

Universidade de São Paulo
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Departamento de Tecnologia

A EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DA BICICLETA E SUAS IMPLICAÇÕES
ERGONÔMICAS PARA A MÁQUINA HUMANA:
PROBLEMAS NA COLUNA VERTEBRAL X BICICLETAS DOS TIPOS
SPEED E MOUNTAIN BIKE

Suzi Mariño Pequini

Orientador: Prof. Dr. José Jorge Boueri Filho

Dissertação apresentada a Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo da
Universidade de São Paulo para
obtenção do grau de Mestre em 2000.

São Paulo
2000

Impressão: Editora e Laboratório de Impressão UNEB
Estrada das Barreiras S/N – Narandiba / Cabula

Todos os direitos reservados.
É expressamente proibida a reprodução
desta dissertação, no seu todo ou em parte,
por quaisquer meios, sem
o consentimento por escrito da autora.

Catlogação na Fundação Biblioteca Nacional
Ministério da Cultura sob n.º 202.434

Mariño Pequini, Suzi

A evolução tecnológica da bicicleta e suas implicações ergonômicas para a máquina humana: Problemas da Coluna Vertebral X Bicicletas dos tipos *Speed* e *Mountain Bike* São Paulo, USP, 2000.

xv, 143

Tese (mestrado) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Departamento de Tecnologia.

I. Ciclismo. 2. Coluna Vertebral. 3. Ergonomia. 4. Teses. I. Universidade de São Paulo. II. Títulos.

Universidade de São Paulo
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Departamento de Tecnologia

A EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DA BICICLETA E SUAS IMPLICAÇÕES
ERGONÔMICAS PARA A MÁQUINA HUMANA:
PROBLEMAS NA COLUNA VERTEBRAL X BICICLETAS DOS TIPOS
SPEED E MOUNTAIN BIKE

Suzi Mariño Pequini

Orientador: Prof. Dr. José Jorge Boueri Filho

Dissertação defendida e aprovada em 11/07/2000, pela banca constituídas
pelos professores:

Prof. Dr. Jorge Boueri Filho

Prof.^a Dr.^a Anamaria de Moraes

Prof. Dr. João Roberto Leme Simões

São Paulo, 11 de Julho de 2000

*Aos meus pais, **Alfonso** (in memoriam) e **Nice**
a quem devo tudo que sou, minha eterna gratidão.*

*A **Paolo**, meu marido, pelo incentivo
e compreensão nos momentos de ausência,
sem o qual não teria realizado este trabalho.*

*A meu orientador, **Dr. Jorge Boueri**
por ter acreditado em meu trabalho e
me acolhido no momento decisivo do meu curso*

*A **Dr.ª Anamaria de Moraes** que me fez chegar
até aqui me ensinando e
incentivando a não desistir nunca.*

*.A **Dr. José Knoplich** pela atenção,
conhecimento e carinho dispensados pacientemente
para o enriquecimento deste trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus **Professores da Pós-Graduação** da FAU pelas informações fornecidas.

Aos **Funcionários da Pós-Graduação** da FAU pela atenção dispensada.

A **Luciana Liebert** da Redação da Revista Bici Esporte; **Adir Luíz Romeo** Ciclista e Técnico da Prefeitura de Ciuritiba; **Walter Busto** Historiador e Colecionador de bicicletas de São Paulo; **Franklin** da Abraciclo; **Bill** ciclista de São Paulo; **Roberto Peçanha de Almeida** professor de Educação Física; **Leandro Macedo** Tri-Atleta; **Luciano, Alexandre D. Barbosa, Wagner F. Silva, Leones S. Pereira e Benício S. Pereira** ciclistas de Salvador, pelo apoio e incentivo no decorrer deste trabalho e a todos os ciclistas que, pacientemente, me permitiram realizar o levantamento antropométrico.

Aos diretores da JJPCC, **Jocil e Célia** pelo apoio na difusão deste trabalho.

A **Professor Stavola Nayval** e ao **Designer Djalma Fiuza** da Gráfica da UNEB pela paciência e dedicação na finalização deste trabalho

E em especial a **Fernando Ferreira** (*in memoriam*) que mostrou, apesar do pouco tempo entre nós, que vale a pena viver e lutar pelo que se quer realizar, apoiando intensamente, sem restrições na realização deste trabalho

LISTA DE FIGURAS

1.1	Bicicleta <i>Speed</i> (PORTE, 1996).....	1.1
2.1	Bicicleta <i>Mountain Bike</i> (PORTE, 1996)	1.1
1.2	Heliópolis (RAUCK, 1981)	2.1
2.2	Celerífero (S/ FONTE)	2.2
3.2	Detalhe do Celerífero (S/ FONTE)	2.2
4.2	Drasiana do Barão Von Drais (S/ FONTE)	2.4
5.2	Drasina de George von Reichenblank 1817 (RAUCK, 1981)	2.6
6.2	Drasina 1817 (RAUCK, 1981)	2.7
7.2	Drasina 1819 (RAUCK, 1981)	2.7
8.2	Drasiana 1820 (RAUCK, 1981)	2.7
9.2	Celerífero que aparece na França em 1820 (RAUCK, 1981)	2.8
10.2	Drasiana para damas. (RAUCK, 1981)	2.9
11.2	Drasiana de Kasseler. (RAUCK, 1981)	2.10
12.2	Drasiana sem guidão. (RAUCK, 1981)	2.10
13.2	Drasiana com mecanismo de propulsão de Nerembereg Bauer (RAUCK, 1981)	2.11
14.2	Bicicleta de Compertz com manivela e roda dentada. (RAUCK, 1981) ..	2.12
15.2	Drasiana com tração na roda traseira de Mac Millan. (RAUCK, 1981)....	2.13
16.2	Drasiana de Philip Moritz com manivela na roda dianteira e aros metálicos. (RAUCK, 1981).....	2.13
17.2	Drasiana com pedais. (PRIDMORE, 1995)	2.14
18.2	Michaulina construída em ferro (Prospecto de divulgação)	2.15
19.2	Detalhe da Michaulina construída em ferro (Prospecto de divulgação)	2.16
20.2	Drasiana de Lallemente I (PRIDMORE, 1995)	2.17
21.2	Drasiana de Lallemente II (RAUCK, 1981)	2.17
22.2	Drasiana de Mylius. (RAUCK, 1981).....	2.18
23.2	Bicicleta tipo Mac Millan (RAUCK, 1981)	2.19
24.2	Bicicleta tipo Mac Millan de tração com pedal (RAUCK, 1981)	2.20
25.2	Primeira bicicleta com tração por corrente contínua de transmissão (RAUCK, 1981)	2.20
26.2	Bicicletas com roda dianteira maior que a roda traseira (RAUCK, 1981).....	2.22
27.2	Bicicleta “Kangaroo” (PRIDMORE, 1995)	2.23

28.2	Bicicleta dobrável (S/ FONTE)	2.24
29.2	Bicicleta Rover III (PRIDMORE, 1995)	2.25
30.2	BMX (PRIDMORE, 1995)	2.26
31.2	<i>Mountain Bike</i> (BICI SPORT, 1999)	2.27
32.2	Bicicleta <i>SpeedZipp</i> 2001 da Multi Sport Zipp-Speed (PRIDMORE, 1995)	2.27
33.2	Bicicleta Easy Racer projetada por Gardner Martin na Califórnia (PRIDMORE, 1995)	2.28
34.2	Bicicleta Epicycle projetada por Michael Stapleton em Chicago (PRIDMORE, 1995)	2.28
35.2	Bicicleta produzida pela Vision Recumbent Advanced Transportation Product (PRIDMORE, 1995)	2.29
1.4	Partes da Bicicleta do tipo <i>Speed</i> (ANGELI, 1994)	4.1
2.4	Partes do quadro (NORET, 1991)	4.3
3.4	Coroa (ANGELI, 1994)	4.7
4.4	Pedaleira (ANGELI, 1994)	4.8
5.4	Peão (ANGELI, 1994)	4.9
6.4	Pedal com firma-pé (ANGELI, 1994)	4.10
7.4	Pedal automático (ANGELI, 1994)	4.11
8.4	Corrente (ANGELI, 1994)	4.12
9.4	Desviador (ANGELI, 1994)	4.15
10.4	Câmbio traseiro (ANGELI, 1994)	4.16
11.4	Freio de tiro central (VESPINI, s/d)	4.17
12.4	Freio de tiro lateral (VESPINI, s/d)	4.17
13.4	Freio “cantilever” (VESPINI, s/d)	4.18
14.4	Raio com cruzamento por três (VESPINI, s/d)	4.20
15.4	Raio com cruzamento por quatro (VESPINI, s/d)	4.20
16.4	Raio lenticular (ANGELI, 1994)	4.21
17.4	Rodas de bastão (ANGELI, 1994)	4.21
18.4	Cubo grande (VESPINI, s/d)	4.22
19.4	Cubo pequeno (VESPINI, s/d)	4.22

20.4	Aros altos (ANGELI, 1994)	4.23
21.4	Pneu (VESPINI, s/d)	4.24
22.4	Tubular (VESPINI, s/d)	4.24
23.4	Tipos de direção (ANGELI, 1994)	4.27
24.4	Selim (ANGELI, 1994)	4.29
1.5	Tronco (Hinault, 1988)	5.1
2.5	Braço (Hinault, 1988)	5.1
3.5	Coxa (Hinault, 1988)	5.2
4.5	Ante-braço (Hinault, 1988)	5.2
5.5	Perna (Hinault, 1988)	5.2
6.5	Entrepernas (Hinault, 1988)	5.2
7.5	Ombros (Hinault, 1988)	5.2
8.5	Medidas do quadro (HINAULT, 1988)	5.3
9.5	Cálculo da altura do selim (HINAULT, 1988)	5.3
10.5	Cálculo da inclinação do tubo do selim (HINAULT, 1988)	5.6
11.5	Largura do guidão (PORTE, 1996)	5.9
12.5	Ângulo de caída (VESPINI, s/d)	5.13
13.5	Curva do arco do garfo dianteiro (VESPINI, s/d)	5.13
14.5	Ângulo de caída positivo (VESPINI, s/d)	5.14
15.5	Ângulo de caída negativo (VESPINI, s/d)	5.14
16.5	Ângulo de caída neutro (VESPINI, s/d)	5.14
1.6	Corte da medula espinhal (GUIZZO, 1998)	6.1
2.6	Sistema Nervoso Central (GUIZZO, 1998)	6.2
3.6	Vistas da estrutura da coluna vertebral (GUIZZO, 1998)	6.3
4.6	Lesão da parede posterior do disco intervertebral com perda de núcleo do disco (ALMEIDA, 1994)	6.4
5.6	Disco intervertebral diminuído, vértebras com osteófitos e articulações sem espaço articular. (KNOPLICH, 1982)	6.6
6.6	Presença de grande amplitude de movimento de flexão que em geral está associada a grandes forças. (RASCH, 1989)	6.8
7.6	Deformações típicas da coluna vertebral. (IIDA, 1990)	6.9
8.6	Pressões que o 3º disco lombar sofre, numa pessoa de 70 quilos, conforme a posição do corpo (KNOPLICH, 1982)	6.11
9.6	Alterações da coluna a partir de posturas assumidas (KEEGAN s/d in SOARES,	6.12

	1990).....	
10.6	Método de Yamaguchi para medição da tensão entre as vértebras quando a coluna se inclina (GRANDJEAN, 1973 in SOARES, 1990)	6.13
11.6	Ângulo tronco-coxas e seu efeito nas atividades dos músculos e na pressão nos discos (COUTO, 1995)	6.15
12.6	Posição de Repouso (AMBROSINI, 1990)	6.19
	
13.6	Posição para subida que não requer muito esforço (AMBROSINI, 1990)	6.19
14.6	Posição ligeiramente para trás. (AMBROSINI, 1990).....	6.20
15.6	Mãos sobre a parte exterior do guidão: para controlar em plano e relaxar-se (PORTE, 1996)	6.26
	
16.6	Mãos sobre a parte plana do guidão, para rodar no plano (PORTE,1996).....	6.26
	...	
17.6	Mãos sobre as manetas dos freios: para rodar no plano ou escalar uma costa (PORTE, 1996)	6.26
18.6	Mãos no centro do guidão: para rodar a velocidade reduzida ou realizar uma subida permanecendo sentado (PORTE, 1996)	6.26
19.6	Mãos na curva funda do aro do guidão: para rodar rápido no plano ou em descidas (PORTE,1996).....	6.26
20.6	Mãos e antebraços sobre o guidão “scott” para efetuar uma corrida contra-relógio e buscar o melhor aerodinamismo possível (PORTE, 1996).....	6.26
	..	
21.6	No plano sem segurar-se no guidão. (PORTE, 1996)	6.27
22.6	No plano, a velocidade reduzida. (PORTE, 1996)	6.27
23.6	No plano e a marcha rápida. (PORTE, 1996)	6.28
24.6	“Sprint” (PORTE, 1996).....	6.28
25.6	Em descida. (PORTE, 1996)	6.29
	
26.6	Em subida, sentado sobre o selim (PORTE, 1996).....	6.29
27.6	Em subida, posição de “bailarina” pés sobre os pedais (PORTE, 1996)	6.30
1.7	Levantamento antropométrico do ciclista e as medidas da sua bicicleta.....	7.2
	..	
1.8	Ciclista em posição aerodinâmica (VESPINI, s/d)	8.2
2.8	“Bike Fit” aparelho para dimensionar a bicicleta de acordo com as dimensões do usuário (Prospecto de divulgação).....	8.6
3.8	Bicicleta de passeio feminina americana (Prospecto de divulgação)	8.7
4.8	Bicicleta de passeio masculina americana (Prospecto de divulgação) ..	8.8
5.8	Bicicleta de passeio americana (Prospecto de divulgação)	8.8
6.8	Bicicleta de passeio americana (Prospecto de divulgação).....	8.8
7.8	Bicicleta de passeio nacional (Prospecto de divulgação).....	8.9
8.8	Bicicleta de passeio nacional (Prospecto de divulgação).....	8.9
9.8	Bicicleta de passeio nacional (Prospecto de divulgação)	8.10
10.8	Bicicleta de passeio nacional (Prospecto de divulgação)	8.10

LISTA DE GRÁFICOS

1.1	Distribuição do número de bicicletas no Brasil por região (ABRACICLO, 1999).....	1.2
2.1	Percentual de vendas de bicicletas no Brasil por categoria (ABRACICLO, 1999).....	1.2
1.7	Estilo das bicicletas.....	7.11
2.7	Frequência do uso da bicicleta	7.11
3.7	Prática de esportes além do ciclismo	7.11
4.7	Modalidades do esporte praticado além do ciclismo.....	7.11
5.7	Incidência de dores relacionadas à prática do ciclismo.....	7.11
6.7	Regiões doloridas	7.11
7.7	Regiões doloridas da coluna vertebral	7.11
8.7	Idade	7.13
	I.....	
9.7	Idade	7.13
	II.....	
10.7	Peso Corporal	7.13
	I.....	
11.7	Peso Corporal	7.13
	II.....	
12.7	Altura do quadro	7.13
	I.....	
13.7	Altura do quadro	7.13
	II.....	
14.7	Prática de outro esporte (ciclistas que relacionaram dores no corpo com a utilização da bicicleta).....	7.13
15.7	Prática de outro esporte (ciclistas que afirmaram não sentir nenhum tipo de dor relacionada com o uso da bicicleta)	7.13
16.7	Diferenças encontradas nos ajustes dos selins dos ciclistas que relacionaram dores no corpo com a utilização da bicicleta	7.14
17.7	Diferenças encontradas nos ajustes dos selins das bicicletas dos ciclistas que afirmaram não sentir nenhum tipo de dor relacionada com o uso da bicicleta	7.14

LISTA DE TABELAS

1.5	Comprimento do tubo horizontal (AMBROSINI, 1990)	5.7
2.5	Comprimento do quadro e do espigão (HINAULT, 1988).....	5.8
3.5	Comprimento da biela (AMBROSINI, 1990).....	5.12
1.7	Levantamento da medida do braço (1)	7.4
2.7	Levantamento da medida do braço (2).....	7.5
3.7	Levantamento da medida da altura do tronco	7.5
4.7	Levantamento da medida da coxa	7.6
5.7	Levantamento da medida do antebraço	7.6
6.7	Levantamento da medida da perna	7.7
7.7	Levantamento da medida do ombro.....	7.7
8.7	Levantamento da medida do entrepernas	7.8
9.7	Levantamento da estatura	7.9
10.7	Levantamento da idade	7.10
11.7	Levantamento do peso	7.10

SUMÁRIO

I. Lista de figuras	vii
II. Lista de gráficos	x
III. Lista de tabelas	xi
IV. Resumo	xiv
V. “Abstract”	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1.1
2. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA BICICLETA	2.1
3. MODALIDADES DO CICLISMO.....	3.1
4. MORFOLOGIA DA BICICLETA	4.1
4.1. Partes da bicicleta.....	4.1
4.2. O quadro	4.2
4.2.1. Materiais mais empregados	4.3
4.2.1.1. O aço	4.3
4.2.1.2. O alumínio	4.3
4.2.1.3. O titânio	4.4
4.2.1.4. Os materiais compostos	4.4
4.2.1.5. “Monocasco”.....	4.4
4.2.1.6. Cromo-Molibidênio.....	4.4
4.2.2. Técnicas de união	4.5
4.2.2.1. Tipos de soldas.....	4.5
4.3. A transmissão	4.6
4.3.1. Transmissão central	4.6
4.3.2. Coroas	4.6
4.3.3. Peões	4.8
4.3.4. Bielas	4.9
4.3.5. Pedais	4.10
4.3.6. Corrente	4.11
4.3.7. Desmultiplicações	4.12
4.4. O câmbio	4.14
4.4.1. Desviador	4.14
4.4.2. Câmbio traseiro... ..	4.15
4.4.3. Alavancas de câmbio	4.16
4.5. Os freios.....	4.17
4.6. As rodas	4.19
4.6.1. Raios	4.19
4.6.2. Cubo	4.21

4.6.3. Aros	4.22
4.6.4. Pneus e Tubulares.....	4.24
4.7. A direção	4.26
4.7.1. Guidão	4.26
4.7.2. Garfo Dianteiro.....	4.27
4.8. O selim	4.28
5. ADAPTANDO A BICICLETA À MORFOLOGIA DO CICLISTA.....	5.1
5.1. Dados antropométricos aplicados no dimensionamento da bicicleta	5.1
5.2. Dimensões da bicicleta	5.3
5.2.1. Altura do quadro	5.4
5.2.2. Inclinação do tubo do selim	5.5
5.2.3. Comprimento do tubo horizontal	5.6
5.2.4. Altura do selim	5.8
5.2.5. Recuo do selim	5.9
5.2.6. Largura do guidão	5.9
5.2.7. Inclinação do tubo da direção	5.9
5.2.8. Comprimento das bielas.....	5.10
5.2.9. Altura do centro do eixo da transmissão central.....	5.12
5.2.10. Comprimento, inclinação e curvatura dos garfos.....	5.13
6. COLUNA VERTEBRAL.....	6.1
6.1 Discos Intervertebrais	6.4
6.2. Lesões da Coluna e suas Conseqüências.....	6.6
6.3. Recomendações ergonômicas para a postura sentada.....	6.14
6.4. Recomendações dos ciclistas para postura sobre a bicicleta dos tipos <i>Speed</i> e <i>Mountain Bike</i>	6.18
7. LEVANTAMENTO ANTROPOMÉTRICO.....	7.1
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	8.1
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	9.1

RESUMO

Esta dissertação consiste em analisar o posto de trabalho do ciclista em sua bicicleta para identificar os aspectos que interferem no seu desempenho devido às posturas assumidas. Esta análise baseia-se nas recomendações ergonômicas para assunção da postura sentada e suas conseqüências para a sua saúde. Contém informações sobre a evolução histórica da bicicleta, assim como, dos subsistemas da bicicleta e as formas de dimensioná-la de acordo com a morfologia do usuário. Procura-se embasamento do produto de forma a conhecê-lo para melhor analisá-lo. Faz-se uma abordagem sobre as funções anátomo-fisiológicas da coluna vertebral, dinâmica do sentar e as recomendações para a postura sentada, tendo como base a ergonomia, assim como se diminuam orientações para a postura sobre a bicicleta segundo experiências de ciclistas profissionais. Realizou-se a pesquisa por meio de questionários sobre queixas de dores nos ciclistas, assim como levantamento antropométrico deles e pelo levantamento dimensional de suas bicicletas, buscando constatar a relação entre dores e dimensionamento da bicicleta. Busca-se com este trabalho, fornecer subsídios teóricos para orientação na escolha da bicicleta, assim como possibilitar aos profissionais responsáveis pelo seu projeto o dimensionamento correto para uma melhor adequação no relacionamento “usuário X produto”, evitando problemas que possam causar prejuízos à sua saúde.

ABSTRACT

This paper's objective is to analyse the cyclist place on his bicycle to identify the aspects that cause interference on his performance due to the required postures. The above mentioned analysis is based on ergonomic recommendations to the assumption of a seated posture and its consequences to one's health. There is information about the bicycle's historical evolution as well as its subsystems and the methods of making its measures according to the user's morphology. We searched about the product so that we could have plenty information about it to better analyse it. In this paper we approach the anatomic and physiologic functions of the spinal column. We also studied the sitting dynamics and the recommendations to a seated posture, based on the ergonomics. Orientations about the seated posture on a bicycle according to the experience of professional cyclists are given as well. A research, using questionnaires, on the pain felt by cyclists was carried out. An anthropometric measurement on the cyclists was also taken as well as the dimensional measurements of their bicycles in an attempt to find the connection between the pains and the bicycle's measurements. In this paper we try to offer theoretical information to give people some orientation of how to choose a bicycle as well as to make it possible to the professionals responsible for its design its correct dimensioning for a better adjustment in the relation "user X product", avoiding problems that may affect a person's health.