

**Universidade Estadual de Campinas**

**Faculdade de Educação Física**

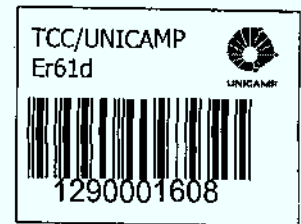
**DESENVOLVIMENTO DE MULTI-SINCRONIZAÇÃO DE  
CÂMERAS DE VÍDEO DIGITAIS PARA RECONSTRUÇÃO  
DO MOVIMENTO HUMANO: UM ENSAIO LABORATORIAL.**

Antonio Roberto Erlandes

Seminário de Monografia II – Treinamento

**Campinas**

**2002**



**ANTONIO ROBERTO ERNANDES**

**DESENVOLVIMENTO DE MULTI-SINCRONIZAÇÃO DE  
CÂMERAS DE VÍDEO DIGITAIS PARA RECONSTRUÇÃO  
DO MOVIMENTO HUMANO: UM ENSAIO LABORATORIAL.**

Monografia apresentada como exigência final para a obtenção do grau em Bacharel em Treinamento em Esportes, desenvolvida na Faculdade de Educação Física da Unicamp, sob orientação do Prof. Dr. Ricardo Machado Leite de Barros.

**Campinas**

**2002**

A handwritten signature in black ink, located in the bottom right corner of the page.

**“ A ciência será apenas uma busca,  
jamais um descobrimento real. É uma  
viagem, nunca uma chegada”.**

**Karl Popper**

## **Agradecimentos**

Especialmente a Deus, por ter iluminado meu caminho e dado forças para continuar perseverante para a realização deste trabalho.

Aos meus pais Antonio e Marilena e meus irmãos Marco e Fabiano por sempre me apoiarem a continuar estudando.

Em especial a minha esposa Laisez que sempre nas horas que mais necessitei estava ao meu lado ajudando e apoiando-me.

Aos meus amigos de faculdade que sempre estarão em minhas lembranças. Em especial ao amigo e irmão Daniel durante esses anos criamos uma grande amizade.

Também ao Tiago que colaborou muito para realização deste trabalho científico.

Ao Professor Doutor Ricardo Machado Leite de Barros que, devido ao seu profissionalismo, sua capacidade e disponibilidade, me orientou.

<b>Listas de Figuras</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1- Visualização da montagem do experimento realizado no Laboratório de instrumentação para Biomecânica.....	16
Figura 2 - Ambiente de aquisição do programa DVIDEOW.....	18
Figura 3 - Boxplot da variação em relação à média dos valores obtidos pelo sistema DVIDEOW e osciloscópio.....	22
Figura 4 - Representação da curva de regressão.....	23

## Resumo

O estudo mais aprofundado para conhecer e descrever o movimento humano exige metodologias adequadas e precisas, que permitem fazer uma análise quantitativa tridimensional do mesmo. Este trabalho tem como proposta testar e aprimorar um método de sincronização de registro entre câmeras utilizando sinal lógico como referência e um osciloscópio como padrão para verificação da defasagem temporal. Para realizar a filmagem tridimensional é necessário que duas câmeras, no mínimo, estejam filmando o mesmo objeto simultaneamente; processo este conhecido como filmagem estereoscópica. Um problema ocorre quando se utiliza câmera de vídeo padrão para reconstrução dos movimentos, elas não estão sincronizadas, visto que não se iniciam as gravações ao mesmo tempo e também pode haver diferenças de frequências entre elas. Em câmeras profissionais, este problema não existe, pois através de *Hardware* consegue-se fazer com que somente uma câmera gere a frequência necessária para a outra, fazendo-se assim com que a defasagem não ocorra. Uma vez obtida as seqüências de imagens, utiliza-se o programa DVIDEOW desenvolvido no Laboratório de Instrumentação para Biomecânica, para medir os dados. Os cálculos foram processados no *software* MATLAB. Uma vez obtidos os números, compararam-se os dois métodos. A mediana dos tempos coletados no DVIDEOW ficou em torno de 4,27 milisegundos e a dos registrados pelo osciloscópio foram de 4,30 milisegundos. Verificou-se que não houve diferenças significativas dos tempos coletados pelos dois métodos. O método DVIDEOW mostrou-se bastante confiável em verificar e identificar a defasagem temporal entre câmeras padrões.

## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>07</b>
<b>2</b>	<b>Objetivo.....</b>	<b>08</b>
<b>3</b>	<b>Fundamentos Teóricos.....</b>	<b>09</b>
<b>4</b>	<b>Revisão de Literatura.....</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>Metodologia.....</b>	<b>15</b>
	<i>5.1 Ambiente de aquisição das imagens.....</i>	<i>15</i>
	<i>5.2 Caracterização do sistema.....</i>	<i>17</i>
	<i>5.3 Verificação da defasagem temporal.....</i>	<i>19</i>
<b>6</b>	<b>Material.....</b>	<b>20</b>
<b>7</b>	<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>Conclusão.....</b>	<b>24</b>
<b>9</b>	<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>25</b>
<b>10</b>	<b>Apêndice.....</b>	<b>26</b>

## 1 Introdução

O estudo mais aprofundado para conhecer e descrever o movimento humano exige metodologias adequadas e precisas, que permitem fazer uma análise quantitativa tridimensional do mesmo.

A câmera de vídeo padrão é amplamente utilizada devido o avanço tecnológico e relativo baixo custo. Com isso torna-se bastante viável seu emprego na cinemática.

Beer e Johnston (1991) definem cinemática como a ciência que trata da “geometria” do movimento humano, relacionando posição, velocidade, aceleração e tempo, sem referência às causas do movimento.

Câmeras para avaliação do deslocamento humano de atletas e pessoas com problema na marcha são bastante empregadas atualmente, sobretudo nos estudos da biomecânica. Destaca-se como a importância de se conhecer e registrar os movimentos pelo auxílio a médicos, fisioterapeutas e treinadores na avaliação, recuperação de lesões e treinamento de atletas.

Segundo Amadio (1980) biomecânica é uma ciência que trata de análises físico-matemáticas de sistemas biológicos e, como consequência, de movimentos humanos. Estes são analisados através de leis e normas mecânicas em relação a parâmetros específicos do sistema biológico.



Para isto, é importante ter o objeto de estudo bem definido, além do procedimento de investigação do movimento, de modo a garantir maior confiabilidade dos dados obtidos. Contudo, para que isso seja possível faz-se necessário resolver a sincronização entre as câmeras utilizadas neste sistema.

Este trabalho tem como proposta testar e aprimorar um método de sincronização de registro entre câmeras utilizando um sinal lógico como referência e um osciloscópio como padrão para verificação da defasagem temporal.

Após a aquisição de dados via câmeras de vídeo, os registros (imagens) são digitalizados para o computador onde essas imagens são medidas no programa DVIDEOW (Digital Video for Biomechanics for Windows, 32 bits). Este sistema foi desenvolvido no Laboratório de Instrumentação para Biomecânica (LIB), da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas, em linguagem C++. Trata-se de preceito de cinemática que integra recursos baseados em conceitos de processamento de imagens e morfologia matemática Barros et al; (1999) usando detecção automática de marcadores, algoritmos para calibração das câmeras e reconstrução tridimensional de coordenadas.

## **2 Objetivo**

Determinar a defasagem temporal existente entre câmeras de vídeo padrão, não sincronizado, a fim de permitir a realização da reconstrução tridimensional do movimento humano.

### **3 Fundamentos Teóricos**

Uma das primeiras técnicas desenvolvidas para registrar o movimento humano foi a fotografia estroboscópica. Consiste em captar o sujeito em movimento, e *flashes* são disparados diante de uma câmera, que tem o obturador constantemente aberto. Desta forma a chapa (filme fotográfico) é sensibilizada, várias vezes, a cada momento que a lâmpada acende. Nesta chapa registra-se a seqüência dos movimentos do sujeito. A quantidade de imagens registradas depende da freqüência com que o *flash* irá disparar. Nesta técnica existem limitações; dependendo da velocidade que a freqüência foi ajustada pode-se ter sobreposição de imagens, quando o movimento a ser analisado for muito rápido (BARROS, 1993).

Com o avanço tecnológico, a câmera de vídeo padrão passou a ser a técnica mais empregada na análise dos movimentos nos esportes, no desenvolvimento motor e no estudo cinético de portadores de deficiências.

## ***Registro em Vídeo***

A câmera é um sistema eletrônico que converte informações luminosas em sinais elétricos. As câmeras modernas possuem um sensor chamado "CCD" (Charged Coupled Device), o qual, através da luz, produz os impulsos elétricos que serão transformados em imagem. O CCD é o dispositivo responsável pela conversão das informações luminosas em sinais elétricos. Ele é composto por milhares de elementos foto-sensíveis. Desta forma, a imagem formada sobre o CCD é dividida em vários elementos de imagem, chamados de "Pixel" (é a unidade básica da imagem). Cada pixel contém as informações correspondentes àquela área de imagem. Assim o CCD funciona como filme de máquina fotográfica, capturando imagem, com a diferença de poder ser lido, apagado e usado novamente (CIRCUITO, 2002).

O controle de velocidade do obturador "Shutter Control" permite à câmera captar cenas com movimentos rápidos. Na prática, este recurso atua como uma íris eletrônica, melhorando a definição da imagem de cenas muito iluminadas.

O sistema de vídeo adotado no Brasil é o PAL-M, com frequência de aquisição de 60 Hz ou 60 *fields*. Este sistema possui 525 linhas que denominamos quadro (*frame*). Quando a imagem inteira é gravada chamamos de quadro e é formada por dois campos (*fields*) de linhas alternadas – linhas ímpares e pares e cada campo tem duração de 16,67 milissegundos. Este campo é transmitido em seqüência, portanto cada dois campos forma-se um *frame* (SENATORI, 1971).

É necessário utilizar mais de uma câmera de vídeo para se fazer a reconstrução tridimensional; nelas os registros não são simultâneos. A diferença, em tempo, entre os registros feitos por distintos equipamentos, em dado instante  $t$  chama-se defasagem temporal,  $\Delta t (t)$ .

A alteração entre elas ocorre pela impossibilidade de fazer com que comecem a registrar ao mesmo tempo. Sendo assim poderá estar adiantada ou atrasada em relação à outra. Outra causa é a possível diferença entre frequências de aquisição das mesmas. Caso as câmeras não operem exatamente na mesma frequência, a defasagem temporal entre os registros passa a variar a cada instante. Isto ocorre, pois o número de quadros registrados não é exatamente o mesmo da outra.

## 4 Revisão da Literatura

O levantamento bibliográfico que iremos apresentar concentrou-se no tópico central do nosso problema, a sincronização das câmeras para possibilitar a reconstrução tridimensional, dos movimentos humanos.

Em câmeras profissionais este problema não existe, pois através de *Hardware* consegue-se fazer com que somente uma câmera gere a frequência necessária para as demais, fazendo assim com que não ocorra defasagem.

O método proposto por Dapena e Chung (1988) para corrigir a não sincronização foi verificar através de observação direta, eventos visíveis na filmagem das duas câmeras. Os eventos eram a fase de vôo e aterrissagem – contato do pé com o solo; desta forma identificou-se que a diferença era de meio *frame* entre as câmeras. Estes valores eram plotados e depois calculava-se a regressão linear da reta. Este resultado definia a correlação entre os *frames* das duas câmeras.

Yeadon et al. (1998) utilizou-se de um *Genlocked* (sincronizador) para sincronizar as câmeras, para analisar os movimentos de uma ginasta nas barras assimétricas e nas argolas. Desta forma foi gerada uma única frequência para as duas. Portanto, não houve diferença entre os *frames*, pois a gravação foi simultânea entre elas. O autor fez a reconstrução tridimensional baseando-se no método de DLT (Direct Linear Transformation) desenvolvido por Karara et al.

Outro método proposto por Barros (1993) utiliza-se de coordenadas tridimensionais, formando o sistema de referência. As imagens são filmadas e digitalizadas previamente no computador; são marcados e identificados cada ponto da tela, conhecendo-se assim as coordenadas. Através de algoritmo e interpolação dos pontos registrados é feita a reconstrução tridimensional e também determina-se a defasagem temporal. Neste método, Barros (1993) obteve diferenças menores que 0.6% entre os quadros.

Yeadon (1989) desenvolveu outro método para análise tridimensional de salto de esqui utilizando duas câmeras fixadas em tripé; cada uma permitia a rotação nos eixos vertical e horizontal. Através de interpolação por “*spline*” e assumindo trajetória pré-estabelecida, pôde-se encontrar trechos onde foi possível relacionar uma razão entre os deslocamentos das projeções dos raios de luz captados por cada câmera em

determinado plano, com a defasagem entre os registros e, conseqüentemente, solucionar o problema.

Pourcelot et al. (2000) desenvolveram outro método para a sincronização das câmeras. Utilizando disco com marcador, este girava enquanto quatro câmeras gravavam, e uma luz era ligada e desligada a cada 10 segundos, durante a filmagem. Escolhida a câmera como referência (*master*), verificava-se, em cada, o momento em que o primeiro sinal luminoso aparecia. Compararam as demais com a *master*, verificando a diferença de fase entre elas. Através de interpolação dos dados e utilizando a função cúbica “*spline*” achava-se a defasagem temporal. Sendo assim a implementação do sistema de sincronização é necessário, posto que a reconstrução tridimensional exige que as projeções dos pontos de interesse em cada câmera seja simultânea.

As soluções desenvolvidas pelos autores para a sincronização limitam muito o sujeito e o modo de filmagem. Não pode ser filmado a grandes distâncias, pois a qualidade da imagem diminui dificultando a análise das imagens. Em grandes distâncias o uso de cabos muitas vezes não é viável, pois poderá haver perdas de sinais. As coletas somente podem ocorrer em ambientes fechados, onde não sofram interferências externas como a luz.



## 5 Metodologia

### 5.1 Ambiente de aquisição das imagens

Os experimentos deste projeto foram realizados no Laboratório de Instrumentação para Biomecânica (LIB) da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas. Primeiramente foi testada a velocidade de registro entre o osciloscópio e da rede de computadores.

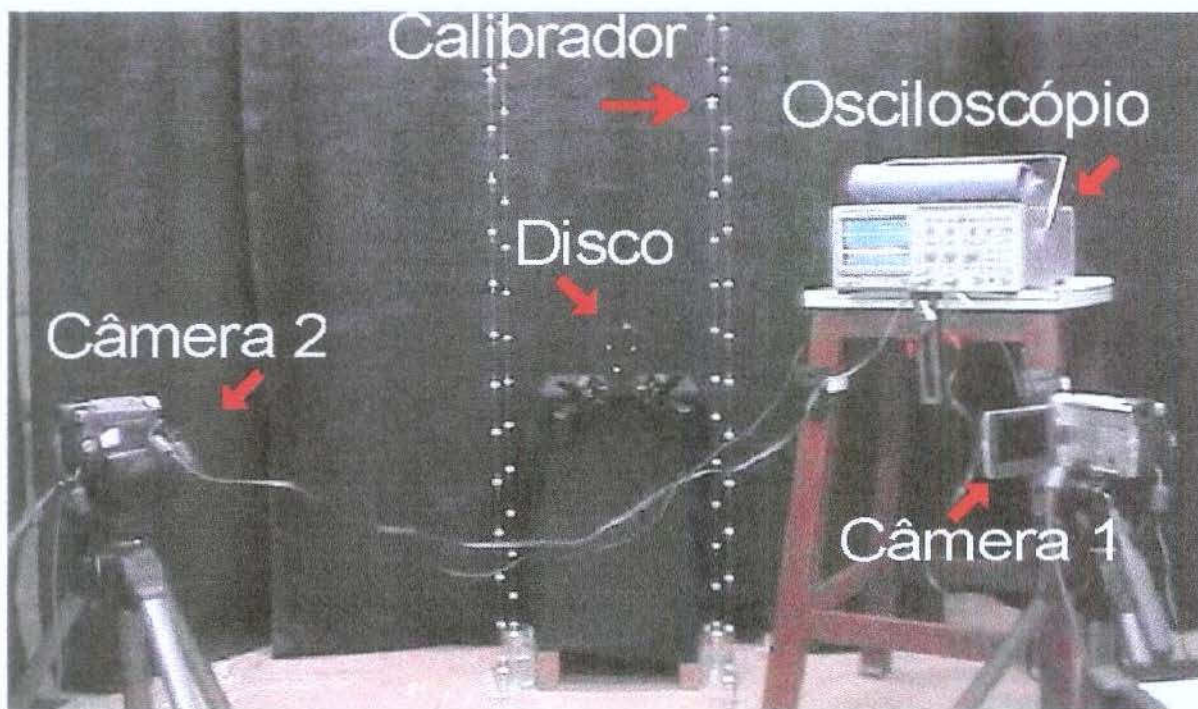
O objetivo principal do experimento foi aferir o sistema DVIDEOW com um instrumento padrão de medida: o osciloscópio.

As câmeras e o osciloscópio foram deixados em pré-aquecimento por uma hora, a sala foi convenientemente modificada, a temperatura e iluminação controlada. Colocou-se um pano preto como fundo, a fim de melhorar a visualização, identificação e digitalização dos pontos nas seqüências de imagens adquiridas.

Utilizou-se a parafusadeira elétrica em virtude de o ajuste do *shutter* que adotamos para o experimento necessitar de velocidade constante em baixa rotação. Ela foi fixada em um banco e acoplada a disco de borracha com três marcadores.

Posicionaram-se as câmeras a uma distância de um metro com ângulo de aproximadamente de 90 graus, com ambas focando o mesmo ponto do disco e ligamos a iluminação.

As câmeras foram ajustadas com um *shutter* de 1/500s e frequência de aquisição de 60 Hz. A figura abaixo exemplifica o sistema montado:



**Figura 1: Visualização da montagem do experimento realizado no Laboratório de Instrumentação para Biomecânica.**

## 5.2 Caracterização do Sistema

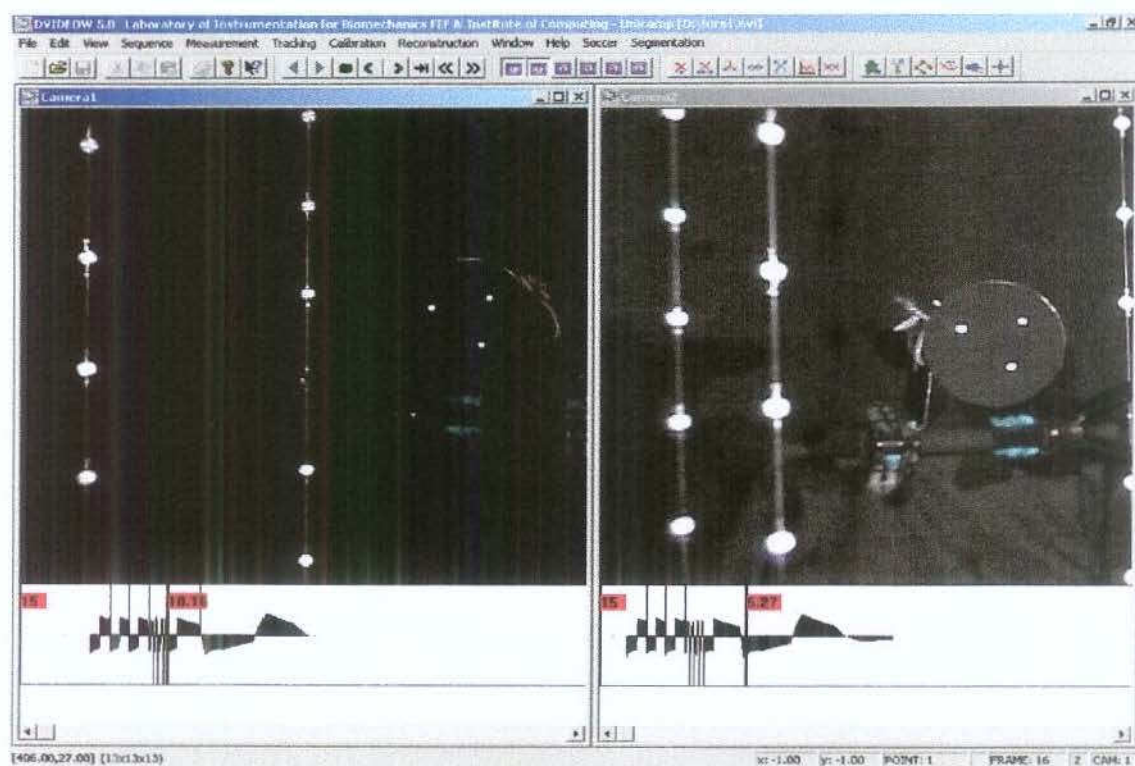
O sistema DVIDEOW consiste em um *software* desenvolvido no Laboratório de Instrumentação para Biomecânica. É um sistema de cinemática que integra recursos baseados em conceitos de processamento de imagens e morfologia matemática. Tem a possibilidade de medição automática, e manual de coordenadas de marcas fixas ao corpo do sujeito em seqüência de imagem.

Realiza também cálculos de coordenadas espaciais a partir de projeções, bem como a correspondente avaliação dos dados obtidos. O programa tem recurso de utilização de até seis câmeras ao mesmo tempo para coleta de dados. Em nosso experimento utilizamos duas câmeras.

Cada câmera foi ligada a um computador que estava em rede, utilizando-se de protocolo LAN (Local Area Network) para isso. Adotou-se um computador servindo de mestre para os outros: a base de tempo (*clock*) deste sincronizava toda a rede. Um terceiro computador produziu um sinal lógico, gravado em CD de áudio; este sinal foi desenvolvido a partir do programa Matlab; através de funções matemáticas específica para geração de sinais, convertidos em arquivo '*wav*', e transmitido via rádio – FM. Este sinal é captado pelos rádios e enviado para a entrada de áudio externo das câmeras.

Utilizou-se o osciloscópio como referência padrão para medir a defasagem temporal entre as câmeras. Com o osciloscópio ligado na saída de áudio, foi possível medir o sinal registrado na câmera.

As coletas de dados foram realizadas da seguinte maneira: ligava-se a parafusadeira e acionava-se o DVIDEOW. Quando o programa começava a registrar as imagens e como o osciloscópio estava ligado à saída de áudio, monitoravam-se os *frames* das câmeras. Em determinado momento congelava-se a leitura do osciloscópio e parava-se o sistema de aquisição DVIDEOW. Na figura 2 pode-se visualizar, melhor, como o sinal é registrado pelo programa.



**Figura 2: Ambiente de aquisição do programa DVIDEOW visto pelo Computador.**

Adotou-se como padrão nas medidas do osciloscópio, que seria escolhido, sempre, o *field* da direita que era mostrado na tela, e pertencia à câmera 1. Isto foi feito, pois não se poderia identificar qual estava sendo mostrado naquele momento da coleta. Era verificado e anotado em que *frame* o DVIDEOW identificou o sinal de áudio, o tempo de cada *field* para cada câmera e o tempo que o osciloscópio registrou; repetiu-se este procedimento por vinte vezes.

### 5.3 Verificação da defasagem temporal

Para que fosse possível identificar-se qual *frame* o osciloscópio media em relação às câmeras, estabeleceu-se a câmera dois como padrão para verificar a defasagem temporal. Adotou-se a seguinte equação:

$$\Delta T2 - \Delta T1 = T \quad [E 1]$$

Onde  $\Delta T2$  é o tempo da câmera dois,  $\Delta T1$  é o tempo da câmera um e  $T$  é a diferenças entre os tempos.

## **6 Materiais**

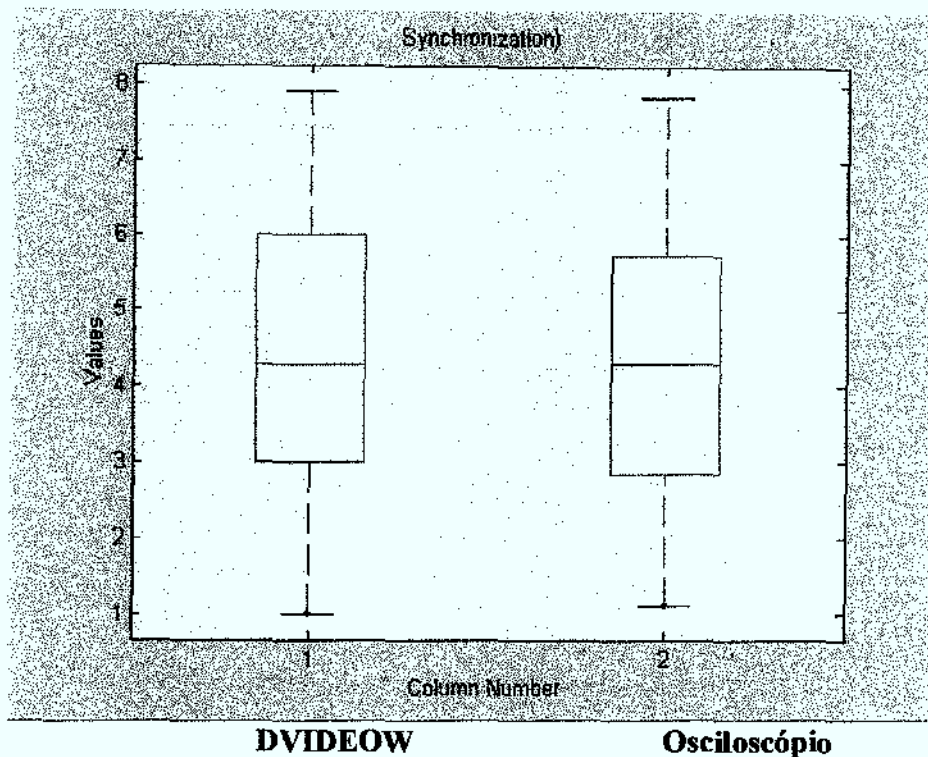
Para o experimento utilizaram-se os seguintes materiais: duas câmeras de vídeo JVC, modelo GR-DVL 9500, três computadores Pentium III, parafusadeira elétrica modelo Skill de 130 RPM, osciloscópio Tektronix modelo 2432A de 100 MHz, dois rádios FM portáteis, transmissor de FM, disco de borracha para polimento, marcadores, banco de madeira, iluminadores, dois tripés, pano preto, programa MATLAB e programa DVIDEOW.



## 7 Resultados e Discussão

Apresentam-se inicialmente os dados das coletas realizadas, apêndice 1, a tab. 1 possibilita uma avaliação da fidedignidade dos tempos de registros das câmeras e osciloscópio. Aplicamos a equação 1 para identificar qual *frame* que o osciloscópio leu em relação às câmeras.

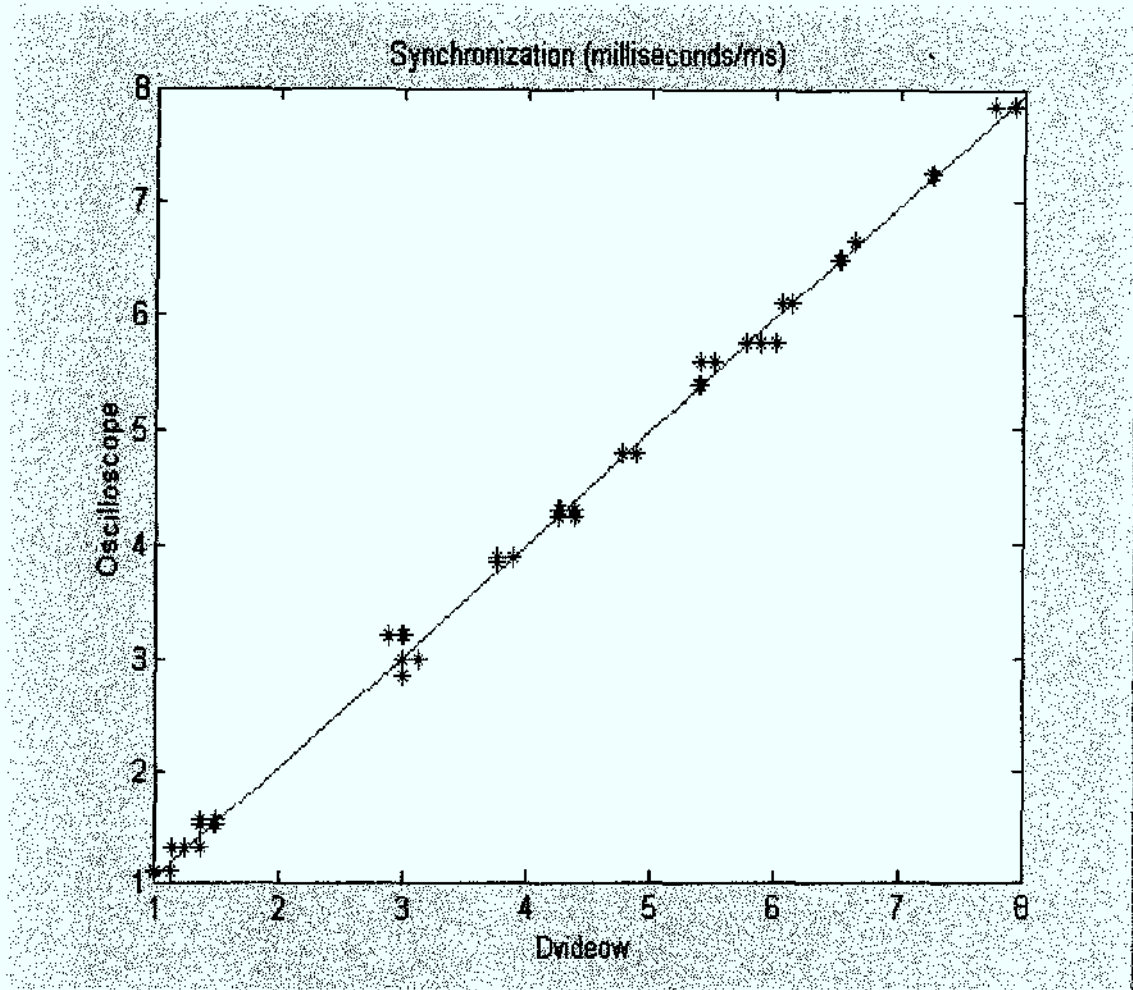
O segundo procedimento foi calcular a mediana dos dados dos dois métodos. A mediana dos tempos coletados no DVIDEOW ficaram em torno de 4,27 milisegundos e a do osciloscópio foram de 4,30 milisegundos. Verificou-se que não houve diferenças significativas dos tempos coletados pelos dois métodos. A partir do *boxplot*, *figura 3*, apresentado pode-se admitir que as distribuições da mediana estão centradas e o desvio padrão é da ordem de 0.1041 milisegundos. Conclui-se que os dois métodos se equivalem.



**Figura 3: Boxplot da variação em relação à mediana dos valores obtidos pelo sistema DVIDEO e osciloscópio.**

O próximo procedimento foi calcular a defasagem temporal entre os métodos, DVIDEO e osciloscópio, figura 4. Efetuando-se a regressão linear, determina-se o valor do coeficiente linear da reta ajustada ( $a = -0,0433$ ), que corresponde à defasagem temporal entre os registros. O valor do desvio padrão para o parâmetro  $a$  (defasagem temporal) foi de 0.1041milisegundos indicando que a medida apresenta uma variabilidade bastante pequena.





**Figura 4: Representação da curva de regressão com a indicação do coeficiente linear da reta ajustada ( $a = -0,0433$ ) e o coeficiente angular ( $b = 1,0098$ ).**

## **8 Conclusões**

O presente trabalho serviu como ferramenta para o desenvolvimento de uma proposta metodológica de análise para verificar e definir a defasagem temporal existente entre câmeras não sincronizadas. O método DVIDEOW desenvolvido pelo LIB mostrou-se bastante confiável em verificar e identificar a defasagem temporal entre câmeras. O desvio padrão, comparando os dois métodos, mostrou uma variabilidade bastante pequena e aceitável.

Confrontando-se com outros trabalhos propostos, podemos determinar que o método DVIDEOW é de grande ajuda. Permite realizar coletas a grandes distâncias, pois não há fios que limitem as conexões das câmeras, ou a necessidade de realizar coletas somente em ambientes fechados onde não sofra interferências externas.

## 9 Referências Bibliográficas

AMADIO, A. C.; et al. *Fundamentos biomecânicos para a análise do movimento*. São Paulo: Ed. Laboratório de Biomecânica: EEF/USP, 1993.

BARROS, R. M. L. *Metodologia para descrição tridimensional do movimento humano: a partir de câmeras de vídeo não sincronizadas*. 1993. 100f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

\_\_\_\_\_. *Concepção e implementação de um sistema para análise cinemática de movimentos humanos*. 1997, 120f. Tese (Doutorado em Educação Física) – Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CIRCUITO fechado de tv. Disponível em: <http://www.amperesautomation.hpg.ig.com.br/cftv.html>. Acesso em: 11 out. 2002.

DAPENA, J.; CHUNG, C. S., Vertical and radial motions of the body during the take-off phase of high jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 20, n.3, p. 290-302, 1988

POURCELOT, P. et al. A method to synchronise cameras using the direct linear transformation technique. *Journal of Biomechanics*, apr. 2000. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/jbiomech/1751-1754.html>. Acesso em: 15 abr. 2002.

SENATORI, N. O. *Introdução à TV a cores: sistema PAL-M*. 2. ed. São Paulo: Liv. Ed.Técnica, 1971. 108p.

YEADON, M. R. A method for obtaining three-dimensional data on ski jumping using pan and tilt câmeras. *International Journal of Sports Biomechanics*, v. 5, 1989. p. 238-247.

\_\_\_\_\_.; KING, M. A. A method for synchronising digitised video data. *Journal of Biomechanics*, apr. 1998. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/jbiomech/983-986.html>. Acesso em: 02 abr. 2002.

## Apêndice 1

**Tabela 1** – Caracterização dos tempos dos quadros estudados segundo instrumentos e posições.

<i>Coleta</i>	<i>Instrumentos</i>	<i>Quadros e Tempo (ms)</i>	
<b>1</b>	Câmera 1	16	10,16
		76	6,77
		136	3,51
		196	#
	Câmera 2	17	5,27
		77	1,88
		136	15,43
		196	12,04
Osciloscópio		11,90	
<b>2</b>	Câmera 1	36	5,77
		96	2,51
		155	15,81
		215	12,54
	Câmera 2	35	1,38
		94	14,93
		154	11,54
		214	8,28
Osciloscópio		12,40	
<b>3</b>	Câmera 1	36	13,42
		96	10,16
		156	6,77
		216	3,51
	Câmera 2	37	6,77
		97	3,51
		157	#
		216	13,55
Osciloscópio		6,65	

4	Câmera 1	12	7,53
		72	4,14
		132	#
		191	14,17
	Câmera 2	13	11,79
		73	8,53
		133	5,14
	193	#	
Osciloscópio		4,25	
5	Câmera 1	42	4,89
		102	1,51
		161	14,93
		221	11,54
	Câmera 2	41	#
		101	#
		160	13,42
	220	10,16	
Osciloscópio		15,15	
6	Câmera 1	40	6,15
		100	#
		159	16,18
		219	12,79
	Câmera 2	39	16,31
		99	13,05
		159	9,66
	219	6,27	
Osciloscópio		10,20	
7	Câmera 1	9	6,02
		69	2,63
		128	16,18
		188	12,79
	Câmera 2	8	11,92
		68	8,66
		128	5,27
	188	1,88	
Osciloscópio		5,75	

8	Câmera 1	59	2,13
		119	#
		178	12,29
		238	8,91
	Câmera 2	59	7,65
		119	4,39
		179	1,00
238		14,43	
Osciloscópio		11,11	
9	Câmera 1	12	12,79
		72	9,41
		132	#
		192	2,76
	Câmera 2	11	6,72
		71	3,26
		130	6,68
190		13,30	
Osciloscópio		10,60	
10	Câmera 1	9	12,79
		69	9,41
		129	6,15
		189	2,76
	Câmera 2	8	9,78
		68	6,52
		128	3,14
187		16,43	
Osciloscópio		3,20	
11	Câmera 1	47	6,77
		107	3,39
		167	2,26
		226	13,55
	Câmera 2	48	7,90
		108	4,52
		168	1,25
227		14,55	
Osciloscópio		1,10	

12	Câmera 1	60	16,06
		120	12,67
		180	9,28
		240	#
	Câmera 2	60	8,78
		120	5,39
		180	2,01
239		15,43	
Osciloscópio		9,45	
13	Câmera 1	40	16,68
		100	13,30
		160	12,17
		220	6,65
	Câmera 2	40	12,92
		100	9,53
		160	6,15
	220	#	
Osciloscópio		12,85	
14	Câmera 1	9	15,18
		69	11,92
		129	8,53
		189	5,14
	Câmera 2	8	13,80
		68	10,41
		128	7,02
	188	3,64	
Osciloscópio		1,50	
15	Câmera 1	13	1,63
		72	#
		131	13,42
		191	10,16
	Câmera 2	13	4,77
		72	#
		131	16,56
	191	3,17	
Osciloscópio		13,70	

16	Câmera 1	42	5,77
		102	2,38
		#	#
	Câmera 2	221	12,29
		41	14,55
		101	11,16
		#	#
Osciloscópio	221	4,52	
		8,85	
17	Câmera 1	39	11,16
		99	7,90
		159	4,52
		219	1,13
	Câmera 2	39	9,91
		99	6,52
		159	3,14
Osciloscópio	218	16,68	
		1,30	
18	Câmera 1	23	14,30
		83	10,91
		143	7,53
		204	0,88
	Câmera 2	23	#
		83	13,92
		143	10,54
Osciloscópio	204	3,89	
		2,85	
19	Câmera 1	8	15,30
		68	11,92
		128	8,66
		188	5,27
	Câmera 2	10	4,01
		69	#
		129	14,05
Osciloscópio	189	10,66	
		11,30	



20	Câmera 1	55	15,81
		115	12,42
		175	9,03
		235	5,64
	Câmera 2	54	11,92
		114	8,53
		174	#
		234	1,88
	Osciloscópio		12,80