no pedal, gerando um desperdício de força pequeno, e, conseqüentemente, aumentando o aproveitamento das forças aplicadas. Segundo este mesmo autor, este fato pode ser em decorrência da adaptação destes indivíduos ao movimento da pedalada devido ao tempo de treinamento.

Na fase de propulsão, o grupo experimental, no período de pós-experimento (retenção), apresentou uma média de IE de 79% ($\pm 6\%$). Estes resultados mostram que, após a realização das sessões de aprendizagem, o grupo experimental conseguiu, por meio do FVA, direcionar de forma mais adequada tanto a F_y , quanto a F_x na fase de propulsão, ou seja, no 1º e 2º quadrantes do ciclo de pedalada. Em função disso, conseguiram um melhor aproveitamento da força aplicada ao pedal, o que resultou em uma média de IE correspondente à do grupo de ciclistas relatados na literatura (COYLE et al, 1991; SANDERSON & BLACK, 2003).

Os resultados do IE na fase de propulsão também são condizentes com a literatura, pois, de acordo com FARIA (1992), o IE de ciclistas de elite pode chegar a 76% na fase de propulsão, resultado semelhante ao encontrado no grupo experimental do presente estudo no momento retenção.

COYLE et al. (1991), no mesmo estudo em que avaliaram o IE ao longo do ciclo da pedalada dos ciclistas de elite da USCF das categorias 1 e 2, também avaliaram o IE na fase de propulsão. Estes pesquisadores encontraram valores de 70,8% ($\pm 1\%$) para a categoria 1 e 74,8% ($\pm 2,3\%$) para a categoria 2. Ao comparar o grupo experimental com ambas as categorias do estudo de COYLE et al. (1991), este apresentou médias de IE na fase propulsiva, ligeiramente superiores. Entretanto, esta comparação é ilustrativa e, evidentemente, não significa que o grupo experimental apresenta uma técnica de pedalada superior à de ciclistas de elite. Enquanto os ciclistas permanecem durante horas pedalando com a mesma eficiência técnica e em intensidades muito maiores, os sujeitos do

grupo experimental obtiveram esta média de IE pedalando durante apenas três minutos, com cargas relativamente baixas (60% do $VO_{2máx}$).

Estes resultados mostram que a média de IE da fase de propulsão alcançada pelo grupo experimental, após a realização das sessões de aprendizagem utilizando o FVA, corresponde aos valores encontrados na literatura, o que ressalta que o grupo experimental adquiriu uma técnica de pedalada adequada, também na fase de propulsão.

O grupo controle, na fase de propulsão, no momento retenção, apresentou uma média de IE de 68% ($\pm 4\%$). Embora o grupo controle tenha apresentado uma média de IE menor que a dos ciclistas, é possível afirmar que também houve aprendizagem por parte deste grupo, uma vez que se observou diferença significativa entre os momentos pré e retenção.

Este resultado mostra que o grupo controle, após a realização das sessões de aprendizagem, melhorou o direcionamento das F_y e F_x na fase de propulsão, conseguindo um melhor aproveitamento das forças aplicadas ao pedal, e, por conseqüência, uma média de IE superior ao momento pré. Também foi possível observar que a semelhança da média de IE do grupo controle, entre o momento retenção e o momento pós, confirma que o grupo controle manteve o aprendizado, mesmo com um intervalo de uma semana sem pedalar e sem FA.

No entanto, é importante salientar que, mesmo que o grupo controle tenha atingido um bom nível de aprendizagem na fase de propulsão, a sua média de IE ainda foi inferior à do grupo experimental (diferença de 11%). O grupo controle, quando comparado à literatura (COYLE et al., 1991) apresentou diferenças menores do que as existentes entre este mesmo grupo e o grupo experimental.

A Figura 25 mostra que o grupo experimental, após as sessões de aprendizagem, diminuiu consideravelmente a média negativa de IE na fase de recuperação, e, mesmo com uma semana de intervalo sem pedalar e sem FVA, os indivíduos ainda conseguiram obter valores positivos de média de IE. Isto mostra que não houve qualquer dependência de FVA por parte dos indivíduos do grupo experimental. Além de terem conseguido reter o nível de aprendizagem adquirido nas sessões, elevaram-no ainda mais. Este fato não era esperado, mas pode estar também relacionado com a memória visual desenvolvida nas sessões de aprendizagem, o que corresponde às mesmas conclusões da análise do IE ao longo do ciclo da pedalada, bem como na análise do IE intra-grupo na fase de propulsão.

No momento em que os indivíduos estão sendo submetidos às sessões de aprendizagem, o fornecimento da informação visual, juntamente com as informações da planilha de orientação, estão sendo armazenadas no repertório motor e na memória, respectivamente. Este armazenamento aumenta à medida em que o FVA diminui, pois é necessário que haja uma compensação a fim de que os indivíduos possam buscar a quantidade de informações necessárias para manter o nível de desempenho estável, principalmente na execução do movimento na fase de retenção, o que caracteriza a aprendizagem (WULF et al., 2002; TANI et al., 2004).

Pode-se observar que o grupo experimental apresentou, no momento retenção, um melhor aproveitamento na técnica da pedalada, ou seja, valores maiores na média do IE nas análises ao longo do ciclo e na fase de propulsão, bem como valores menores de médias negativas de IE na fase de recuperação.

Apesar de ser necessário um número maior de investigações para evidenciar as causas e fornecer esclarecimentos para a compreensão deste fenômeno, é possível atribuí-lo ao uso do FVA.

A Figura 26 indicou que, embora tenha ocorrido um aumento na média negativa do IE no momento retenção, não se observou diferença significativa em comparação ao momento pós. Este resultado mostra, que após a semana de intervalo sem pedalar e sem FA, o grupo controle apresentou níveis parecidos no desempenho da técnica da pedalada na fase de recuperação. A partir desta observação, pode-se entender que houve aprendizagem por parte do grupo controle mediante o uso do FA.

Por meio da Figura 27, é possível visualizar que, após a realização das sessões de aprendizagem, ambos os grupos, apresentaram uma melhora significativa no IE na fase de recuperação. Isso sugere uma maior transferência da força total aplicada do pedal para o pé-de-vela, no 3º e 4º quadrantes do ciclo.

Alguns estudos têm enfatizado que a fase de recuperação do ciclo da pedalada é um fator crítico, pois é neste setor que a produção de força deixa de existir. Em alguns casos, estas forças passam a ser retrógradas, ou seja, ocorre uma contra-produção de força aplicada no pedal que pode dificultar o trabalho do membro contra-lateral (SANDERSON & CAVANAGH, 1990; HENKE, 1998).

Esta melhora no IE na fase de recuperação está relacionada com o direcionamento das componentes de força aplicadas ao pedal no 3º e 4º quadrantes do ciclo. Isto significa que os indivíduos conseguiram realizar o movimento de “puxar o pedal” durante a fase de recuperação. COYLE et al. (1991), em um estudo que avaliou a técnica da pedalada de ciclistas de elite,

encontraram uma redução do torque negativo durante a fase de recuperação. Os autores explicam que, em alguns momentos, esta redução foi produzida pela “puxada no pedal”.

Assim como na fase de propulsão, acredita-se que uma possível explicação para a melhora no desempenho na fase recuperação também seja devido à qualidade das informações transmitidas de forma verbal a partir da planilha de orientação. No entanto, observou-se uma média negativa de IE menor para o grupo experimental, o que já sugere o efeito da aprendizagem pelo uso do FVA.

Pode-se observar, tanto no momento pós quanto no retenção, valores elevados nos desvios padrão do IE para ambos os grupos. Isto se explica pelo fato de alguns indivíduos (de ambos os grupos) apresentarem valores positivos de IE na fase de recuperação.

No momento retenção, o resultado esperado na fase de recuperação era que a diferença entre os grupos experimental e controle fosse significativa. Isto se confirmou, uma vez que o grupo experimental conseguiu aumentar sua média de IE e obter um valor positivo na fase de recuperação. Este mesmo fato não foi observado no grupo controle.

De acordo com HENKE (1998), a utilização do FVA proporciona, sobretudo, melhoras visíveis na fase de recuperação, ou seja, no 3º e 4º quadrantes do ciclo da pedalada. A diferença na fase de recuperação entre os grupos no momento retenção foi de aproximadamente 45%. Esta diferença demonstra, com clareza, o efeito do FVA no ensino da técnica da pedalada na fase de recuperação.

O desvio padrão elevado na média do grupo experimental se justifica pela variação de valores positivos ($n = 6$) e negativos ($n = 4$) no IE dos indivíduos

dentro do grupo. Apenas quatro dos dez indivíduos do grupo experimental apresentaram valores negativos no IE (sendo a média de $-14\% \pm 11\%$) e os outros seis indivíduos do grupo experimental apresentaram valores positivos no IE (sendo a média de $30\% \pm 16\%$).

A partir desta análise, pode-se afirmar que, após a realização das sessões de aprendizagem, o grupo experimental conseguiu, por meio do FVA, direcionar de forma adequada tanto a F_y , quanto a F_x na fase de recuperação, ou seja, no 3º e 4º quadrantes do ciclo de pedalada. Dessa forma, obteve um melhor aproveitamento da força aplicada ao pedal e, conseqüentemente, atingiu uma média de IE semelhante à de ciclistas de outros estudos.

Embora a fase de recuperação seja referenciada como crítica durante o ciclo da pedalada em função do surgimento de forças retrógradas, ainda são poucos os estudos que abordam diretamente esta fase.

A média de IE do grupo experimental, na fase de recuperação, corresponde parcialmente aos achados na literatura no que diz respeito a um melhor aproveitamento das forças na pedalada. HENKE (1998) avaliou o IE na fase de recuperação, dividindo sua análise por quadrantes, o que também representa uma forma interessante de analisar a presença das forças retrógradas. Este pesquisador utilizou FVA, e encontrou resultados significativos no 3º e 4º quadrantes, com aumentos no rendimento na ordem de 15% e 62%, respectivamente.

Na fase de recuperação, o grupo controle apresentou uma média de IE de $-32\% (\pm 15\%)$. Observou-se um desvio padrão elevado também na média de IE do

grupo controle. Isto pode ser explicado pela variação nos valores de IE dentro deste grupo, mesmo com todos os indivíduos apresentando valores negativos.

É possível inferir, após a análise da fase de recuperação, que houve aprendizado por parte do grupo controle, pois na comparação das médias de IE entre os momentos pré e retenção encontrou-se diferença significativa. Estes resultados mostram que o grupo controle conseguiu, através do FA, melhorar seu direcionamento de F_y e F_x na fase de recuperação, ou seja, no 3º e 4º quadrantes do ciclo, melhorando sua aplicação de força no pedal e aumentando significativamente sua média de IE em relação ao momento pré.

Constatou-se também que, apesar de ter havido uma variação de 6% na média de IE do grupo controle do momento pós-teste para o retenção, esta diferença não foi significativa, o que mostra que, com o intervalo de uma semana sem pedalar e sem FA, os indivíduos do grupo controle mantiveram o nível de aprendizagem.

Outra constatação importante foi que, embora o grupo controle tenha obtido uma melhora significativa na fase de recuperação, sua média de IE foi inferior à do grupo experimental, que obteve valores positivos nessa fase (diferença de 45%). Estas diferenças confirmam, mais uma vez, a superioridade do FVA em relação ao FA também na fase de recuperação, o que corresponde e reforça os resultados das variáveis discutidas até aqui.

5.4 Força Efetiva positiva e Força Efetiva negativa ao longo do ciclo da pedalada

O resultado esperado no momento pós era de que houvesse um aumento significativo, para o grupo experimental, no percentual de aplicação de FE positiva e, em consequência, uma redução significativa do percentual de aplicação de FE negativa neste mesmo momento. Este resultado foi confirmado, pois se observou um aumento de 15,07% para a FE positiva, e, evidentemente, uma redução de 15,07% na média de FE negativa do grupo experimental logo após a realização das sessões de aprendizagem (Figura 28).

Para o momento retenção, o resultado esperado era de que o grupo experimental mantivesse as médias de FE positiva e FE negativa iguais às obtidas no momento pós, ou que, pelo menos, não reduzisse significativamente esses valores médios.

Este resultado foi alcançado e mostrou o efeito do FVA na aprendizagem da técnica da pedalada por parte do grupo experimental, confirmado pelo nível de aplicação de FE positiva e FE negativa, mesmo com um intervalo de sete dias sem pedalar e sem FVA. Entretanto, este grupo apresentou, no momento retenção, uma média de FE positiva 7,65% maior em relação à média obtida no momento pós, o que, conseqüentemente, proporcionou uma redução de 7,65% na aplicação de FE negativa (Figura 28).

Este fato corresponde aos resultados obtidos na análise do IE ao longo do ciclo e na fase de recuperação, e também pode ser atribuído à memória visual

aliada às informações proprioceptivas adquiridas pelos indivíduos com a redução do FVA durante as sessões de aprendizagem. No momento que estes se encontraram sem FVA, provavelmente buscaram as informações visuais armazenadas no repertório motor e informações proprioceptivas armazenadas na memória para a execução do movimento. O somatório destes recursos provavelmente possibilitou aos indivíduos a execução da pedalada com uma maior aplicação de FE positiva.

No momento pós, o resultado esperado para o grupo controle era de que houvesse um aumento no percentual de aplicação de FE positiva, e, em consequência, uma redução no percentual de aplicação de FE negativa, pois este grupo também estava recebendo *feedback*. No entanto, não era esperada uma diferença significativa em relação ao momento pré. Mas, ao final das sessões de aprendizagem, constatou-se que o grupo controle obteve um aumento no seu percentual de FE positiva de 12,12%, com uma consequente redução no percentual de aplicação de FE negativa de 12,12%, o que representa uma diferença significativa em relação ao momento pré, e contrária ao esperado (Figura 29).

O resultado esperado para o grupo controle no momento retenção era de que, com um intervalo de uma semana sem pedalar e sem receber *feedback*, o percentual de aplicação de FE positiva sofresse uma diminuição e de FE negativa, por consequência, sofresse um aumento, ambos apresentando diferença significativa em relação à média obtida no momento pós, o que não ocorreu. As médias de FE positiva e de FE negativa sofreram uma variação de 1,12% em relação ao momento pós, porém sem diferença significativa (Figura 29).

Este resultado mostra que o grupo controle, mesmo sem ter memória visual das curvas de força, e apenas utilizando as informações proprioceptivas armazenadas na memória, conseguiu executar a técnica da pedalada no momento retenção com uma média de aplicação de FE semelhante àquela obtida no momento pós.

Como não ocorreu redução da FE no momento de retenção, este resultado também caracteriza aprendizagem para o grupo controle mediante o uso do FA, o que corresponde aos achados nas análises intra-grupos do IE ao longo do ciclo, IE na fase de recuperação e FE negativa. Os resultados desta análise podem ser explicados da mesma forma que os demais. Parte-se do princípio de que o grupo controle conseguiu executar a técnica da pedalada apenas com as informações proprioceptivas adquiridas com a prática nas sessões de aprendizagem.

Por meio da Figura 30, pode-se perceber que ambos os grupos modificaram o padrão de aplicação de FE positiva no pedal após as sessões de aprendizagem. A literatura mostra estudos que utilizam *feedback* para modificar o padrão de aplicação de força no pedal (SANDERSON & CAVANAGH, 1990; BROKER et al., 1993; HENKE, 1998).

O resultado esperado para o momento pós era que o grupo experimental obtivesse um valor de FE positiva significativamente maior, e, por consequência, um valor de FE negativa significativamente menor em relação ao grupo controle. Isto não ocorreu, pois o grupo experimental apresentou valores de FE positiva e de FE negativa semelhantes aos do grupo controle.

O aumento da FE positiva e a redução da FE negativa para ambos os grupos estão diretamente relacionados com o direcionamento das forças aplicadas

ao pedal. Na medida em que o indivíduo melhora o direcionamento das componentes F_y e F_x em cada quadrante do ciclo, obtém maior FE positiva e menor FE negativa ao longo da pedalada (DAVIS & HULL, 1981; LAFORTUNE & CAVANAGH, 1983; CAVANAGH & SANDERSON, 1986; ERICSON & NISSEL, 1988; COYLE et al., 1991; BURKE, 1996; GREGOR, 2000).

A melhora observada no direcionamento das forças aplicadas ao pedal pode ser atribuída à qualidade das informações transmitidas verbalmente a partir da planilha de orientação. Esta suposição apresenta suporte, também, na análise do IE na fase de propulsão, e explica a semelhança na aplicação de FE positiva e FE negativa para os dois grupos. Neste caso, não foi percebido o efeito do FVA, uma vez que ambos os grupos apresentaram médias de FE positiva com valores aproximados. Este fato também pode ser atribuído à qualidade das informações transmitidas verbalmente a partir da planilha de orientação de forma idêntica para os dois grupos.

A partir da Figura 30 é possível observar a superioridade do FVA, quando comparado ao FA, no processo de ensino-aprendizagem da técnica da pedalada, no que diz respeito à aplicação de FE positiva. Esta superioridade torna-se facilmente evidenciada, mediante a diferença de aproximadamente 10% apresentada na média de aplicação percentual da FE positiva (maior para o grupo experimental) e FE negativa (menor para o grupo experimental) entre os grupos no momento retenção. Neste momento, o resultado esperado era uma aplicação percentual de FE positiva maior e FE negativa menor para o grupo experimental no momento retenção. Este resultado se confirmou e está coerente com os resultados encontrados nas análises do IE ao longo do ciclo e nas fases de

propulsão e recuperação, pois uma vez que se consiga aumentar a aplicação de FE positiva e transferi-la para o pé-de-vela, conseqüentemente, haverá um aumento nas médias do IE ao longo do ciclo de pedalada e na fase de propulsão, bem como uma diminuição da FE negativa e, também, da média negativa do IE na fase de recuperação.

Embora os estudos relacionados com o ensino do ciclismo para não-ciclistas, não mostrem uma análise da FE positiva, pode-se afirmar que o resultado encontrado no presente estudo está de acordo com a literatura: análise da FR (SANDERSON & CAVANAGH, 1990) e da Fx (BROKER et al., 1993) mediante o uso de *feedback*, e os resultados encontrados nestes estudos, no teste de retenção, segundo seus autores, foram satisfatórios.

De acordo com BURKE (1996), o aumento da FE positiva está relacionado com a “puxada” no pedal na fase de recuperação. Esta habilidade é comumente observada na técnica da pedalada de ciclistas de elite. A partir desta observação é possível inferir que o grupo experimental, ao aumentar a aplicação de FE positiva ao longo da pedalada, pode ter conseguido, em determinado momento, puxar o pedal durante a fase de recuperação. Mas para que isto fosse confirmado, seria necessária a análise da FE positiva em separado nas fases de propulsão e recuperação.

Na análise da FE positiva do grupo controle, observou-se uma manutenção desta força do momento pós para o retenção. Isso mostra que houve aprendizagem por parte deste grupo, pois o mesmo manteve o nível de aprendizagem mesmo com um intervalo de uma semana sem pedalar e sem FA.

A partir desta análise, é possível observar que tanto o FVA quanto o FA mostraram-se eficientes para aumentar a aplicação de FE positiva ao longo do ciclo da pedalada, pois tanto o grupo experimental quanto o grupo controle aumentaram a sua média de FE positiva e diminuíram a sua média de FE negativa ao longo do ciclo de pedalada quando comparadas às médias do momento pré. Porém, é visível a superioridade do FVA, uma vez que o grupo experimental foi estatisticamente diferente do grupo controle.

HENKE (1998), ao avaliar a FE positiva ao longo de cada quadrante do ciclo da pedalada, observou que o grupo controle obteve seu aproveitamento máximo no segundo quadrante, onde conseguiu uma aplicação de força próxima a 100%. Estes resultados reforçam os achados do presente estudo, pois o grupo controle também aumentou sua aplicação de FE positiva, porém este aumento foi verificado ao longo do ciclo da pedalada e não a cada quadrante. Portanto, não é possível estabelecer uma relação direta entre os dois estudos.

A presença de FE negativa ao longo do ciclo da pedalada gera forças retrógradas e estas podem comprometer a produção de força pelo membro contralateral. Uma vez que se consiga diminuir a aplicação de FE negativa, haverá maior produção de FE positiva e esta, quando transferida para o pé-de-vela, proporcionará um aumento nas médias do IE ao longo do ciclo e na fase de propulsão, bem como uma diminuição na média negativa do IE na fase de recuperação.

Segundo HENKE (1998), é possível realizar forças positivas perpendiculares ao pé-de-vela na fase de recuperação, ou seja, no 3º e 4º

quadrantes do ciclo, desde que se reduza o trabalho da perna oposta, o que conduz a um melhor rendimento global.

Os resultados encontrados na análise da FE negativa são, de certa forma, coerentes com o que a literatura mostra, no que diz respeito à tentativa de redução destas forças. SANDERSON & CAVANAGH (1990) utilizaram um sistema de FVA para reduzir a quantidade de FR na fase de recuperação do ciclo da pedalada, e encontraram resultados significativos na aprendizagem. Estes autores mostraram uma redução significativa da FR na fase de recuperação tanto no pós-teste quanto no teste de retenção.

Entretanto, da mesma forma que a FE positiva, a FE negativa também é aplicada perpendicularmente ao pé-de-vela, ou seja, enquanto a FE positiva produz torque positivo, que contribui para a propulsão da bicicleta, a FE negativa produz torque negativo e, além de não contribuir para a propulsão da bicicleta, também dificulta a ação da pedalada por produzir força em sentido contrário.

A partir desta análise pode-se afirmar que avaliar a redução da FE negativa ao longo do ciclo da pedalada, assim como foi realizado neste estudo, é mais adequado para trabalhar com a redução de forças retrógradas, do que avaliar a aplicação da FR na fase de recuperação, pois a FR é a força total aplicada no pedal e está relacionada com as componentes de F_y e F_x , ou seja, depende da magnitude e direção. Dessa forma, o fato desta força ser reduzida na fase de recuperação pode significar, apenas, uma alteração em termos de magnitude e direção de aplicação de força, o que não, necessariamente, pode ser considerada como uma redução de força retrógrada.

Pode-se observar que o grupo controle, após a realização das sessões de aprendizagem e uma semana após a realização do momento pós, conseguiu através do FA, reduzir significativamente sua média de FE negativa ao longo do ciclo de pedalada, quando comparada ao momento pré. Foi possível observar também que ocorreu similaridade na média de FE negativa entre os momentos pós e retenção, ou seja, não foram encontradas diferenças significativas. O que mostra que houve aprendizado também por parte do grupo controle.

A literatura mostra poucos estudos relacionados com a redução de forças retrógradas tanto ao longo do ciclo da pedalada, quanto na fase de recuperação ou mesmo em cada quadrante do ciclo.

SANDERSON & CAVANAGH (1990) encontraram resultados significativos quando analisaram a redução de forças retrógradas na fase de recuperação, pois reduziram a presença de FR nesta fase praticamente pela metade. Embora no presente estudo não tenha sido avaliada a FR na fase de recuperação, pode-se afirmar que os resultados obtidos estão de acordo com os resultados de SANDERSON & CAVANAGH (1990), pois houve uma redução na FE negativa de aproximadamente 27% no momento pré para aproximadamente 5% no momento retenção. É interessante observar que o valor de FE negativa de 5% obtido no momento retenção para o grupo experimental é aproximadamente cinco vezes menor do que o valor obtido por este mesmo grupo no momento pré, o que representa uma grande redução na FE negativa ao longo do ciclo da pedalada.

Os resultados obtidos pelo grupo controle também estão de acordo com o estudo de SANDERSON & CAVANAGH (1990), pois esse grupo apresentou uma

redução de aproximadamente 27% no momento pré para 14% no momento retenção, o que representa quase metade do valor obtido no momento pré.

Entretanto, estes resultados do grupo controle não corroboram com os resultados encontrados por HENKE (1998), onde o grupo controle não conseguiu diminuir a quantidade de FE negativa no quarto quadrante. Embora a FE negativa neste estudo, não tenha sido analisada a cada quadrante, pode-se dizer que, como houve uma diminuição ao longo de todo o ciclo da pedalada, é bem provável que os indivíduos do grupo controle tenham conseguido puxar o pedal na fase de recuperação, conseqüentemente diminuindo a quantidade de FE negativa aplicada ao pedal no terceiro e quarto quadrantes, o que contraria os achados de HENKE (1998).

Assim, é possível afirmar que o FA também é eficiente para ensinar a técnica da pedalada, pois se verificou aprendizagem em quatro das cinco análises realizadas neste estudo. Entretanto, na comparação direta das médias obtidas pelo uso FA com as médias do FVA, pode-se perceber uma grande diferença em termos de aprendizagem.

Talvez este fato esteja relacionado com o efeito visual, pois a literatura considera FVA como um potente facilitador da aprendizagem. Outra questão de destaque é a utilização da FE como referência a ser atingida no *feedback*, pois esta se apresentou como uma variável plenamente adequada e de fácil compreensão e interpretação por parte dos indivíduos, além de proporcionar grande motivação durante as sessões de aprendizagem.

Constatou-se, então, que tanto o FVA quanto FA se mostraram eficientes para reduzir a aplicação de FE negativa ao longo do ciclo da pedalada. Entretanto,

notou-se que mais uma vez foi visível a superioridade do FVA, uma vez que este, proporcionou ao grupo experimental uma redução na média de FE negativa significativamente maior do que a do grupo controle.

5.5 Economia de Movimento ao longo da pedalada

No presente estudo, o resultado esperado, após a realização das sessões de aprendizagem, era de um aumento significativo na média de EC do grupo experimental devido ao uso do FVA. Este objetivo foi alcançado (Figura 31), e está diretamente relacionado à melhora da técnica da pedalada, pois este grupo, após a realização das sessões de aprendizagem, obteve aumentos significativos nas médias de IE ao longo do ciclo, IE na fase de propulsão e na FE positiva ao longo do ciclo. Este grupo também obteve uma redução significativa nas médias de IE na fase de recuperação e FE negativa ao longo do ciclo.

A diferença significativa obtida mediante a comparação dos momentos pré e retenção pode ser explicada pelo efeito visual fornecido ao grupo experimental que culminou em um aprendizado consistente da técnica da pedalada, o qual foi confirmado pelos resultados das variáveis até aqui abordadas.

O grupo controle também obteve um aumento significativo na média de EC (Figura 32) após a realização das sessões de aprendizagem com a utilização do FA. Este resultado também era esperado, uma vez que o grupo controle obteve, também, aumentos significativos, na comparação entre os momentos pré e retenção nas variáveis IE ao longo do ciclo, IE na fase de propulsão e FE positiva

ao longo do ciclo bem como redução significativa nas variáveis IE na fase de recuperação e FE negativa ao longo do ciclo.

CANDOTTI (2003) avaliou as implicações da técnica da pedalada de ciclistas e triatletas na economia de movimento e encontrou uma correlação positiva entre a FE e a EC, ou seja, na medida em que aumenta a FE, aumenta também a EC. Dessa forma, pode-se constatar que a melhora nos aspectos técnicos da pedalada foi o fator determinante para o aumento significativo na EC pelo grupo experimental, uma vez que os aspectos fisiológicos foram controlados através de critérios adotados para normalização fisiológica da carga de trabalho para os indivíduos.

Estudos relacionados à técnica da pedalada de ciclistas e triatletas têm adotado o procedimento de normalização fisiológica para manter o mesmo custo metabólico para todos indivíduos avaliados (CANDOTTI, 2003; DIEFENTHAELER, 2004).

De acordo com PASSFIELD & DOUST (2000), uma redução na economia de movimento pode estar relacionada com o nível de atividade muscular desenvolvida durante a pedalada, pois esta pode levar a uma falha na execução da técnica da pedalada devido à fadiga muscular. Neste estudo foi observado aumento nas médias de EC para ambos os grupos, demonstrando que o nível de esforço adotado (60% do $VO_{2máx}$) para a execução do protocolo das sessões de aprendizagem foi adequado, pois não levou os sujeitos à fadiga.

A literatura mostra estudos que avaliam a EC de ciclistas em diversas situações. Entretanto, estes estudos relacionam a EC com fatores associados à estratégia de ativação neuromuscular (MARSH et al., 2000; TAKAISHI et al., 1998)

e não com o aumento da EC mediante o ensino da técnica da pedalada com o uso de *feedbacks*, o que dificulta a comparação dos resultados de EC obtidos neste estudo com o de outros estudos.

A Figura 33 mostra claramente o efeito do FVA no que diz respeito ao aumento da EC ao longo da pedalada, pois a média do grupo experimental foi significativamente maior do que a média de EC do grupo controle. Este achado indica que o grupo experimental, após a realização das sessões de aprendizagem, desenvolveu a capacidade de realizar a técnica da pedalada com uma demanda energética menor em relação ao momento pré quando comparado ao grupo controle.

Este aumento na EC está relacionado com a aprendizagem da técnica da pedalada e está de acordo com estudos cujos resultados apontam uma EC maior para os indivíduos que apresentam uma técnica de pedalada mais eficiente (FARIA, 1992; NEPTUNE & HULL, 1999).

Entretanto, em um estudo desenvolvido por COYLE et al. (1991), que avaliou fatores fisiológicos e biomecânicos associados com a *performance* de ciclistas de elite, foi encontrada uma correlação negativa entre o IE e a *performance*, pois houve maior produção de potência para os indivíduos que apresentaram menor IE ao longo da pedalada. Este fato não surpreendeu os pesquisadores e foi atribuído à complexidade do movimento da pedalada, uma vez que a mensuração do IE baseou-se apenas na aplicação das forças no pedal.

COYLE et al. (1991) finalizam o estudo afirmando, com base em seus resultados, que não está claro que um dispositivo de *feedback* que permita ao

indivíduo melhorar sua efetividade na pedalada, aumentará necessariamente a *performance* do ciclista.

Não foram encontrados estudos que avaliaram a EC dos indivíduos após a utilização de FVA ou FA para o ensino da técnica da pedalada no ciclismo, o que dificulta a comparação dos resultados deste estudo com resultados da literatura.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização deste estudo, foi possível perceber o efeito do FVA no ensino do ciclismo. Os resultados encontrados mostraram que a proposta metodológica desenvolvida para ensinar a técnica da pedalada, bem como os procedimentos adotados para o controle das variáveis, foram adequados.

Inicialmente foi observado que o uso do sistema de FVA permitiu aos indivíduos melhorar o IE ao longo do ciclo da pedalada e nas fases de propulsão e recuperação. Estes resultados atenderam, respectivamente, aos objetivos (1) e (2) propostos neste estudo.

Observou-se, também, que o sistema de FVA, além de aumentar o percentual de aplicação de FE positiva ao longo do ciclo da pedalada, também diminuiu a presença de forças retrógradas, ou seja, diminuiu o percentual de aplicação de FE negativa ao longo do ciclo da pedalada. Estes resultados atenderam respectivamente, aos objetivos (3) e (4) propostos neste estudo.

Com relação à EC foi possível observar que, após a realização das sessões de aprendizagem, os indivíduos apresentaram maior EC. Este resultado foi

atribuído à melhora da técnica da pedalada, e atendeu ao objetivo (5) proposto neste trabalho.

Assim, os resultados obtidos neste estudo, confirmam as hipóteses formuladas, sendo a primeira: (1) O ensino da técnica da pedalada utilizando o *feedback* visual aumentado melhora o índice de efetividade ao longo da pedalada e nas fases de propulsão e recuperação, diminuindo a presença de forças retrógradas ao longo do ciclo da pedalada; e a segunda de que: (2) O ensino da técnica da pedalada utilizando o *feedback* visual aumentado aumenta a força efetiva positiva aplicada ao pedal e gera uma maior economia de movimento.

7 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Ao longo deste trabalho foram encontradas algumas limitações. A primeira delas refere-se à reduzida quantidade de estudos que descrevem a utilização do FVA no ensino da técnica da pedalada, o que dificultou a elaboração de uma metodologia que utilizasse recursos da biomecânica e fisiologia do exercício bem como conceitos da área da aprendizagem motora. A segunda limitação encontrada refere-se também à falta de estudos envolvendo o ciclismo e o ensino da técnica da pedalada, o que dificulta a comparação dos resultados encontrados no presente trabalho com a literatura.

Outra limitação encontrada neste estudo diz respeito à utilização de somente um pedal instrumentado, o que permitiu, apenas, a avaliação das forças aplicadas pelo membro inferior direito.

Estudos relacionados ao ensino do ciclismo vêm utilizando dois pedais instrumentados. Este recurso permite a mensuração do aprendizado bilateral, ou seja, se o aprendizado ocorreu de forma simétrica no membro inferior direito e esquerdo, o que no presente estudo não foi possível avaliar.

Os problemas advindos do pedal-plataforma, os quais impediram a realização de todos os dias previstos (10 dias) para as sessões de aprendizagem, e limitaram a avaliação da economia de movimento no momento pós, foram considerados como a maior dificuldade encontrada durante a realização do presente estudo.

8 PERSPECTIVAS FUTURAS

A metodologia utilizada no presente trabalho permitiu o ensino da técnica da pedalada no ciclismo através de do sistema de FVA; entretanto, a cadência utilizada neste estudo é mais baixa do que a cadência utilizada em provas de ciclismo. Para realizar este protocolo com atletas profissionais, são necessários maiores estudos relacionados à transferência da habilidade aprendida a 60 rpm para cadências de 90, 100, 110 rpm, que são cadências comumente utilizadas em provas de ciclismo.

Acredita-se que, uma vez realizado um protocolo com indivíduos não-atletas, onde se consiga ensinar a técnica da pedalada em cadência de 60 rpm e depois transferir o aprendizado para cadências mais altas, então será possível aplicar esta metodologia em ciclistas profissionais, objetivando a melhora da técnica da pedalada, e, conseqüentemente, o aumento da *performance*.

Outra perspectiva é a utilização de dois pedais instrumentados para avaliar a simetria bilateral na aprendizagem da técnica da pedalada, o que para atletas profissionais, parece ser indispensável na busca do aumento da *performance*.

REFERÊNCIAS

ÁLVAREZ, G. & VINYOLAS, J. A. New Bicycle Pedal Design for On-Road Measurements of Cycling Forces. *J. Applied Biomechanics*. 12: 131-141, 1996.

BROKER, J. P. & GREGOR, R. J. A dual piezoelectric element force pedal for kinetics analysis of cycling. *Int. J. Sports Biomechanics*. 6 (4), p. 394-403, 1990.

BROKER, J. P. & GREGOR, R. J. *Cycling Biomechanics: High-Tech Cycling. Human Kinetics*. Burke Ed., 1996.

BROKER, J. P.; GREGOR, R. J. & SCHMIDT, R.A. Extrinsic Feedback and the Learning of Kinetic Patterns in Cycling. *Journal of Applied Biomechanics*. 9: 111-123, 1993.

BROOKE, J. D.; HOARE, J.; ROSENROT, P. & TRIGGS, R. Computerized System for Measurement of Force Exerted Within Each Pedal Revolution During Cycling. *Physiol. Behav.* 26 (1) 139-143, 1981.

BURKE ER. *High-tech Cycling*. Colorado Springs, Human Kinetics, 1996.

CALDWELL, G. E.; LI, L.; MCCOLE, S. D. & HAGBERG, J. Pedal and Crank Kinetics in Uphill Cycling. *Journal of Applied Biomechanics*. Vol. 14, nº 3, pp. 245-259, 1996.

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.

CAPELLI, C; ROSA, G; BUTTI, F; FERRETI, G; VEICSTEINAS, A & PRAMPERO, P. Energy cost and efficiency of riding aerodynamic bicycles. *Eur J. Appl Physiol.* , 67: 144-149, 1993.

CARMO J. Biomecânica aplicada ao ciclismo. *Anais do IX Congresso Brasileiro de Biomecânica*. Gramado, pp.42-47, 2001.

CARMO, J.; NASCIMENTO, F. A. de O.; COSTA, J. C. & ROCHA, A. F. Instrumentação para aquisição e avaliação das forças exercidas nos pedais por ciclistas. *Revista Brasileira de Biomecânica / Brazilian J. Biomech.*, 3: 31-37, 2001.

CAVANAGH, P. R. & KRAM, R. The efficiency of human movement – a statement of the problem. *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol. 17, nº 3. pp. 304-308, 1985.

CAVANAGH, P. R. & SANDERSON, D. J. The biomechanics of cycling: Studies of the pedaling mechanics of elite pursuit riders. *in* E. R. BURKE (Ed.). **Science of cycling**. Human Kinetics, Champaign, IL, p. 99-122, 1986.

CLARYS, J. P.; CABRI, J. & GREGOR, R. J. The muscle activity paradox during circular rhythmic leg movements. **J. Sports Sci. Winter**, 6 (3): 229-37, 1988.

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

DAVIS, R. R. & HULL, M. L. Measurement of pedal loading in bicycling: 2 – Analysis and Results. **J. Biomechanics**. Vol. 14, nº 12, pp. 857-872, 1981.

DIEFENTHAELER. Avaliação dos efeitos da posição do selim na técnica da pedalada de ciclistas: estudo de casos. **Dissertação de Mestrado**. PPGCMH - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 2004.

ERICSON MO & NISSEL R. efficiency of pedal forces during ergometer cycling. **Int. J. Sports. Med.**, 9: 118-122, 1988.

FARIA, I. E. Energy Expenditure, Aerodynamics and Medical Problems in Cycling. **Sports Medicine**., 14 (1): 43-63, 1992.

GODINHO, M. **Controlo Motor e Aprendizagem Fundamentos e Aplicações**. Lisboa: Faculdade de Motricidade Humana Edições, 2º ed, 231 p. 2002.

GODOY, J. F. Biofeedback y Deportes: Potenciales lineas de actuación. **Revista Motricidad**. 1: 117-128, 1994.

GONZALES, H. & HULL, M. L. Multivariable optimization of cycling biomechanics. **J. Biomechanics**. vol. 22, nº 11/12, pp. 1151-1161, 1989.

GOTSHALL, RW; BAUER, TA & FAHRNER, SL. Cycling cadence alters exercise hemodynamics. **Int. J. Sports Med.**, 17(1): 17-21, 1996.

GREGOR, R. J. Biomechanics of cycling. *in* GARRRET, WE & KIRKENDALL, DT. **Exercise and Sport Science**, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, pp.515-537, 2000.

GRUBEN, K. G.; ORTIZ, C. L. & SCHMIDT, M. W. The control of foot force during pushing efforts against a moving pedal. **Exp Brain Res**. 148:50-61, 2003a.

GRUBEN, K. G.; ROGERS, L. M. & SCHMIDT, M. W. Direction of foot force for pushes against a fixed pedal: role of effort level. **Motor Control**. 7, 229-241, 2003b.

GUEDES, D. P. **Crescimento composição corporal e desempenho motor de crianças e adolescentes**. São Paulo: Balieiro Editores, 1997.

GUELI, D. & SHEPHARD, R. J. Pedal frequency in bicycle ergometry. **Canadian Journal of Applied Sport Science**, 1, 137-141, 1976.

HANON, C.; THÉPAUT-MATHIEU, C.; HAUSSWIRTH, C. & LE CHEVALIER, J. M. Electromyogram as an indicator of neuromuscular fatigue during incremental exercise. **Eur J. Appl Physiol.** , 78: 315-323, 1998.

HENKE, T. Real-time *feedback* of pedal forces for the optimization of pedaling technique in competitive cycling. **ISBS'98 – Proceedings**, pp: 174-177, 1998.

HOLDERBAUM, G. G.; BINI, R. R.; NABINGER, E. & GUIMARÃES, A. C. S. Metodologia para ensino da técnica da pedalada no ciclismo através de um sistema de *feedback* visual aumentado. **Anais do IX Congresso Brasileiro de Biomecânica**. João Pessoa, nº352, 2005.

Home Page do Laboratório de Medições Mecânicas da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - www.ufrgs.com.br/lmm.

HUG, F.; DECHERCHI, P.; MARQUESTE T. & JAMMES, Y. EMG versus oxygen uptake cycling exercise in trained and untrained subjects. **J. Electro. Kinesiol.** 14 (2): 187-195, 2003.

HULL, M. L. & DAVIS, R. R. Measurement of pedal loading in bicycling: 1 – Instrumentation. **J. Biomechanics**. Vol. 14, nº 12, pp. 843-856, 1981.

HULL, M. L. & WOOTTEN, D. An improved accuracy six-load component pedal dynamometer for cycling. **J. Biomechanics**. Vol. 29, nº 8, pp. 1105-1110, 1996.

KLATZKY, R. L. **Human Memory Structures and Processes**. San Francisco: Freeman and Company, 358 p. 1980.

KÜNSTLINGER, U.; LUDWIG H. G. & STEGEMANN, J. Force Kinetics and oxygen consumption during bicycle ergometer work in racing cyclist and reference-group. **Eur J. Appl Physiol.** 54: 58-61, 1985.

LAFORTUNE, M. A & CAVANAGH, P. R. Effectiveness and efficiency during bicycle riding. In Matsui, H & K. Kobayashi (Eds): **Biomechanics VIII-B**. Champaign, IL, Human Kinetics Publishers, 928-936, 1983.

LEPERS, R.; HAUSSWIRTH, C.; MAFFIULETTI, N.; BRISWALTER, J. & VAN HOECKE, J. Evidence of neuromuscular fatigue after prolonged cycling exercise. **Medicine & Science In Sports & Exercise.** , 32: 1880-1886, 2000.

MAGILL, R. A. **Aprendizagem motora: conceitos e aplicações**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1984.

MAGILL, R. A. **Motor Learning: Concepts and Applications**. Boston: McGraw-Hill, 5º ed, 326 p. 1997.

MAGILL, R. A. **Aprendizagem motora: conceitos e aplicações**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2000.

MARSH, A. P. & MARTIN, P. E. The relationship between cadence, VO₂ and iEMG in a group of cyclist and non-cyclist. **Abstracts: Proceedings of the Second North-American Congress on Biomechanics**, Chicago, pp. 255-256, 1992.

MARSH, A. P. & MARTIN, P. E. Effect of cycling experience, aerobic power, and power output on preferred and most economical cycling cadences. **Med. Sci. Sports Exerc.** Vol. 29, nº 9, pp. 1225-1232, 1997.

MARSH, A. P.; MARTIN, P. E. & SANDERSON, D. J. Is a joint moment-based cost function associated with preferred cycling cadence? **J. Biomechanics.**, v 33, p. 173-180, 2000.

MCARDLE, W. D., KATCH, F. I. & KATCH, V. L. **Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A. 3º ed, 1992.

MCCULLAGH, P. & MEYER, K. N. Learning Versus Correct Models: Influence of model type on the learning of a free-weight squat lift. **Research Quarterly for Exercise and Sport**. Vol. 68, nº 1, pp. 56-61, 1997.

MCCGINNIS, P. M. **Biomecânica do Esporte e Exercício**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

MILLET, G. P & VLECK, V. E. Physiological and biomechanical adaptations to the cycle to run transition in Olympic triathlon: review and practical recommendations for training. **Br. J. Sports Med.** 34:384-390, 2000.

MOSELEY, L. & JEUKENDRUP, A. E. The reliability of cycling efficiency. **Med. Sci. Sports Exerc.** vol. 33, nº 4, pp. 621-627, 2001.

NABINGER, E. Desenvolvimento de um Sistema de Medição para Análise Biomecânica da Pedalada de um Ciclista. **Dissertação de Mestrado**. PROMEC – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 1997 a.

NABINGER, E. & ZARO, M. A. Medição de ângulos e força durante a pedalada de um ciclista. **VII Congresso Brasileiro de Biomecânica**. Campinas/SP, pp. 43, 1997 b.

NABINGER, E., ITURRIOZ, I. & TREVISAN, L. Sistema para Aquisição 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. The association between negative muscle work and pedaling rate. *J. Biomech.*, 32: 1021-1026, 1999.

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

NEPTUNE, R. R. & HULL, M. L. A theoretical analysis of preferred pedaling rate selection in endurance cycling. *J. Biomech.*, vol. 32, pp. 409-415, 1999.

NEPTUNE, R. R., KAUTZ, A. S. & HULL, M. L. The effect of pedaling rate on coordination in cycling. *J. Biomech.*, 30(10): 1051-1058, 1997.

NETO C. D, SCHMIDT G, CANDOTTI C. T, LOSS J. F, ZARO M. A, CERVIERI A & GUIMARÃES A. C. S. Desenvolvimento de uma plataforma de força em pedal de ciclismo. *Revista Brasileira de Biomecânica / Brazilian J. Biomech.*, 3: 39-44, 2001.

PASSFIELD, L. & DOUST, J. H. Changes in cycling efficiency and performance after endurance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* vol. 32, nº 11, pp. 1935-1941, 2000.

PEARSON, K.G. Neural adaptation in the generation of rhythmic behavior. *Annu. Rev. Physiol.* 62: 723-753, 2000.

RAAB, M.; MASTERS, R. S. W. & MAXWELL, J. P. Improving the 'how' and 'what' decisions of elite table tennis players. *Human Movement Science.* pp. 1-19, 2005.

REDFIELD, R., & HULL, M.L. On the relation between joint moments and pedaling rates at constant power in bicycling. *Journal of Biomechanics*, 19, 317-329, 1986a.

REDFIELD, R., & HULL, M.L. Prediction of pedal forces in bicycling using optimization methods. *Journal of Biomechanics*, 19, 523-540, 1986b.

ROGERS, L. M.; BROWN, D. A. & GRUBEN, K. G. Foot force direction control during leg pushes against fixed and moving pedal in persons post-stroke. *Gait and Posture.* 19:58-68, 2004.

ROSE, D. J. *A Multilevel Approach to Study of Motor Control and Learning.* Boston: Allyn & Bacon, 315 p., 1997.

ROWLANDS, D. S. & DOWNEY, B. Physiology of Triathlon. *In* GARRET, W. E. & KIRKENDALL, D. T. *Exercise and Sport Science.* Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia. pp. 919-939, 2000.

SANDERSON, D. J. & BLACK, A. The effect of prolonged cycling on pedal forces. *Journal of Sports Science.* 21: 191-199, 2003.

SANDERSON, D. J. & CAVANAGH, P. R. Use of augmented *feedback* for the modification of the pedaling mechanics of cyclists. **Can. J. Sport Sci.**, 15(1): 38-42, 1990.

SCHMIDT, R. A. & WRISBERG, C. A. **Aprendizagem e performance motora: Uma abordagem da aprendizagem baseada no problema**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2º ed, 2001.

SINGER, R. N. **Motor Learning and Human Performance. An application to physical education skills**. New York: Macmillan Publishing CO., INC. 2º ed, 1975.

TAKAISHI, T.; YAMAMOTO, T.; ONO, T.; ITO, T. & MORITANI, T. Neuromuscular, metabolic, and kinetic adaptations for skilled pedaling *performance* in cyclists. **Med. Sci. Sports Exerc.**, 30(3):442-449, 1998.

TANI, G.; FREUDENHEIM, A., N.; MEIRA JÚNIOR, C., M.; CORRÊA, U., C. Aprendizagem Motora: tendências, perspectivas e aplicações. **Rev. paul. Educ. Fís.**, vol.8, p. 55-72, 2004.

WHEELER, J. B.; GREGOR, R. J. & BROKER, J. P. A dual piezo-eletric bicycle pedal with multiple shoe/pedal interface compatibility. **International Journal of Sports Biomechanics**. 8, 251-258, 1992.

WISHART, L. R.; LEE, T. D.; CUNNINGHAM, S. J. & MURDOCH, J. E. Age-related differences and role of augmented visual *feedback* in learning a bimanual coordination pattern. **Acta Psychologica**. 110: 247-263, 2002.

WULF, G.; MCCONEL, N.; GÄRTNER, M. & SCHWARZ, A. Enhancing the learning of sports skills through external-focus *feedback*. Journal of Motor Behavior. Vol. 34, nº 2, pp. 171-182, 2002.

ZAMPARO, P.; MINETTI, A. E. & DI PRAMPERO, P. E. Mechanical efficiency of cycling with a new developed pedal – crank. **Journal of Biomechanics**. 35, 1387-1398, 2002.

ANEXOS

ANEXO 1: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Por favor, leia com atenção as informações abaixo:

Prezados Pais ou responsáveis dos alunos do Colégio Estadual Ivo Büller da cidade de Montenegro.

Venho através desta convidar seu filho para a participação como voluntário em um projeto de pesquisa que esta sendo desenvolvido no Laboratório de Pesquisa no Exercício do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Meu nome é Guilherme Garcia Holderbaum, professor de Educação Física, CREF/RS 002630 – G, aluno de mestrado do programa acima mencionado. O estudo para o qual seu filho foi convidado, consiste em utilizar um sistema de *Feedback* visual aumentado (resposta visual da força aplicada no pedal da bicicleta aliada a informações fornecidas pelo professor) como ferramenta de ensino da técnica da pedalada no ciclismo.

Justificativa:

Este trabalho apresenta sua relevância na esfera das práticas pedagógicas do desporto. O profissional de Educação Física apresenta a capacidade de analisar os diferentes movimentos dos desportos e ensinar os seus gestos técnicos desportivos por partes, através de educativos que permitam ao aluno

uma assimilação mais fácil dos conjuntos de movimentos. Uma vez que o profissional de Educação Física apresenta esta qualificação para trabalhar esportes como voleibol, futebol, handebol, judô, ginástica olímpica, entre outros, em diversos estabelecimentos como Escolas, Clubes, Academias, etc, acredita-se que seja possível também trabalhar com o ciclismo. Este esporte foi escolhido por apresentar movimentos complexos que alimentam a necessidade de uma avaliação mais detalhada. Outro fator que apresenta relevância neste estudo é o desenvolvimento da técnica correta da pedalada, já que muitos atletas com anos de prática nesta modalidade, não apresentam eficácia no seu gesto técnico. A magnitude de aplicação de força no pedal tem sido referenciada na literatura como a variável apropriada para ser utilizada como base do *feedback* (SANDERSON & CAVANAGH, 1990).

Objetivos:

Geral: Com intuito de aprofundar os conhecimentos sobre a técnica da pedalada no ciclismo, este trabalho tem por objetivo desenvolver uma metodologia de ensino da técnica da pedalada de forma que o ciclista consiga assimilar o padrão da técnica aumentando a força efetiva aplicada ao pedal, conseguindo assim, uma maior economia de movimento e aumento da *performance*.

Específico: 1 – Verificar se o treinamento da técnica da pedalada aliado a utilização de um sistema de *feedback* visual aumentado, proporcionará aos indivíduos um aumento significativo da força efetiva aplicada no pedal na fase de propulsão do ciclo da pedalada e uma melhora no índice de efetividade.

2 - Verificar se o treinamento da técnica da pedalada aliado a utilização de um sistema de *feedback* visual aumentado, proporcionará aos indivíduos uma redução significativa da força efetiva aplicada no pedal na fase de recuperação do ciclo da pedalada.

3 – Verificar se o ensino da técnica da pedalada gera uma maior economia de movimento e aumento da *performance*.

Procedimentos Metodológicos:

Para realização deste estudo serão adotadas as seguintes fases:

Fase 1: reunião no LAPEX para explicação das fases seguintes do projeto, leitura e, caso seja autorizada a participação no estudo, assinatura do termo de consentimento.

Fase 2: Pré-teste para determinar consumo máximo de oxigênio, através do protocolo de rampa que consiste em um teste no cicloergômetro com aumento contínuo de cargas em rampa a 30 watts/min, que corresponde a microincrementos gradativos e periódicos de cargas (0.5 watts) a cada segundo, sendo realizado até a exaustão. Neste teste o indivíduo adotará sua cadência preferida.

Fase 3: Pré-teste para determinar padrão de aplicação de força no pedal. Nesta fase os indivíduos serão submetidos aos protocolos de registros dos sinais de força (componente normal, componente tangencial) medidos através do pedal-plataforma e o registro da posição e orientação dos ângulos (do pedal e do pé de vela) medidos através do potenciômetro;

Fase 4: Treinamento da técnica da pedalada. Os treinamentos consistirão de uma sessão diária de trinta e cinco minutos durante 10 dias ininterruptos sendo que os primeiros cinco minutos servem para familiarização do indivíduo com o equipamento e também para aquecimento. No tempo restante de trinta minutos será fornecido o *feedback* visual aumentado de forma periodizada em intervalos de um minuto do 1º ao 5º dia de treinamento. Do 6º ao 7º dia será fornecido *feedback* visual aumentado a cada dois minutos. Do 8º ao 10º dia, os indivíduos receberão *feedback* visual aumentado a cada 10 minutos.

Fase 5: Pós-teste 1 para verificar se houve aumento significativo da força efetiva na fase de propulsão e verificar se houve redução significativa da força efetiva na fase de recuperação do ciclo de pedalada após os treinamentos. Os procedimentos de aquisição no pós-teste serão os mesmos adotados no pré-teste.

Fase 6: Pós-teste 2 para verificar se a diferença significativa (se caso houver) se manterá no decorrer de um período de tempo sem treinamento.

Os detalhamentos destes procedimentos podem ser encontrados no corpo do projeto.

Riscos e desconfortos:

Durante o teste de consumo máximo de oxigênio podem ocorrer algumas alterações tais como: pressão arterial anormal, tontura, náusea, vômitos, aumento ou diminuição da frequência cardíaca e, em situações remotas possíveis desmaios. Algumas dores musculares e/ou articulares podem eventualmente ocorrer devido ao esforço físico ao longo do treinamento. Todas as providências

serão tomadas com o intuito de minimizar estes riscos através de avaliações prévias relativas ao nível de aptidão física e observações durante o teste. Dessa forma, é extremamente importante que as informações que você possui sobre suas condições de saúde ou experiências anteriores de sensações incomuns com esforço físico sejam informadas aos pesquisadores a fim de precaver quaisquer problemas. Também é importante fornecer informações acerca das suas sensações durante o teste de esforço. Estas informações proporcionaram segurança e validade ao seu teste e você será o responsável por elas quando questionado pelo grupo de pesquisadores.

Voluntariedade:

Sua participação nesta pesquisa será de forma voluntária, estando você, livre para abandoná-la quando quiser, bem como encerrar as avaliações a qualquer momento. Qualquer dúvida sobre os procedimentos e fases ou sobre os resultados deste estudo será respondida até o seu completo esclarecimento.

Privacidade e confidencialidade:

Aos participantes da pesquisa será garantida total segurança e privacidade. Os dados da pesquisa serão divulgados na forma de artigos científicos submetidos à publicação em revistas de áreas afins, com total confidencialidade no que diz respeito à imagem, dados pessoais ou identidade. Os dados desta pesquisa serão utilizados apenas para fins científicos.

Acompanhamento, ressarcimento e indenização:

Os serviços de treinamento, monitoramento e emergências serão realizados por profissionais qualificados, estando os participantes acompanhados destes profissionais durante todos os procedimentos realizados. Os pesquisadores comprometem-se a ressarcir os participantes por quaisquer despesas eventuais com a participação no projeto, bem como a indenização em caso de maiores danos pessoais.

Dúvidas:

Quaisquer eventuais dúvidas com relação à este projeto serão respondidas aos participantes até que os mesmos estejam plenamente satisfeitos. A elaboração deste termo é em duas vias para que uma fique com você e outra com o pesquisador.

Porto Alegre, 15 de Setembro de 2004.

Telefone para contato: 51 92071303.

0XX 51 33165858.

Prof. Guilherme Garcia Holderbaum

Declaração de Consentimento

Eu,....., responsável pelo
aluno tendo lido todas as
informações oferecidas acima sobre este estudo, estando esclarecido e ciente
dos critérios e procedimentos adotados, autorizo a participação de filho neste
estudo.

ANEXO 2: Ficha de avaliação física para pareamento da amostra

Ficha de Avaliação Física para Pareamento da Amostra

Nome:
Série:
Data de Nascimento:
Já utilizou pedaleira na bicicleta?

Turma:

Sim **Não**

Antrapometria: (Perímetros)

Tórax:
Braço dir rlx.:
Braço esq rlx.:
Braço dir tns.:
Braço esq tns.:
Cintura:
Abdômem:
Quadril:
Coxa dir:
Coxa esq:
Perna dir:
Perna esq:

Composição Corporal: (Dobras Cutâneas)

Tricipital:
Subescapular:
Suprailíaca
Abdominal:
Peitoral:
Axilar:
Bicipital:
Coxa:
Perna:

Crítérios para Pareamento da Amostra:

Idade:
Estatura:
Peso:
% de gordura (Lohman – adolescentes até 17 anos):
Nº Calçado:
Utilização de pedaleiras:
Avaliador: Professor Guilherme Garcia Holderbaum

**ANEXO 3: Rotina de Processamento para correção do acoplamento
entre as forças normal e tangencial desenvolvida no *software* MATLAB**

```
%Matriz de acoplamento de forças no pedal
%Obs: todos os valores devem estar com o zero de força em zero de voltagem

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 = -72.6./VDN
FT = 72.6./VDT
disp('Escala Força Normal:');
disp(FN);
disp('Escala Força Tangencial:');
disp(FT);
```

ANEXO 4: Comparação do tempo e fornecimento de *feedback* de estudos referenciados na literatura

Autor	Sujeitos da amostra	Base do <i>Feedback</i>	Quantidade de <i>Feedback</i>	% redução de <i>Feedback</i>	Cadência	Carga	Quantidade de Sessões
Sanderson & Cavanagh (1990)	6 indivíduos sem experiência no ciclismo	FR a cada dois ciclos.	1° ao 5° dia: 150 apresentações 6° ao 7° dia: 90 apresentações 8° ao 10° dia: 30 apresentações Total: 1020 apresentações	Do 1° ao 5° p/ 6° ao 7° dia = 40% de redução. Do 6° ao 7° p/ 8° ao 10° dia = 66% de redução.	60 rpm	112 W	10 dias de sessões
Broker, Gregor & Schmidt (1993)	18 (9 homens e 9 mulheres) estudantes sem experiência no ciclismo	Fx no <i>Feedback</i> corrente Fx <i>Feedback</i> de síntese	<i>Feedback</i> corrente: 18 <i>feedbacks</i> /30s <i>Feedback</i> de síntese: ao final de 1 min de pedalada (25 <i>feedbacks</i>)	Não houve redução. Foram comparados dois tipos de <i>feedback</i> .	75 – 80 rpm	125 W	1 dia de sessão com 25 aquisições
Henke (1998)	12 ciclistas de elite	FE, FI e IE	3 séries de 10 min. Os primeiros 5 min de cada série sem <i>feedback</i> e nos últimos 5 min com <i>feedback</i> . Totalizando 15 minutos de <i>feedback</i> .	Não houve redução	60 rpm	200 W	1 sessão de 30 minutos

ANEXO 5: Rotinas de Processamento de dados

Rotina Pré-experimento

```
"Analise";

//normal
//tang
//relativo
//cadencia

NomeCurva (0, "normal");
NomeCurva (1, "tang");
NomeCurva (2, "rel");
NomeCurva (3, "cad");

DeslocaY (0, -0.0321);
DeslocaY (1, -0.0391);

Filtroldeal_FFT (0, 0, 10);
Filtroldeal_FFT (1, 0, 10);
Filtroldeal_FFT (3, 0, 10);
ApagaCurva (1..0);
ApagaCurva (1);

NormalizaY (3);
ApagaCurva (3);

AchaMaximos (3, 2);
ApagaCurva (3);
Sub-Amostra (3, 2);
ApagaCurva (3);

EscalaY (0, 182.83);
DeslocaY (0, -75.904);

SenoGraus (0);
CosenoGraus (0);

Filtroldeal_FFT (4, 0, 10);
Filtroldeal_FFT (5, 0, 10);
ApagaCurva(5..4);
NomeCurva (4, "sen");
NomeCurva (5, "cos");

EscalaY (1, 342.1397);
```

EscalaY (2, 100.8166);

Produto (4, 1);
Produto (5, 2);
Subtrai (6, 7);
ApagaCurva (7..6);
ApagaCurva (5..4);

RecortaTrechos (0, 3, 10);
RecortaTrechos (1, 3, 10);
RecortaTrechos (2, 3, 10);
RecortaTrechos (4, 3, 10);

NormalizaX (5..44);

Recorta (3, 1, 10);

ApagaCurva (44..0);

EscalaX (0..39, 720);
DeslocaX (0..39, -360);

CompoPeriodos (0..9);
CompoPeriodos (10..19);
CompoPeriodos (20..29);
CompoPeriodos (30..39);

ApagaCurva (39..0);

ApagaCurva (8);
ApagaCurva (6);
ApagaCurva (4);
ApagaCurva (2);

NomeCurva (0, "Cadencia");
NomeCurva (1, "Relativo");
NomeCurva (2, "Normal");
NomeCurva (3, "Tang");
NomeCurva (4, "FE");

RecortaX (4, 0, 360);
ApagaCurva (4);
EscalaY (4, -1);
NomeCurva (4, "Fefetiva");

Produto (2, 2);
Produto (3, 3);
Soma (5, 6);

RaizQuadrada (7);
RecortaX (8, 0, 360);
ApagaCurva (8);
NomeCurva (8, "Fresultante");
ApagaCurva (5);
ApagaCurva (5);
ApagaCurva (5);

Quociente (4, 5);
NomeCurva (6, "Iefetividade");

RecortaX (2, 0, 360);
RecortaX (3, 0, 360);
ApagaCurva (2);
ApagaCurva (2);
NomeCurva (5, "Fnormal");
EscalaY (5, -1);
NomeCurva (6, "Ftang");

RecortaX (1, 0, 360);
ApagaCurva (1);
NomeCurva (6, "relativo");

Copia (1);
EscalaY (7, 0.17);
NomeCurva (7, "Torque");

Simpson (1);
Simpson (2);

NomeCurva (8, "IFE");
NomeCurva (9, "IFR");

Rotina Sessões de Aprendizagem (1 ao 6)

"Treinos";

//normal
//tang
//relativo
//cadencia

NomeCurva (0, "normal");
NomeCurva (1, "tang");
NomeCurva (2, "rel");
NomeCurva (3, "cad");

DeslocaY (0, -5.8114);
DeslocaY (1, -4.3083);

Filtroldeal_FFT (0, 0, 10);
Filtroldeal_FFT (1, 0, 10);
Filtroldeal_FFT (3, 0, 10);
ApagaCurva (1..0);
ApagaCurva (1);

NormalizaY (3);
ApagaCurva (3);

AchaMaximos (3, 2);
ApagaCurva (3);
Sub-Amostra (3, 2);
ApagaCurva (3);

EscalaY (0, -0.1911);
DeslocaY (0, 850.33);

SenoGraus (0);
CosenoGraus (0);

Filtroldeal_FFT (4, 0, 10);
Filtroldeal_FFT (5, 0, 10);
ApagaCurva(5..4);
NomeCurva (4, "sen");
NomeCurva (5, "cos");

EscalaY (1, 0.3355);
EscalaY (2, 0.1127);

Produto (4, 1);
Produto (5, 2);

Subtrai (6, 7);
ApagaCurva (7..6);
ApagaCurva (5..4);

RecortaTrechos (0, 3, 10);
RecortaTrechos (1, 3, 10);
RecortaTrechos (2, 3, 10);
RecortaTrechos (4, 3, 10);

NormalizaX (5..44);

Recorta (3, 1, 10);

ApagaCurva (44..0);

EscalaX (0..39, 720);
DeslocaX (0..39, -360);

CompoPeriodos (0..9);
CompoPeriodos (10..19);
CompoPeriodos (20..29);
CompoPeriodos (30..39);

ApagaCurva (39..0);

ApagaCurva (8);
ApagaCurva (6);
ApagaCurva (4);
ApagaCurva (2);

NomeCurva (0, "Cadencia");
NomeCurva (1, "Relativo");
NomeCurva (2, "Normal");
NomeCurva (3, "Tang");
NomeCurva (4, "FE");

RecortaX (4, 0, 360);
ApagaCurva (4);
EscalaY (4, -1);
NomeCurva (4, "Fefetiva");

Produto (2, 2);
Produto (3, 3);
Soma (5, 6);
RaizQuadrada (7);
RecortaX (8, 0, 360);
ApagaCurva (8);
NomeCurva (8, "Fresultante");
ApagaCurva (5);

ApagaCurva (5);
ApagaCurva (5);

Quociente (4, 5);
NomeCurva (6, "Iefetividade");

RecortaX (2, 0, 360);
RecortaX (3, 0, 360);
ApagaCurva (2);
ApagaCurva (2);
NomeCurva (5, "Fnormal");
EscalaY (5, -1);
NomeCurva (6, "Ftang");

RecortaX (1, 0, 360);
ApagaCurva (1);
NomeCurva (6, "relativo");

Copia (1);
EscalaY (7, 0.17);
NomeCurva (7, "Torque");

Simpson (1);
Simpson (2);

NomeCurva (8, "IFE");
NomeCurva (9, "IFR");

Rotina Sessão de Aprendizagem (7)

"Treino7";

//normal
//tang
//relativo
//cadencia

NomeCurva (0, "normal");
NomeCurva (1, "tang");
NomeCurva (2, "rel");
NomeCurva (3, "cad");

Filtroldeal_FFT (0, 0, 10);
Filtroldeal_FFT (1, 0, 10);
Filtroldeal_FFT (3, 0, 10);
ApagaCurva (1..0);
ApagaCurva (1);

NormalizaY (3);
ApagaCurva (3);

AchaMaximos (3, 2);
ApagaCurva (3);
Sub-Amostra (3, 2);
ApagaCurva (3);

EscalaY (0, -0.1827);
DeslocaY (0, 800.11);

SenoGraus (0);
CosenoGraus (0);

Filtroldeal_FFT (4, 0, 10);
Filtroldeal_FFT (5, 0, 10);
ApagaCurva(5..4);
NomeCurva (4, "sen");
NomeCurva (5, "cos");

EscalaY (1, 0.3355);
EscalaY (2, 0.1127);

Produto (4, 1);
Produto (5, 2);
Subtrai (6, 7);
ApagaCurva (7..6);
ApagaCurva (5..4);

RecortaTrechos (0, 3, 5);

RecortaTrechos (1, 3, 5);
RecortaTrechos (2, 3, 5);
RecortaTrechos (4, 3, 5);

NormalizaX (5..24);

Recorta (3, 1, 5);

ApagaCurva (24..0);

EscalaX (0..19, 720);
DeslocaX (0..19, -360);

CompoPeriodos (0..4);
CompoPeriodos (5..9);
CompoPeriodos (10..14);
CompoPeriodos (15..19);

ApagaCurva (19..0);

ApagaCurva (8);
ApagaCurva (6);
ApagaCurva (4);
ApagaCurva (2);

NomeCurva (0, "Cadencia");
NomeCurva (1, "Relativo");
NomeCurva (2, "Normal");
NomeCurva (3, "Tang");
NomeCurva (4, "FE");

RecortaX (4, 0, 360);
ApagaCurva (4);
EscalaY (4, -1);
NomeCurva (4, "Fefetiva");

Produto (2, 2);
Produto (3, 3);
Soma (5, 6);
RaizQuadrada (7);
RecortaX (8, 0, 360);
ApagaCurva (8);
NomeCurva (8, "Fresultante");
ApagaCurva (5);
ApagaCurva (5);
ApagaCurva (5);

Quociente (4, 5);
NomeCurva (6, "Iefetividade");

RecortaX (2, 0, 360);
RecortaX (3, 0, 360);
ApagaCurva (2);
ApagaCurva (2);
NomeCurva (5, "Fnormal");
EscalaY (5, -1);
NomeCurva (6, "Ftang");

RecortaX (1, 0, 360);
ApagaCurva (1);
NomeCurva (6, "relativo");

Copia (1);
EscalaY (7, 0.17);
NomeCurva (7, "Torque");

Simpson (1);
Simpson (2);

NomeCurva (8, "IFE");
NomeCurva (9, "IFR");

Rotina Pós-experimento

```
"AnaliseAv3";

//normal
//tang
//relativo
//cadencia

NomeCurva (0, "normal");
NomeCurva (1, "tang");
NomeCurva (2, "rel");
NomeCurva (3, "cad");

DeslocaY (0, 0.0491);
DeslocaY (1, 0.0565);

Filtroldeal_FFT (0, 0, 10);
Filtroldeal_FFT (1, 0, 10);
Filtroldeal_FFT (3, 0, 10);
ApagaCurva (1..0);
ApagaCurva (1);

NormalizaY (3);
ApagaCurva (3);

AchaMaximos (3, 2);
ApagaCurva (3);
Sub-Amostra (3, 2);
ApagaCurva (3);

EscalaY (0, 186.3);
DeslocaY (0, -76.794);

SenoGraus (0);
CosenoGraus (0);

Filtroldeal_FFT (4, 0, 10);
Filtroldeal_FFT (5, 0, 10);
ApagaCurva(5..4);
NomeCurva (4, "sen");
NomeCurva (5, "cos");

EscalaY (1, 280.3932);
EscalaY (2, 132.9103);

Produto (4, 1);
Produto (5, 2);
Subtrai (6, 7);
ApagaCurva (7..6);
ApagaCurva (5..4);
```


RecortaTrechos (0, 3, 10);
RecortaTrechos (1, 3, 10);
RecortaTrechos (2, 3, 10);
RecortaTrechos (4, 3, 10);

NormalizaX (5..44);

Recorta (3, 1, 10);

ApagaCurva (44..0);

EscalaX (0..39, 720);
DeslocaX (0..39, -360);

CompoerPeriodos (0..9);
CompoerPeriodos (10..19);
CompoerPeriodos (20..29);
CompoerPeriodos (30..39);

ApagaCurva (39..0);

ApagaCurva (8);
ApagaCurva (6);
ApagaCurva (4);
ApagaCurva (2);

NomeCurva (0, "Cadencia");
NomeCurva (1, "Relativo");
NomeCurva (2, "Normal");
NomeCurva (3, "Tang");
NomeCurva (4, "FE");

RecortaX (4, 0, 360);
ApagaCurva (4);
EscalaY (4, -1);
NomeCurva (4, "Fefetiva");

Produto (2, 2);
Produto (3, 3);
Soma (5, 6);
RaizQuadrada (7);
RecortaX (8, 0, 360);
ApagaCurva (8);
NomeCurva (8, "Fresultante");
ApagaCurva (5);
ApagaCurva (5);
ApagaCurva (5);

Quociente (4, 5);
NomeCurva (6, "Iefetividade");

RecortaX (2, 0, 360);
RecortaX (3, 0, 360);
ApagaCurva (2);
ApagaCurva (2);
NomeCurva (5, "Fnormal");
EscalaY (5, -1);
NomeCurva (6, "Ftang");

RecortaX (1, 0, 360);
ApagaCurva (1);
NomeCurva (6, "relativo");

Copia (1);
EscalaY (7, 0.175);
NomeCurva (7, "Torque");

Simpson (1);
Simpson (2);

NomeCurva (8, "IFE");
NomeCurva (9, "IFR");

**ANEXO 6: Valores dos testes estatísticos formais de normalidade,
esfericidade e equivalência de variâncias**

Valor do teste formal de normalidade (Shapiro-Wilk)

Variável/grupo/momento	Sig.
IE/experimental/pré	0,894
IE/experimental/pós	0,965
IE/experimental/ret	0,547
IE/controle/pré	0,335
IE/controle/pós	0,606
IE/controle/ret	0,471
IE fase de propulsão/experimental/pré	0,157
IE fase de propulsão/experimental/pós	0,751
IE fase de propulsão/experimental/ret	0,520
IE fase de recuperação/experimental/pré	0,170
IE fase de recuperação/experimental/pós	0,180
IE fase de recuperação/experimental/ret	0,491
IE fase de propulsão /controle/pré	0,516
IE fase de propulsão /controle/pós	0,427
IE fase de propulsão /controle/ret	0,554
IE fase de recuperação /controle/pré	0,778
IE fase de recuperação /controle/pós	0,298
IE fase de recuperação /controle/ret	0,719
FE positiva/experimental/pré	0,651
FE positiva/experimental/pós	0,493
FE positiva/experimental/ret	0,078
FE negativa/experimental/pré	0,676
FE negativa/experimental/pós	0,493
FE negativa/experimental/ret	0,094
FE positiva/controle/pré	0,990
FE positiva/controle/pós	0,262

FE positiva/controle/ret	0,780
FE negativa/controle/pré	0,990
FE negativa/controle/pós	0,367
FE negativa/controle/ret	0,880
EC/experimental/pré	0,347
EC/experimental/ret	0,073
EC/controle/pré	0,337
EC/controle/ret	0,095
VO2/Experimental/Pré	0,495
VO2/Experimental/Ret	0,055
VO2/Controle/Pré	0,285
VO2/Controle/Ret	0,556

Valor do teste formal de esfericidade (Mauchly)

Variável/grupo	Sig.
IE/experimental	0,181
IE/controle	0,371
IE fase de propulsão/experimental	0,867
IE fase de recuperação/experimental	0,656
IE fase de propulsão /controle	0,457
IE fase de recuperação /controle	0,344
FE positiva/experimental	0,289
FE negativa/experimental	0,306
FE positiva/controle	0,374
FE negativa/controle	0,369

Valor do teste formal de equivalência das variâncias (Levene)

Variável/momento	Sig.
IE/pré	0,745

IE/pós	0,180
IE/ret	0,523
IE na fase de propulsão/pré	0,745
IE na fase de propulsão /pós	0,405
IE na fase de propulsão /ret	0,523
IE na fase de recuperação /pré	0,180
IE na fase de recuperação /pós	0,551
IE na fase de recuperação /ret	0,078
FE positiva/pré	0,085
FE positiva/pós	0,662
FE positiva/ret	0,269
FE negativa/pré	0,092
FE negativa/pós	0,740
FE negativa/ret	0,4
EC/pré	0,692
EC/ret	0,557
VO2/Pré	0,672
VO2/Ret	0,838