



XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica

Armação de Búzios – RJ – Brasil

October 21st to 25th, 2018

Telemetria e Análise em Tempo Real das Forças Aplicadas Sobre Pedais de Bicicleta

Sandoval Tavares de Menezes 1*, Francisco Assis O. Nascimento¹, Alessandro Pinheiro¹ e Jake Carvalho do Carmo²

¹UnB, Faculdade de Tecnologia, Brasília, Brasil

²UnB, Faculdade de Educação Física, Brasília, Brasil

**sandovalibr@gmail.com*

Introdução, Motivação e Objetivo. Conforme relatado por Carpes em seus estudos sobre o desenvolvimento de um sistema de pedais dinamométricos para avaliação biomecânica no ciclismo (Carpes FP, 2006), a medição de forças aplicadas a pedais é uma das mais sofisticadas tecnologias de produção de torque no pedal e está diretamente relacionada à geração de potência e movimento (Álvarez G, Vinyolas J. A, 1996), (Carmo JC, 2001), (Davis RR, Hull ML, 1981), (Nabinger E, Zaro MA, 1997), (Nabinger E, Iturrioz I, 2005). A habilidade do ciclista em produzir e aplicar forças aos pedais é a base da técnica de pedalada. É notório perceber que muitos sistemas utilizam sensores no pedivela para estudo de forças aplicadas aos pedais (Pigatto AV, Balbinot A, 2016) e poucas apresentam análise e comparação das forças proveniente de células de carga alocadas em ambos os pedais simultaneamente. Sendo assim, este sistema contribui para estudos onde o foco principal é avaliação de forças aplicadas aos pedais em tempo real e em ambiente real de treino ou competição. Os dados oriundos deste sistema podem ser utilizados para orientar o ciclista em sua habilidade de produzir e aplicar forças aos pedais e por consequência melhorar sua técnica de pedalada e seu desempenho.

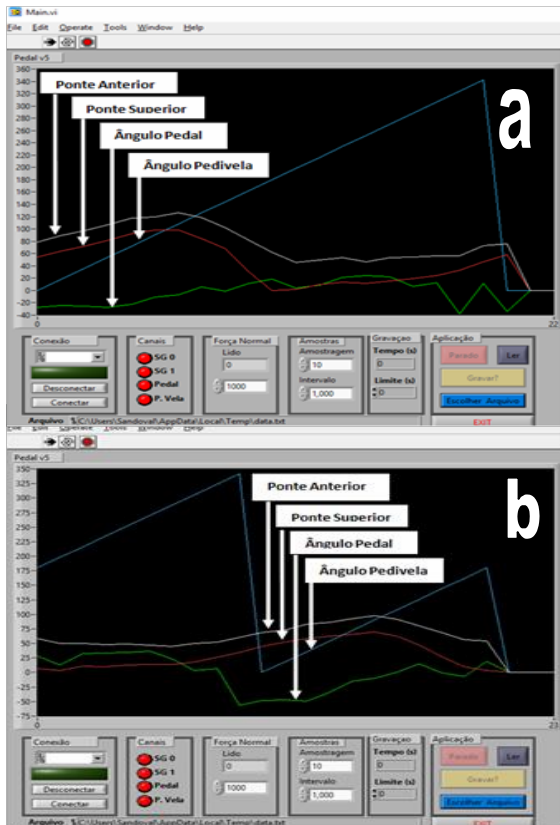
Métodos. O sistema foi projetado com comunicação através de um transceptor IRF24L01 entre os pedais assim como microcontrolador para leitura, amostragem e análise dos sinais de forças aplicadas aos pedais. Utiliza unidades inerciais para leitura dos ângulos dos pedais com comunicação I2C. Possui um encoder rotativo eletrônico para leitura dos ângulos do pedivela e um sistema Bluetooth para transmissão dos dados entre a bicicleta e o computador (Casas OV, Dalazen R, Balbinot A, 2016). As forças aplicadas aos pedais são convertidas em tensão através das pontes de Wheatstone, denominada na Tabela 1 como Ponte Superior e Anterior, formadas por strain gages montados em cada uma das células de carga alocadas nos dois pedais (Carmo et al., 2002.). A calibração dos dois pedais do sistema seguiu o protocolo proposto por Carmo et al. (Carmo JC, 2001) e os valores do conversor analógico para digital foram transformadas em tensão (mV), considerando 12 bits de resolução da porta analógica do microcontrolador. A montagem dos circuitos eletrônicos se deu de duas maneiras, sendo que primeiro foi montado em uma placa de com *layout* em circuito impresso de fenolite e com os circuitos integrados montados em soquetes torneados. A placa foi projetada de modo a se encaixar ao pedal o que facilitou a mecânica de acoplamento e eletricamente proporcionou uma diminuição dos ruídos e interferências provenientes de fontes externas.

Resultados. A coleta e análise dos resultados em uma bicicleta foi conseguida utilizando pedais originais onde a eletrônica desenvolvida foi adaptada. Todos os dados referentes aos dois pedais são analisados por um programa que mostra através de uma interface (IHM) o comportamento, em tempo real, das forças e dos ângulos dos dois pedais conforme ilustrado nas figuras 1(a) e 1(b), onde é mostrado o comportamento de uma pedalada completa do

pedal esquerdo e direito. É possível verificar que enquanto o pedivela esquerdo está no ângulo de 0° o pedivela direito se encontra no ângulo de 180° do ciclo de pedalada. Nas Figuras 1(a) e 1(b) pode-se também observar que nos primeiros 90° ocorre um rápido crescimento da força aplicada a ambos os pedais esquerdo e direito, diminuindo à medida que se aproxima de 180° e voltando a aumentar à medida que se aproxima novamente dos 90°.

Discussão e Conclusão. O sistema permite complementar os estudos em uma lacuna onde até o momento os esboços para análise do comportamento das forças aplicadas a células de carga em ambos os pedais de uma bicicleta carece de outros equipamentos com eletrônica moderna e embarcada. Com os dados coletados pelo sistema é possível traçar estratégias que maximize o rendimento do atleta através da montagem de cronogramas de treino onde a capacidade de manutenção da força desejada aplicada aos pedais durante o ciclo da pedalada seja mantida por mais tempo, ou seja, fazendo uma avaliação do estudo da fadiga e propondo novas técnicas de treino para melhoramento de resultados. A análise dos dados através de forma de ondas permite obter resultados compreensíveis, pois fica evidente que analisar um gráfico ou uma forma de onda é mais fácil de compreender ao passo que analisar uma matriz de números dificulta a compreensão do que realmente se encontra atrás dos números.

Figuras e Tabela. Figuras 1(a) e 1(b) mostram os dados do pedal esquerdo e direito, respectivamente, através de uma IHM. A Tabela 1 representa os valores das forças aplicadas de acordo com os ângulos do pedal e pedivela.



FORÇAS	Ft: Pd = Força tangencial ao pedal - Graus/radianos: 180 = Pi						
	Fn: Pd = Força normal ao pedal - Valor=X=>X=(Valor * Pi)/180						
	Ft: PV = Força tangencial ao PDV						
	Fn: PV = Força normal ao PDV						
Fn: Pd	Fn: PV = Fn: Pd * sen(β - α) => onde: α = Ângulo do Pedal						
	Ft: PV = Fn: Pd * cos(β - α) β = Ângulo do Pé de Vela						
Ft: Pd	Fn: PV = Ft: Pd * sen(90 - (β - α))						
	Ft: PV = Ft: Pd * cos(90 - (β - α))						
PEDAL ESQUERDO				PEDAL DIREITO			
Ponte Anterior	Ponte Superior	Ângulo Pedal	Ângulo Pedivela	Ponte Anterior	Ponte Superior	Ângulo Pedal	Ângulo Pedivela
Ft: Pd	Fn: Pd	α	β	Ft: Pd	Fn: Pd	α	β
79	54	-27	0	58	7	28	180
89	64	-24	18	50	4	13	198
97	72	-25	36	50	11	33	216
107	82	-27	54	48	10	34	234
118	92	-22	72	49	13	35	252
120	98	-11	90	47	14	37	270
126	98	-7	108	45	14	23	288
119	85	6	126	50	18	4	306
102	68	-1	144	52	26	7	324
82	30	12	162	60	35	-56	342
62	0	18	180	69	45	-48	0
46	2	4	198	73	52	-47	18
50	10	9	216	83	58	-49	36
53	14	21	234	86	63	-34	54
47	12	24	252	93	66	-15	72
53	15	22	270	98	70	-10	90
54	19	7	288	91	63	0	108
56	24	13	306	80	47	15	126
56	33	-38	324	69	27	-1	144
73	47	12	342	56	10	-7	162
76	58	-34	0	54	4	19	180

Palavras Chaves. Telemetria; pedal instrumentado; célula de carga e biomecânica.