

**Método estatístico “Análise de Sobrevida” aplicado à avaliação de produtos.
*Statistical method "Analysis of Survival" applied to the evaluation of products.***

Suzi Maria Mariño

Doutora em Arquitetura e Urbanismo, FAU/USP

Anamaria de Moraes

Doutora em Comunicação, UFRJ

Jorge Boueri

Doutor em Arquitetura e Urbanismo, FAU/USP

Paolo Cinque Pequini

Pós-Graduado Engenharia e Design de Produtos, DCET/UNEB

Resumo

Este estudo objetivou avaliar um método estatístico denominado “Análise de Sobrevida”, para estimar os tempos médios de permanência de usuários em produtos sem que seja necessário observá-los até que finalizem sua tarefa. Para a referida avaliação, foi selecionada a bicicleta como objeto de estudo e foram simuladas seis situações de diferentes formas de uso. Estas situações tiveram como referência pesquisa desenvolvida anteriormente pelos autores, na qual foram observados 40 ciclistas profissionais. O experimento foi realizado em laboratório montado especificamente para esta atividade.

Palavras-chave: ergonomia, estatística, bicicleta.

Abstract

This study aims at to evaluate a method denominated "Statistical Analysis of Survival ", to esteem the medium times of users' permanence in products without it is necessary to observe them until that conclude your task. For referred her evaluation, the bicycle was selected and six situations were created of different from use. These situations had as reference researches developed previously by the authors, in which 40 professional cyclists were observed. The experiment was accomplished at laboratory specifically set up for this activity. They were simulate, as already mentioned, six differentiated situations of use of the bicycle.

Keywords: ergonomics, statistical, bicycle.

1. Introdução

Para avaliar os níveis de conforto postural em bicicletas, realizou-se experimento que teve seus resultados calculados a partir de três métodos, o Método Descritivo, Observação da Variação dos Ângulos Biomecânicos entre tronco e coxa dos usuários e o Método da “Análise de Sobrevivência” o qual apresentamos neste artigo.

Portanto, este estudo objetivou avaliar este método estatístico denominado “Análise de Sobrevivência”, para estimar os tempos médios de permanência de usuários em produtos sem que seja necessário observá-los até que finalizem sua tarefa, pois desenvolve modelos a partir de co-variáveis de ajuste. Este método possibilita que, mesmo que haja interrupção da execução da tarefa em um determinado tempo pré-estabelecido, se calcule quanto tempo mais o usuário poderia permanecer naquela situação considerando as condições existentes.

Para avaliação, foi selecionada a bicicleta como objeto de estudo e simuladas seis situações de diferentes formas de uso (Figura 1). Essas situações tiveram como referência pesquisa desenvolvida anteriormente pelos autores, na qual foram observados 40 ciclistas profissionais. O experimento foi realizado em laboratório montado especificamente para esta análise.



Figura 1 – Tipos de bicicletas definidos para o experimento.

Bicicleta 1A (Bicicleta Tradicional – Tronco ereto e selim com ajuste correto);

Bicicleta 1B (Bicicleta Tradicional – Tronco ereto e selim com ajuste 10% acima do correto);

Bicicleta 1C (Bicicleta Tradicional – Tronco ereto e selim com ajuste 10% abaixo do correto);

Bicicleta 2A (Bicicleta Aerodinâmica – Tronco em flexão e selim com ajuste correto);

Bicicleta 2B (Bicicleta Aerodinâmica – Tronco em flexão e selim com ajuste 10% acima do correto);

Bicicleta 2C (Bicicleta Aerodinâmica – Tronco em flexão e selim com ajuste 10% abaixo do correto)

2. Experimento

Os indivíduos que participaram do experimento foram selecionados considerando os seguintes critérios: indivíduos saudáveis, dos sexos masculino e feminino, que praticassem atividade física no mínimo três vezes por semana. Foram 20 indivíduos sendo homens com faixa etária média de 30 anos, peso médio 77 kg e estatura média de 179,7cm, e mulheres com faixa etária média de 33 anos, peso médio 57 kg e estatura média de 162,7cm. Para estatura tomou-se como referência os extremos do 2,5º percentil feminino ao 97,5º percentil masculino, conforme recomendações antropométricas de Diffrient; Tilley; Harman (1981) e que fossem habitantes da cidade do Salvador.

Foram definidas como variáveis independentes o tipo da bicicleta (Tradicional e Aerodinâmica) e a altura do selim (correto; 10% abaixo do correto; e 10% acima do correto) a variável dependente foi o tempo médio de pedalada em cada tipo de bicicleta. Para controle dos resultados foram definidas as seguintes variáveis: sexo, estatura, alimentação, postura na bicicleta, ajustes do selim, carga da bicicleta, seqüências das sessões, frequência cardíaca, intervalo entre as sessões e a práticas de outras atividades físicas no período do experimento. O sexo, a velocidade inicial e final, a distância percorrida e a frequência cardíaca foram definidas como co-variáveis de ajuste para o cálculo dos tempos médios de pedalada de cada indivíduo nos diferentes tipos de bicicletas.

Os participantes da pesquisa foram orientados a pedalar durante 30 minutos em cada tipo de bicicleta, podendo interromper a sessão quando o nível de desconforto das bicicletas ficasse “insuportável”, ou não tivesse condições, seja do ponto de vista postural ou dimensional, para pedalar. Durante as sessões foram medidos os tempos pedalados, a velocidade inicial e final, a distância percorrida e, a cada cinco minutos, a frequência cardíaca.

O método de “Análise de Sobrevivência” nesta situação específica chamou de “falha” quando o indivíduo optou por interromper a sessão antes dos 30 minutos pré-estabelecidos e de “censura”, quando os autores o interrompessem aos 30 minutos. Neste caso, surge a questão, se os indivíduos, nas condições existentes ou que lhes foram dadas, se não tivessem sido interrompidos, quanto tempo mais poderiam permanecer pedalando naquele tipo de bicicleta? Ou, se não tivesse solicitado a interrupção, antes dos 30 minutos, naquela bicicleta que considerou muito desconfortável.

A “Análise de Sobrevivência”, permite ao Ergonomista, responder estas questões o que a Análise Descritiva não faz, pois não considera a influência sobre o cálculo dos tempos médios de pedalada das co-variáveis de ajuste, neste caso, sexo, velocidade inicial e final, distância percorrida e frequência cardíaca.

3. “Análise de Sobrevivência”

Os valores dos tempos médios de pedalada foram estimados através do modelo de sobrevivência que associa os tempos percorridos por cada indivíduo aos valores das co-variáveis de ajuste. Os dados coletados no experimento que deram origem as duas primeiras etapas da análise foram tratados estatisticamente por Maristela Dias Oliveira, Mestre em

Estatística pelo Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais, Professora do Departamento de Estatística da Universidade Federal da Bahia.

A conclusão dessa análise permite que o designer projete uma bicicleta que melhore suas qualidades, proporcionando maior conforto e desempenho para os ciclistas, evitando qualquer tipo de dano à sua saúde. Este método também serve de modelo para a avaliação de produtos e estações de trabalho, de forma a prever, a partir do produto que possibilite maior permanência, referências para o desenvolvimento de projetos considerando a usabilidade, diminuindo assim a incidência de fisiopatologias.

3.1 Análise estatística dos tempos médios de pedalada: Análise de Sobrevivência

A análise de sobrevivência consiste no ajuste de um modelo de regressão não linear dos tempos de pedalada como função de possíveis preditores. Outro objetivo da análise de sobrevivência, além da estimação do tempo médio de pedalada, é a identificação das variáveis preditoras desse tempo.

A análise de sobrevivência é uma subárea da Estatística cuja variável resposta é o tempo até a ocorrência de um evento de interesse, usualmente denominado de falha. Exemplos de tempos de falha incluem: os tempos de vida de componentes de uma máquina em aplicações industriais; a duração de uma greve ou períodos de desemprego em estudos econômicos; o tempo necessário para que um indivíduo execute determinada tarefa, que é a forma como será abordada neste trabalho, entre outros tempos de falha. A principal característica de dados de sobrevivência é a presença de censura, que representa a observação parcial da resposta. Isto é, por alguma razão, o acompanhamento do processo foi interrompido para determinado indivíduo ou componente, antes que a falha fosse observada. Isto significa que toda informação sobre tal resposta se resume ao conhecimento de que o tempo de falha é superior àquele que foi observado. A presença de censura dificulta a análise de tais dados com métodos estatísticos convencionais, já que estes métodos necessitariam de todos os tempos de falha. Por esta razão, a modelagem de dados de sobrevivência recebe atenção especial no âmbito estatístico da análise de dados. Tal análise deve levar em conta que a resposta é o tempo até a ocorrência da falha e a presença de censura.

Os conjuntos de dados de sobrevivência são caracterizados pelos tempos de falha e pelas censuras. Estes dois componentes constituem a resposta. O tempo de falha é determinado pelo tempo inicial de observação, pela escala de medida e pelo evento de interesse (desconforto/dor), comumente associado à falha (COX; OAKES, 1984).

Uma representação do mecanismo de censura é feita utilizando duas variáveis aleatórias: seja T (tempo) uma variável aleatória representando o tempo de falha, e seja C (censura) uma outra variável aleatória, independente de T , representando o tempo de censura. Assim, os dados observados são:

$$t = \min(T, C) \quad \text{e} \quad \delta = \begin{cases} 1, & \text{se } T \leq C \\ 0, & \text{se } T > C \end{cases}$$

T é usualmente especificada pela função de sobrevivência ou pela função taxa de falha, apresentadas a seguir.

A função de sobrevivência é definida como a probabilidade de uma observação não falhar até o tempo t. Ou seja,

$$S(t) = P(T > t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(u)du$$

sendo que $F(t)$ e $f(t)$ são, respectivamente, a função de distribuição acumulada e a função densidade de probabilidade de T. $S(t)$ é uma das principais funções probabilísticas usadas para descrever estudos de sobrevivência.

A função taxa de falha ou de risco é definida por:

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t}$$

$h(t)$ é função não-negativa do tempo e representa a taxa de falha instantânea no tempo t, condicionada à sobrevivência até esse tempo.

Para analisar dados de sobrevivência na presença de co-variáveis, são utilizados modelos de regressão cujos parâmetros são usualmente estimados pelo método da máxima verossimilhança. Este método consiste basicamente em se encontrar os valores dos parâmetros que maximizam a função de verossimilhança, que é uma função dos valores da amostra, e será o método adotado para este trabalho.

4. Análise e Discussão da Pesquisa

4.1 Modelando o tempo médio de pedalada:

Vale ressaltar que a análise descritiva não considera a influência que as demais variáveis exercem sobre o tempo médio. Este fato pode levar-nos a uma conclusão errônea, por exemplo, a respeito do tempo médio de pedalada, que parece ser maior entre os homens do que entre as mulheres. Conclusão discordante com o evidenciado nas análises mostradas a seguir para a maioria das bicicletas, com exceção apenas para a Bicicleta 2C. Um ponto de relevante importância a ser enfatizado aqui é que o sexo pode ter influenciado o comportamento das demais co-variáveis, ou seja, é sabido que existem diferentes respostas de frequência cardíaca, distância e velocidades de pedalada entre homens e mulheres. Daí pode decorrer a diferença entre o comportamento observado na análise descritiva do tempo médio de pedalada em cada sexo e o evidenciado na presente análise. Neste sentido, uma análise, excluindo a variável sexo poderia ter sido considerada. No entanto, tal procedimento teria como consequência a não percepção da influência do sexo sobre o tempo médio de pedalada.

Codificação das co-variáveis:

Nos resultados apresentados a seguir, foram usados os seguintes códigos: FCXX representa a frequência cardíaca do indivíduo na bicicleta XX, DistXX representa a distância percorrida, ViXX é a velocidade inicial e VfXX a velocidade final. As co-variáveis do estudo, consideradas para estimar o tempo médio de pedalada, com exceção de sexo, são todas contínuas. Para proceder aos ajustes dos modelos listados a seguir, foi feita uma codificação para a variável sexo (que precisaria ser numérica) da seguinte maneira: o valor “0” foi atribuído ao sexo feminino e o valor “1” ao masculino.

Uma outra observação a ser feita antes de se prosseguir com o estudo é que, devido ao fato de não terem sido observadas “falhas” no que tange à Bicicleta 1C, não foi possível estimar o tempo médio de pedalada, através da análise de sobrevivência, devido ao fato de todos os tempos terem sido “censurados”.

A significância estatística das co-variáveis foi verificada através do valor-p da estatística de Wald, definida por:

$$Z = \frac{\hat{\beta}}{\hat{SE}(\hat{\beta})}$$

que tem distribuição aproximadamente normal padrão (HOSMER; LEMESHOW, 1999), ou seja, a última coluna de cada um dos cinco quadros a seguir representa a probabilidade de uma normal padrão ser maior do que z (valor da penúltima coluna) e testa a importância da respectiva co-variável como preditora do tempo médio de pedalada em cada bicicleta.

A – Bicicleta 1A

O teste de Wald (ou teste Z) revela que todas as co-variáveis foram estatisticamente significantes para prever o tempo médio de pedalada, pois todas apresentaram p-valor igual a zero, e o teste de qui-quadrado (com 5 graus de liberdade) mostra que o modelo como um todo é estatisticamente significativo a um nível de significância acima de 9,1%.

Modelo de ajuste para o tempo médio de permanência na Bicicleta 1A:

$$\text{Tempo} = 119,85 - 0,49 \times \text{FC} + 11,88 \times \text{Dist} - 12,44 \times \text{VI} + 7,99 \text{VF} - 44,91 \text{Sexo}$$

Quadro 1 – Saída do ajuste do modelo de Análise de sobrevivência, para a Bicicleta 1A

	Value	Std.Error	z	p
(Intercept)	119.852	0.502	239	0
FC1A	-0.485	0.000	-Inf	0
Dist1A	11.879	0.000	Inf	0
VilA	-12.441	0.000	-Inf	0
Vf1A	7.987	0.000	Inf	0
SexoMASCULINO	-44.913	0.000	-Inf	0
Log(scale)	-0.689	0.000	-Inf	0

Scale= 0.502
 Weibull distribution
 Loglik(model)= -2.6 Loglik(intercept only)= -7.4
 Chisq= 9.49 on 5 degrees of freedom, p= 0.091

Number of Newton-Raphson Iterations: 16
 n= 20

Este modelo pode ser usado para estimar o tempo médio de pedalada de um indivíduo da população observada na Bicicleta 1A. O Quadro 1 ainda demonstra que o tempo médio global deste grupo de indivíduos nesta bicicleta seria de, aproximadamente, 120 minutos, caso o experimento não tivesse sido interrompido no trigésimo minuto, desde que os valores referentes à frequência cardíaca, à distância percorrida e às velocidades inicial e final pudessem ser todos iguais a zero, o que não faz sentido se supor neste específico problema. Neste aspecto, este valor tem pouca interpretabilidade prática, além da melhoria do ajuste, já que a forma correta de se interpretar esse valor seria: “o tempo médio de pedalada para uma mulher com frequência cardíaca, distância, velocidade inicial e final iguais a zero é de aproximadamente 120 minutos”, o que é inconsistente.

Os valores estimados para os coeficientes das co-variáveis indicam uma relação inversa do tempo de pedalada com a frequência cardíaca e com a velocidade inicial, e uma relação direta com a distância e com a velocidade final. Também demonstra que, ao compararmos um homem e uma mulher de mesma frequência cardíaca, que percorreram a mesma distância e com as mesmas velocidades inicial e final, a mulher pedalaria 44 minutos mais que o homem. Há de se ressaltar ainda a pouca influência da frequência cardíaca para o tempo médio de pedalada.

b – Bicicleta 1B

Aqui a estatística de Wald tem p-valor infinitamente pequeno, indicando também a significância estatística de todas as co-variáveis para predizer o tempo médio de pedalada. Já o teste de qui-quadrado (com 5 graus de liberdade) indica a significância estatística do modelo de maneira incontestável.

Modelo de ajuste para o tempo médio de permanência na Bicicleta 1B:
 Tempo = 5,03 - 0,02×FC + 0,51×Dist - 0,04×VI - 0,06VF - 0,56Sexo

Quadro 2 – Saída do ajuste do modelo de Análise de sobrevivência, para a Bicicleta 1B

	Value	Std. Error	z	p
(Intercept)	5.0301	0.30481	16.50	3.53e-61
FC1B	-0.0201	0.00225	-8.95	3.71e-19
Dist1B	0.5123	0.01921	26.67	1.08e-156
VilB	-0.0364	0.00529	-6.89	5.62e-12
Vf1B	-0.0593	0.00562	-10.56	4.79e-26
SexoMASCULINO	-0.5626	0.08184	-6.87	6.20e-12
Log(scale)	-2.6277	0.28960	-9.07	1.15e-19

Scale= 0.0722

Weibull distribution

Loglik(model)= -5.4 Loglik(intercept only)= -38.1
 Chisq= 65.3 on 5 degrees of freedom, p= 9.7e-13

Number of Newton-Raphson Iterations: 21
 n= 20

Este modelo pode ser usado para estimar o tempo médio de pedalada de um indivíduo desta população na Bicicleta 1B. Os valores estimados para os coeficientes das co-variáveis revelam que apenas a distância percorrida apresenta uma relação direta com o tempo de pedalada e, também que as mulheres, tal como ocorre com a Bicicleta 1A, tendem a pedalar mais tempo do que os homens com as mesmas características que elas, ainda que esta diferença seja pequena. Nota-se aqui que a influência exercida por estas co-variáveis sobre o tempo médio de pedalada é pequena, por exemplo, se todas as demais co-variáveis permanecerem constantes, o acréscimo de uma unidade da frequência cardíaca está associado à redução de 0,02 minutos do tempo médio.

c – Bicicleta 2A

Modelo de ajuste para o tempo médio de permanência na Bicicleta 2A:

$$\text{Tempo} = 2,83 + 0,12 \times \text{Dist} - 0,01 \text{VF} - 0,19 \text{Sexo}$$

O comportamento do tempo de pedalada na Bicicleta 2A é semelhante ao da Bicicleta 1B, no entanto, não é observada significância estatística para a frequência cardíaca nem para a velocidade inicial de pedalada. Isto mostra que estas co-variáveis não devem ser consideradas como preditoras para a determinação do tempo médio de pedalada neste tipo de bicicleta. Observa-se ainda que o tempo médio global de permanência seja ainda menor neste tipo de bicicleta do que no anterior, apesar de, descritivamente, ser observada nesta uma maior frequência de indivíduos que conseguiram cumprir 30 minutos de pedalada.

Quadro 3 – Saída do ajuste do modelo de Análise de sobrevivência, para a Bicicleta 2A

	Value	Std. Error	z	p
(Intercept)	2.82992	0.19673	14.38	6.44e-47
FC2A	-0.00304	0.00162	-1.88	6.06e-02
Dist2A	0.11868	0.00945	12.56	3.63e-36
Vi2A	-0.01343	0.00730	-1.84	6.59e-02
Vf2A	-0.00904	0.00304	-2.98	2.93e-03
SexoMASCULINO	-0.18530	0.04315	-4.29	1.76e-05
Log(scale)	-3.37705	0.32048	-10.54	5.80e-26

Scale= 0.0341

Weibull distribution
 Loglik(model)= -8 Loglik(intercept only)= -38.1
 Chisq= 60.3 on 5 degrees of freedom, p= 1.1e-11
 Number of Newton-Raphson Iterations: 14
 n= 20

d – Bicicleta 2B

Nesta bicicleta, apenas um indivíduo conseguiu cumprir os 30 minutos de pedalada. Este, provavelmente, foi um determinante para não se observar uma significância estatística para a maioria das co-variáveis, já que o desconforto intolerável reclamado impediu a influência das co-variáveis em questão no tempo médio de pedalada. Aqui, apenas a distância percorrida apresenta significância estatística, demonstrando que as demais co-variáveis não se mostraram importantes para prever o tempo médio de pedalada.

Modelo de ajuste para o tempo médio de permanência na Bicicleta 2B:

$$\text{Tempo} = 2,77 + 0,51 \times \text{Dist}$$

Quadro 4 – Saída do ajuste do modelo de Análise de sobrevivência, para a Bicicleta 2B

	Value	Std. Error	z	p
(Intercept)	2.7694	1.05888	2.615	8.91e-03
FC2B	-0.0132	0.00755	-1.742	8.14e-02
Dist2B	0.2875	0.06066	4.740	2.14e-06
Vi2B	0.0108	0.02837	0.381	7.04e-01
Vf2B	-0.0249	0.02942	-0.845	3.98e-01
SexoMASCULINO	-0.4223	0.24143	-1.749	8.03e-02
Log(scale)	-1.0641	0.22281	-4.776	1.79e-06

Scale= 0.345

Weibull distribution
 Loglik(model)= -24.4 Loglik(intercept only)= -40
 Chisq= 31.32 on 5 degrees of freedom, p= 8.1e-06
 Number of Newton-Raphson Iterations: 8
 n= 20

Este modelo poderia ser usado para estimar o tempo médio de pedalada de um indivíduo desta população na Bicicleta 2B, pois só foi observada uma significância estatística para a co-variável “Distância”, mas esta significância tem pouca utilidade prática, diante do

desconforto reclamado, sendo indicada uma análise mais detalhada para esse tipo de bicicleta.

e – Bicicleta 2C

Aqui todas as co-variáveis envolvidas voltam a ter significância estatística.

Modelo de ajuste para o tempo médio de permanência na Bicicleta 2C:

$$\text{Tempo} = 2,23 - 0,02 \times \text{FC} + 0,25 \times \text{Dist} + 0,10 \times \text{VI} - 0,09 \text{VF} + 0,37 \text{Sexo}$$

Este modelo pode ser usado para estimar o tempo médio de pedalada de um indivíduo desta população na Bicicleta 2C. Os valores estimados para os coeficientes das co-variáveis revelam que a distância percorrida, a velocidade inicial de pedalada e o sexo do indivíduo apresentam uma relação direta com o tempo de pedalada. Este é o único, entre os seis tipos de bicicleta estudados, em que as mulheres tendem a pedalar menos do que os homens, ainda que a diferença seja ínfima.

Quadro 5 – Saída do ajuste do modelo de Análise de sobrevivência, para a Bicicleta 2C

	Value	Std. Error	z	p
(Intercept)	2.2306	0.64220	3.47	5.14e-04
FC2C	-0.0159	0.00461	-3.46	5.49e-04
Dist2C	0.2467	0.02154	11.45	2.30e-30
Vi2C	0.1033	0.02253	4.58	4.61e-06
Vf2C	-0.0856	0.01750	-4.89	1.00e-06
SexoMASCULINO	0.3659	0.11533	3.17	1.51e-03
Log(scale)	-2.2139	0.34337	-6.45	1.14e-10

Scale= 0.109

Weibull distribution
 Loglik(model)= -13.6 Loglik(intercept only)= -35.9
 Chisq= 44.58 on 5 degrees of freedom, p= 1.8e-08
 Number of Newton-Raphson Iterations: 14
 n= 20

Assim como nos resultados da análise dos níveis de desconforto, em relação ao tempo pedalado, a Bicicleta 1A apresentou-se como a melhor e a Bicicleta 2B como a pior. Ao considerar que os resultados demonstram que o tempo médio global de pedalada do grupo de indivíduos da Bicicleta 1A seria de, aproximadamente, 120 minutos e que, para a Bicicleta 2B, apenas um indivíduo conseguiu cumprir os 30 minutos de pedalada já que o desconforto intolerável reclamado impediu que os demais alcançassem os 30 minutos solicitados sendo, inclusive, indicada uma análise mais detalhada para este tipo de bicicleta.

4.1 Alguns exemplos da aplicação dos modelos encontrados na “Análise de sobrevivência” nos tipos de Bicicletas 1A e 2B

Podemos observar a aplicação da Análise de Sobrevivência no Quadro 6 onde calculou-se o tempo estimado de quatro participantes do experimento das Bicicletas 1A e 2B, onde constatou-se que a Bicicleta 1A é mais confortável, pois os participantes que utilizamos como referência para o cálculo deste exemplo poderiam pedalar muito mais tempo nesta que na Bicicleta 2B como mostraram os resultados da participante “D’Ajuda”, que poderia pedalar 255 minutos na Bicicleta 1A e aproximadamente três minutos na Bicicleta 2B.

Quadro 6 – Resultados da aplicação da análise de sobrevivência em quatro participantes do experimento, dois do sexo feminino e dois do sexo masculino.

Tipo da Bicicleta	Tempo	Sexo			
		D'Ajuda	Lúcio	Tatiana	Victor
Tipo 1A	Observado	30 min	30 min	30 min	30 min
	Estimado	255 min	94.6 min	192 min	135 min
Tipo 2B	Observado	2 min	2 min	2,5 min	1,5 min
	Estimado	3 min	2.6 min	2,8 min	2,9 min

Para se chegar a estes resultados utilizam-se os modelos de ajuste nos quais se colocam os valores das co-variáveis de cada participante e se realiza o cálculo como podemos observar nos exemplos a seguir:

D'Ajuda

Bicicleta 1A

$$\text{Tempo} = 119,85 - 0,49 \times \text{FC} + 11,88 \times \text{Dist} - 12,44 \times \text{VI} + 7,99 \times \text{VF} - 44,91 \text{Sexo}$$

$$\text{Tempo} = 119,85 - 0,49 \times 135 + 11,88 \times 17,9 - 12,44 \times 25 + 7,99 \times 37,5 - 44,91 \times 0$$

Bicicleta 2B

$$\text{Tempo} = 2,77 + 0,51 \times \text{Dist}$$

$$\text{Tempo} = 2,77 + 0,51 \times 0,5$$

Lúcio

Bicicleta 1A

$$\text{Tempo} = 119,85 - 0,49 \times \text{FC} + 11,88 \times \text{Dist} - 12,44 \times \text{VI} + 7,99 \times \text{VF} - 44,91 \text{Sexo}$$

$$\text{Tempo} = 119,85 - 0,49 \times 114 + 11,88 \times 12,5 - 12,44 \times 20 + 7,99 \times 22 - 44,91 \times 1$$

Bicicleta 2B

$$\text{Tempo} = 2,77 + 0,51 \times \text{Dist}$$

$$\text{Tempo} = 2,77 + 0,51 \times 0,4$$

5. Conclusão

Assim como nos resultados da análise dos níveis de desconforto, em relação ao tempo pedalado, a Bicicleta 1A apresentou-se como a melhor e a Bicicleta 2B como a pior. Ao considerar que os resultados demonstram que o tempo médio global de pedalada do grupo de indivíduos da Bicicleta 1A seria de, aproximadamente, 120 minutos e que, para a Bicicleta 2B, apenas um indivíduo conseguiu cumprir os 30 minutos de pedalada já que o desconforto intolerável reclamado impediu que os demais alcançassem os 30 minutos solicitados sendo, inclusive, indicada uma análise mais detalhada para este tipo de bicicleta.

Tal situação coincidiu também com a questão feita aos participantes da pesquisa ao final das seis sessões. Foi solicitado a estes que indicassem a bicicleta mais confortável e a mais

desconfortável, para o que 100% indicaram a Bicicleta 1A como a mais confortável. Para a mais desconfortável, 90% indicaram a Bicicleta 2B e 10%, a Bicicleta 1C.

Podemos também concluir que, de um modo geral, as bicicletas que mantêm o tronco ereto, como a 1ª, são mais confortáveis do que as que induzem à flexão do tronco, e que em relação ao ajuste do selim, as bicicletas que tinham este 10% abaixo do correto (Bicicletas 1C e 2C) foram consideradas menos desconfortáveis que aquelas que tiveram os selins ajustados 10% acima do correto (Bicicletas 1B e 2B).

e-mail para contato: Suzi Mariño (suzimarino@gmail.com), Paolo Pequini (ppequini@gmail.com)

6. Referências

BOUERI, José Jorge. 1991. **Antropometria aplicada à Arquitetura, Urbanismo e Desenho Industrial**. São Paulo, FAU/USP, v. 1.

BURKE S.R. **Proper fit of bicycle**. Colorado, Biology Department, University of Colorado at Colorado Springs. Clin Sports Med; 13(1):1-14, 1994 Jan.

BURTON, A. K. 1984. **Measurement of region lumbar sagittal mobility**. In CORLETT; WILSON. The Ergonomic of working postures. London: Taylor e Francis, cap. 9, p. 92-99.

CORLETT, Nigel; WILSON, John; MANENICA, Ilija. 1986. **The ergonomics of working postures**. London: Taylor & Francis

COX, D. R.; OAKES, D. 1984. **Analysis of survival data**. New York: Chapman & Hall,

DIFFRIENT, Niels; TILLEY, Alvin; HARMAN, David. 1981. **Humanscale**. Massachusetts: Henry Dreyfuss Associates, v. 1 ao 9.

DREYFUSS, Henry. 1966. **The measure of human factors in design**. USA: ZND,

EKLUND, A. E.; CORLETT, E. N. 1984,. **Experimental an biomechanical analisys of seating**. In: CORLETT; WILSON. The Ergonomic of working postures. London London: Taylor e Francis, cap. 28, p. 319-330.

FRACCAROLI, José Luis. 1977. **Biomecânica: análise dos movimentos**. São Paulo: Manole,

HINAULT, Bernard; GENZLING, Claude. 1988. **Ciclismo de estrada**. Lisboa: Editorial Presença,

HOSMER, D. W.; LEMESHOW, S. 1999. **Applied survival analysis**. New York: John Wiley & Sons.

KNOPLICH, José (B). 2003.. **Enfermidades da coluna vertebral**. 3. ed. São Paulo, Robe

MANDAL, A. C. 1974. **The seat man: Homo sedens**. 2th ed. USA: Delfina Publications,

MORAES, Anamaria de (A). 1983. **Aplicação dos dados antropométricos no dimensionamento da interface homem-máquina: manequins antropométricos bidimensionais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1983.

MORAES. Anamaria de (E). 1989. **Dimensionamento da interface homem-máquina: compatibilização dos usuários extremos; comparação da aplicação de dados antropométricos brasileiros e americanos**,(org) Anais do IV Seminário Brasileiro de Ergonomia. Rio de Janeiro, ABERGO/FGV (Associação Brasileira de Ergonomia/Fundação Getúlio Vargas), p 336 - 346.

OLIVEIRA, M. D. 2001. **Modelos condicionais em análise de sobrevivência**. 2001. Dissertação (Mestrado em Estatística) Instituto de Ciências Exatas da UFMG, Belo Horizonte

PEQUINI, S. Mariño. 2000. **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**. 2000. Dissertação de Mestrado FAU/USP, São Paulo

PEQUINI, S. Mariño. 2005. **Ergonomia aplicada ao design de produtos: Um estudo de caso sobre o design de bicicletas**. 2005. Tese (Doutorado) FAU/USP, São Paulo

PLAS, Rob van der. 1993. **Tecnica, pratica y aventura en el Mountain Bike**. Barcelona: Ed. Hispano Europea

PRIMORE, Jay; HURD, Jim. 1995. **The american bicycle**. USA: International Publishers & Wholesalers

RAUCK, Max J. B.; GERD, Volke; PATURI, Felix R. 1981. **Historia de la bicicleta**. Barcelona: Ed. Blume

ROEBUCK, J. A. Jr.; KROEMER, K. H. E.; THOMSON, W. G. 1975. **Engineering Anthropometric methods**. Toronto: John Willey & Sons

SALAI, M.; BROSH, T.; BLKSTEIN, A.; ORAN, A.; CHECUIK. A. 1999. **Effect of changing saddle on the incidence of low back pain in recreational bicyclists**. Br Sports Med; 33(6): 398-400, Dec

SOARES, Marcelo. 1989. **Custos humanos na postura sentada e parâmetros para avaliação e projetos de assentos: "Carteira Universitária"**. Um estudo de caso. 1989.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção/Área de Engenharia de Produto).
COOPE/UFRJ, Rio de Janeiro

USABIAGA, J.; CRESPO, R.; IZA, I.; ARAMENDI, J.; TERRADOS, N.; POZZA, J., 1997.
Adaptation of the lumbar spine to different positions in bicycle racing. San Sebastian:
Traumatology Department, Nuestra Seroa de Arnzazu Hospital