

## Proposta para um sistema de automação de níveis digitais

Silvio Henrique Dellesposte Andolfato - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR / campus Pato Branco, andolfato@utfpr.edu.br

Pedro Luis Faggion - Universidade Federal do Paraná – UFPR / Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas – CPGCG, faggion@ufpr.br

### RESUMO

O presente trabalho apresenta a metodologia, os resultados e conclusões do desenvolvimento de um Sistema de Automação para Níveis Digitais – SAND, composto por uma plataforma que aloja o motor de passo e os sistemas de engrenagem. Esta plataforma é controlada por uma placa microcontroladora, que permite o movimento horizontal do nível geodésico digital, sem a interferência do observador. Além disso, esta plataforma acomoda um motor que é utilizado para realizar a focalização da imagem das miras verticais que são instaladas junto ao objeto que se deseja realizar o monitoramento. Utilizando técnicas do nivelamento geométrico, o SAND realiza as leituras da mira com códigos de barra, visando à determinação dos desníveis entre os pontos de interesse, e com isso determina possíveis deslocamentos da estrutura. O sistema foi desenvolvido para realizar o monitoramento de estruturas como pontes, viadutos, barragens, edifícios, em tempo real, de forma automática, ou seja, sem a necessidade de um Técnico para operar o nível. Os resultados obtidos demonstram a viabilidade da aplicação da metodologia proposta.

**Palavras chaves:** nível digital, sistema de automação, monitoramento de estruturas.

### Proposal for an automation system of digital levels

### ABSTRACT

This paper presents the methodology, results and conclusions of the development of an Automation System for Digital Levels - SAND, consisting of a platform that houses the stepper motor and gear systems. This platform is controlled by a microcontroller board, which allow the horizontal movement of digital topographic level, without interference from the observer. Furthermore, this platform also accommodates the engine that is used to perform the focusing of the image, in this case the vertical sights that are installed with the object you want to perform the monitoring. By employing techniques of leveling, the SAND performs readings of sight with bar codes, to determine the gaps between the points of interest, and thereby determine possible shifts in the structure. The system was developed to carry out the monitoring of structures such as bridges, viaducts, dams, buildings, real time, automatically, ie without the need for a Technician to operate the level. The results demonstrate the feasibility of the proposed methodology.

**Keywords:** level digital, automation system, monitoring of structures.

## 1 INTRODUÇÃO

O monitoramento preciso de recalque de grandes estruturas é possível de ser realizado utilizando nivelamento geométrico. Em muitas estruturas é necessário o acompanhamento do deslocamento ao longo do tempo e sem interrupções. Nestas circunstâncias o desgaste do operador é inevitável podendo causar inconsistência nos resultados obtidos.

Buscando disponibilizar uma ferramenta para atender esta necessidade, desenvolveu-se um sistema de automação de níveis geodésicos digitais, que dispensa o operador através da auto-

mação do movimento horizontal, do sistema de focalização do nível e armazenamento dos dados.

Este trabalho relata os procedimentos necessários para automatizar um nível digital, utilizado em levantamentos altimétricos topográficos e geodésicos. Para tanto, construiu-se um Sistema de Automação para este equipamento – SAND, composto por uma plataforma com motores de passo, para automatizar o movimento horizontal e o sistema de focalização da mira vertical. Sobre esta plataforma instalam-se os níveis digitais e junto à estrutura, a ser monitorada, instala-se as miras verticais que serão utilizadas no monitoramento.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Automação Topográfica

Atualmente, entende-se por automação qualquer sistema, apoiado em computadores que substitua o trabalho humano e que vise a soluções rápidas e econômicas para atingir os complexos objetivos das indústrias e dos serviços (Moraes; Castrucci, 2001, p.15).

Segundo Veiga *et al* (2006), do ponto de vista prático, por automação entende-se um sistema automático pelos quais os mecanismos controlam seu funcionamento, dispensando, quase por completo, a interferência do ser humano.

Desta maneira pode-se compreender automação, como um sistema onde os mecanismos envolvidos verificam seu próprio funcionamento, realizando medições, com as devidas correções, quando necessário. Automatizar uma atividade pode ser necessário quando se tem um risco envolvido e não se deseja a presença de um operador ou executor da tarefa no local, ou ainda quando se trata de tarefa repetitiva, para a qual uma máquina serve com melhor desempenho que um

operador.

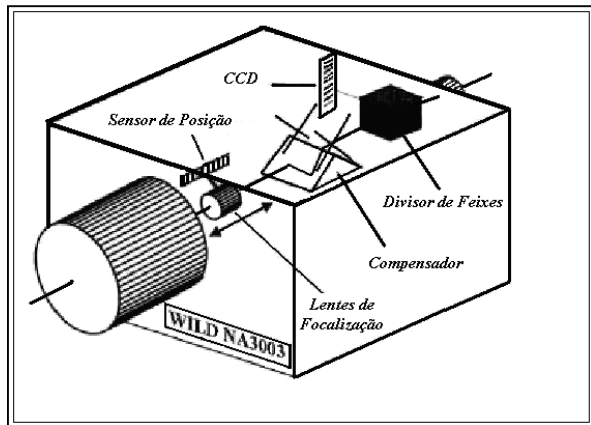
Atualmente, a evolução no processo de automação topográfica se deu, principalmente, com o avanço tecnológico no que diz respeito à introdução da eletrônica nos equipamentos topográficos. É comum ver diversos profissionais de topografia adquirir estes equipamentos de última geração, de diversas marcas e modelos, mas que são sub-utilizados devido ao grande número de recursos que estes equipamentos possuem, necessitando de treinamento e suporte técnico adequado (Cintra, 1993). Segundo Veiga (2002) cada vez mais o emprego de equipamentos eletrônicos, como estações totais e níveis digitais, vem contribuindo para diminuir a dificuldade e o custo dos levantamentos topográficos.

Fundamentando-se em Miyagi (1996, p.5) “o controle pode ser definido como a “aplicação de uma ação pré-determinada para que aquilo que se considera como objeto de controle atinja certos objetivos.” Assim sendo existe a possibilidade do operador ou controlador do processo que está sendo automatizado realizar sua tarefa fora do ambiente que o mesmo está ocorrendo. Podendo este operador estar inteiramente ligado à atividade por meio de um *link* físico, através do qual é capaz de comandar o equipamento e ainda acompanhar o que está sendo executado (Nadal, 2008).

Sistemas de automação e coleta de dados podem ser observados em grandes obras de engenharia, onde os estudos realizados verificam a praticidade e os bons resultados obtidos com esta técnica, que caracteriza como a solução mais prática e econômica ao uso de estações totais robotizadas em um sistema completo de automação na obtenção de medidas (Lutes, et al, 2001). Com o programa apropriado, os dados podem ser coletados, processados automaticamente e transferidos para os locais de análise gerando uma redução de trabalho e custo necessários para a coleta dos mesmos. (Nadal, 2008).

## 2.2 Níveis Digitais

Os níveis digitais (Figura 1) possuem os mesmos componentes mecânicos e ópticos de um instrumento óptico automático, mas diferem destes no que diz respeito à forma de leitura. Esta se fundamenta na decodificação de um código de barras que substitui a gradação centimétrica nas miras convencionais (Veiga, 2002).



**Figura 1** – Esquema de um Nível Digital

FONTE: Ingensand, 1999

NOTA: Adaptado pelo autor.

Estes instrumentos capturam e processam a imagem da mira codificada, fornecida por um sensor CCD interno ao equipamento, a qual é comparada com padrões gravados em sua memória, obtendo-se assim os dados que são disponibilizados no *display* (visor), podendo ser armazenados na memória interna do instrumento ou ainda copiados para um cartão PCMCIA (Veiga, 2002).

O código de barras da mira é armazenado no instrumento como sinal de referência. Durante a medição, a seção visível da mira no campo de visão é capturada pelo decodificador de linhas e interpretada como sinal de medição. Este é posteriormente comparado com o sinal de referência e através disso é possível determinar a altura do plano horizontal definido pelo nível e o plano de visada.

A idéia de desenvolver um sistema automatizado para a determinação de desníveis empregando-se níveis digitais tem como um dos itens a ser trabalhado o entendimento de como é realizada a leitura do código de barras gravado na mira, para que seja desenvolvido um dispositivo para realizar as leituras automaticamente.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Desenvolvimento do Sistema de Automação do Nível Digital - SAND

Além do nível digital (instrumento) propriamente dito, para entendimento do SAND, tem-se os seguintes componentes, a saber:

- a) Miras com código de barras (alvos construídos);
- b) *Hardware*: motores de passo, dispositivo de adaptação dos motores, *driver* de potência e placa microcontroladora;
- c) *Software*: programa para movimentação do nível digital.

#### 3.1.1 Miras com Código de Barras (Alvos Construídos)

Para este trabalho foi realizado uma checagem das informações técnicas referente à mira com códigos de barras, sendo realizada uma análise da mira de invar da Leica, modelo GWCL92, nº 9117, onde foram medidas as espessuras dos elementos de códigos pretos e brancos, realizadas no interferômetro a laser, do Laboratório de Aferição e Instrumentação Geodésica – LAIG, na Universidade Federal do Paraná – UFPR.

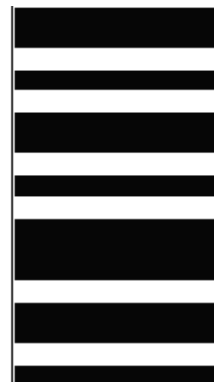
Primeiramente, partiu-se para a análise do código, verificando com auxílio de um paquímetro, as espessuras de cada elemento do mesmo, obtendo-se a seqüência entre os códigos pretos e brancos, tendo em cada espessura um múltiplo de 2,025 mm. Adotou-se a no-

menclatura de “P” para o elemento de código preto e “B” para o branco, seguido do múltiplo “M” em questão. Como exemplo, tem-se:

- PM = elemento de Código Preto x Múltiplo de 2,025 mm (exemplo: P3 = Preto com espessura de 3x2,025, totalizando 6,075 mm);
- BM = elemento de Código Branco x Múltiplo de 2,025 mm (exemplo: B2 = Branco com espessura de 2x2,025, totalizando 4,050 mm).

Assim, obteve-se uma tabela com a seqüência e espessuras dos elementos (Quadro 1), onde para a construção dos alvos a serem utilizados, foram desenhados os elementos de código (Figura 2), utilizando o *software* AutoCad 2004®, disponível no La-

boratório de Topografia Informatizada – LATIN, da UFPR. As dimensões originais da fita de ínvar da mira citada são de 2,100 mm de largura x 886,950 mm.

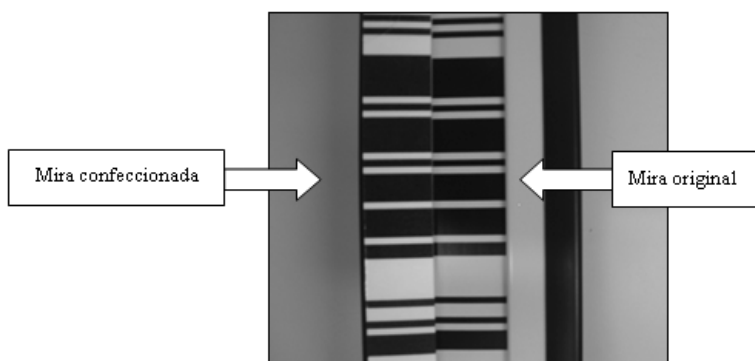


**Figura 2** - Detalhe do alvo com o código de barra desenhado

Código	Espes.	Código	Espes.	Código	Espes.	Código	Espes.	Código	Espes.
inicio	0	B1	2025	P1	2025	B1	2025	P2	4050
B5	10125	P3	6075	B1	2025	P5	10125	B2	4050
P3	6075	B1	2025	P1	2025	B2	4050	P3	6075
B3	6075	P2	4050	B3	6075	P2	4050	B1	2025
P1	2025	B1	2025	P1	2025	B1	2025	P4	8100
B3	6075	P1	2025	B2	4050	P1	2025	B3	6075
P1	2025	B3	6075	P1	2025	B1	2025	P1	2025
B1	2025	P2	4050	B1	2025	P1	2025	B1	2025
P3	6075	B1	2025	P3	6075	B1	2025	P1	2025

**Quadro 1** - Parte da seqüência dos elementos de códigos com suas espessuras ( $\times 10^{-3}$ mm), da Mira Leica GWCL92 – n° 9117

Assim, com os elementos do código de barra determinados, construiu-se os alvos, através da plotagem em papel dos mesmos, sendo posteriormente plastificados. A Figura 3 mostra a comparação da mira original com o alvo confeccionado.



**Figura 3** – Detalhe da comparação entre a mira original e o alvo confeccionado

### 3.1.2 Hardware

O *hardware* estabelecido para o SAND é composto por 4 partes básicas: motores de passo, Dispositivo de Adaptação dos Motores de Passo – DAMP, *driver* de potência e a Placa Microcontrolada para Comando dos Motores de Passo – PMCMP.

#### 3.1.2.1 Motor de Passo

Um motor de passo é um dispositivo digital. Isto quer dizer que ele se movimenta conforme recebe pulsos de tensão contínua numa determinada frequência. O motor de passo responde fielmente a cada pulso e esta é a principal característica dele. Ao receber o sinal, o motor faz um incremento rotativo que é chamado de passo (Leite *et al*, 2003).

Neste trabalho utilizaram-se dois motores de passo (Figura 4), um para o movimento horizontal do nível digital e outro para o movimento de focalização da imagem da mira, ambos do modelo AK39HY/12-1.8, com 200 passos ( $1,8^\circ$ ) para o ajuste da focagem e o AK56H8/5-1.8 para o giro horizontal do nível, adquiridos da empresa Akiyama Tecnologia em Componentes Eletrônicos Ltda. (Akiyama, 2009b; Akiyama, 2009c).

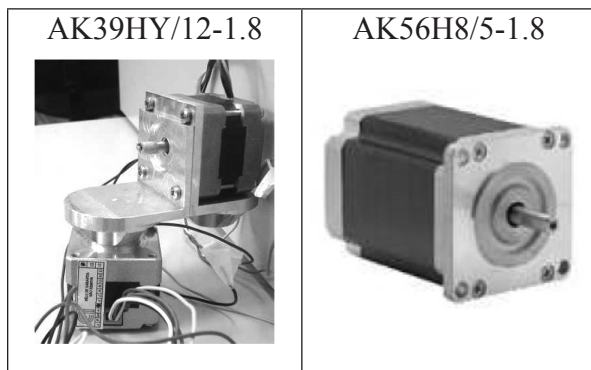


Figura 4 – Motores de passo utilizados

#### 3.1.2.2 Dispositivo de Adaptação dos Motores de Passo – DAMP

Para a adaptação dos motores utilizados ao nível digital, de forma que esta adaptação fosse realizada externamente ao instrumento, foi projetado e construído um dispositivo onde os motores fossem instalados para que pudessem executar as suas funções, quer sejam do ajuste de focagem e do movimento horizontal do instrumento. As Figuras 5 e 6 mostram o projeto e o DAMP construído respectivamente.

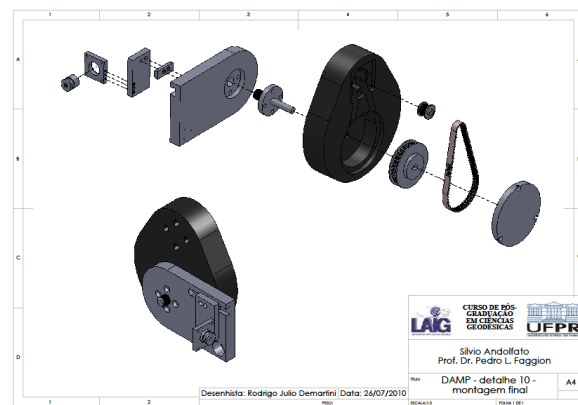


Figura 5 – Detalhe do projeto do DAMP

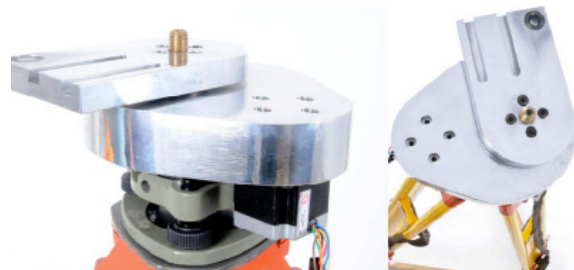


Figura 6 – Dispositivo de Adaptação dos Motores de Passo



### 3.1.2.3 Driver de Potência

O *driver* de potência modelo AKDMP5-1.7A (Figura 7) foi adquirido da mesma empresa fornecedora dos motores de passo, Akiyama Tecnologia em Componentes Eletrônicos Ltda. Este *driver* apresenta algumas chaves de seleção onde podem ser selecionados as divisões do passo em 1:2, 1:5, 1:10, 1:20 e 1:40, sendo correspondidos em ângulos ( $^{\circ}$ ) de 0.9, 0.36, 0.18, 0.09 e 0.045 respectivamente. (Akiyama, 2009a).

Este é usado para acionar motores de passo bifásicos híbridos, equipado com um módulo importado para realizar chaveamento em alta frequência (chopped). Pode acionar uma série de motores de passo bifásico híbrido, NEMA 8, NEMA 11, NEMA 14, NEMA 17, NEMA 23 com corrente menor que 1,7A (Akiyama, 2009a).



Figura 7 – Driver de potência.

### 3.1.2.4 Placa Microcontroladora para Comandos dos Motores de Passo – PMCMP

O sistema de controle, acionamentos e comunicação serial é proveniente de uma placa eletrônica, conhecida popularmente como Roboduino 1.0; a qual é proveniente de um projeto *open source* (Arduino, 2010a). Seus principais componentes e características são (Figura 8):

- Microcontrolador ATMEGA168 ou ATMEGA328;
- Circuito de comunicação com micro-computador ou laptop via USB-Serial;
- Fonte interna e externa com reguladores de tensões.

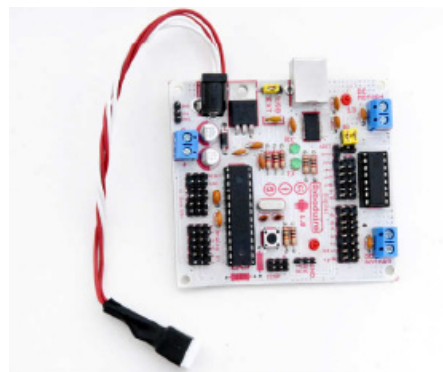


Figura 8 – Placa Microcontroladora utilizada

O microcontrolador envia sinais em duas entradas da placa de potência. Na primeira é enviado pulsos elétricos numa determinada frequência controlando assim a quantidade de passos e a velocidade do motor. Na segunda entrada é enviado um sinal comandando o sentido de giro do motor: nível alto (5V) o motor gira no sentido horário e nível baixo (0V) o motor gira no sentido anti-horário.

A programação do microcontrolador foi elaborada no *software* Arduino Alpha V. 0018, o qual também é *open source* e pode ser localizado facilmente na internet (Arduino, 2010b).

A Figura 9 mostra a tela do *software*, onde é exibida a rotina que fica recebendo os dados via porta serial, e em seguida chama a rotina *serialReadDados* para fazer o tratamento dos dados recebidos.

```

void loop() {
  if (Serial.available() > 0 && !readingSerial) {
    if (Serial.read() == PROTOCOL_HEAD) {
      serialReadDados();
    }
  }
}

void serialReadDados() {
  readingSerial = true;
  count = 0;
}

```

Figura 9 – Detalhe da tela do *software* Arduino.

### 3.1.3 Software

#### 3.1.3.1 Sistema de Automação do Movimento do Nível – SAMN - V.1

Este *software* foi elaborado e desenvolvido utilizando a linguagem *Basic*, com o compilador Visual Basic 6, conforme mostra a Figura 10; utilizou-se como banco de dados o *mySQL 5* que tem sua distribuição gratuita para projetos livres de comercialização. Destacam-se suas principais funções:

- Realizar a comunicação com o nível digital, enviando ao mesmo um comando para aquisição dos dados e recebendo a resposta do nível, que é no formato string;
- Efetuar a comunicação com a placa PMCMP para acionamento dos motores de passos;
- Registrar no banco de dados os valores coletados pelo nível digital, armazenando dados de altura (leitura do fio médio), distância, ponto de marcação, obra ou serviço, data e hora da medição.

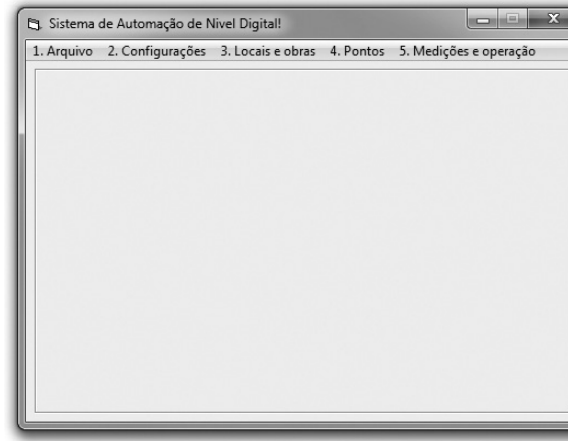


Figura 10 – Detalhe da tela do SAMN

## 4 TESTES REALIZADOS

### 4.1 Testes com as Miras Confeccionadas

De posse das miras com códigos de barra confeccionados, realizou-se uma calibração da mesma, com o uso do interferômetro a *laser*, obtendo-se o resultado apresentado na Tabela 1, com o objetivo de verificar se o nível digital conseguia realizar a leitura das mesmas.

Tabela 1 - Diferenças encontradas da mira original com a mira confeccionada ( x 10<sup>-3</sup> mm ).

código	padrão	soma	leitura	diferença	código	padrão	soma	leitura	diferença
inicio	0	0	0	0	B1	2025	194400	194391	9
B5	10125	10125	10120	5	P3	6075	200475	200475	0
P3	6075	16200	16203	-3	B1	2025	202500	202493	7
B3	6075	22275	22279	-4	P2	4050	206550	206555	-5
P1	2025	24300	24304	-4	B2	4050	210600	210594	6
B3	6075	30375	30369	6	P3	6075	216675	216670	5
P1	2025	32400	32394	6	B1	2025	218700	218700	0
B1	2025	34425	34421	4	P2	4050	222750	222749	1
P3	6075	40500	40494	6	B1	2025	224775	224773	2
B1	2025	42525	42523	2	P1	2025	226800	226799	1
P2	4050	46575	46569	6	P2	4050	230850	230841	9
B1	2025	48600	48601	-1	P1	2025	232875	232874	1
P1	2025	50625	50622	3	B3	6075	238950	238947	3
B2	4050	54675	54669	6	P2	4050	243000	243003	-3
P1	2025	56700	56698	2	B1	2025	245025	245019	6
B1	2025	58725	58723	2	P2	4050	249075	249074	1
P1	2025	60750	60742	8	B1	2025	251100	251101	-1
B1	2025	62775	62774	1	P2	4050	255150	255153	-3
P2	4050	66825	66822	3	B1	2025	257175	257170	5
B1	2025	68850	68852	-2	P1	2025	259200	259201	-1
P1	2025	70875	70877	-2	B7	14175	273375	273362	13

As diferenças encontradas ficaram na ordem do micrômetro ( $10^{-3}$  mm), devido ao processo de impressão da mira, que fora feito em dois materiais para testes: em papel sulfite e em plástico tipo PVC.

Nota-se na Tabela 1 que a maior diferença encontrada entre a mira original e a mira confeccionada foi de 0,013mm, sendo que este resultado não interfere nas leituras e conseqüentemente nas diferenças de nível.

Para a verificação das miras confeccionadas, realizou-se um experimento com a leitura dessas miras, adotando-se a visada Ré (fixa) realizada com a mira original e as visadas Vante com as miras confeccionadas, colocadas em dois pontos, chamados aqui por Vante 1 e Vante 2, obtendo-se o desnível entre os pontos Ré e Vante ( $\Delta H1$  e  $\Delta H2$ ). Apresentam-se na Tabela 2 os valores das leituras realizadas e o desnível calculado:

**Tabela 2** – Desníveis calculados utilizando as miras confeccionadas em Vante 1 e Vante 2

Medição	Leitura Ré (m) (mira original)	Leitura Vante 1 (m)	$\Delta H1$ (m) (Ré - Vante1)	Leitura Vante 2 (m)	$\Delta H2$ (m) (Ré-Vante2)
1	0,53680	0,75842	-0,22162	0,47154	0,06526
2	0,53681	0,75843	-0,22162	0,47154	0,06527
3	0,53682	0,75843	-0,22161	0,47155	0,06527
4	0,53681	0,75842	-0,22161	0,47155	0,06526
5	0,53680	0,75842	-0,22162	0,47155	0,06525
6	0,53679	0,75840	-0,22161	0,47153	0,06526
7	0,53679	0,75840	-0,22161	0,47152	0,06527
<b>médias</b>	<b>0,5368028</b>	<b>0,7584171</b>	<b>-0,2216143</b>	<b>0,4715400</b>	<b>0,0652628</b>

Verifica-se na Tabela 2 que nos resultados obtidos com as leituras das miras, tanto a original quanto as confeccionadas, apresentaram resultados satisfatórios, uma vez que as diferenças entre as medições ficaram na ordem do centésimo do milímetro ( $10^{-5}$  mm), demonstrando que as miras confeccionadas apresentam-se aptas para sua utilização.

#### 4.2 Testes com o SAND

Com a utilização prática do SAND, foram realizados diversos testes de funcionamento do sistema, verificando a sua funcionalidade e repetibilidade nas obtenções das leituras das miras confeccionadas, colocadas em dois pontos, chamados de 1 e 2.

A Figura 11 mostra um segmento do arquivo gerado em um dos testes realizados com o SAND. Considerando que este arquivo é extenso (várias linhas), verifica-se que o sistema teve uma duração de 7h 45min 41s, sen-

do realizadas duas repetições de leituras com um minuto de intervalo entre as repetições.

Ponto	Altura	Distância	Data/Hora
1	000,00000	00000,000	2010-08-26 08:11:52
2	000,34401	00006,998	2010-08-26 08:12:33
1	000,36156	00005,647	2010-08-26 08:13:17
2	000,34402	00006,999	2010-08-26 08:13:58
1	000,36156	00005,647	2010-08-26 08:13:42
2	000,34656	00007,003	2010-08-26 08:16:23
1	000,36156	00005,648	2010-08-26 08:17:06
2	000,34657	00007,003	2010-08-26 08:17:47
1	000,36155	00005,647	2010-08-26 08:19:32
1	000,36926	00005,598	2010-08-26 15:51:38
2	000,38002	00006,981	2010-08-26 15:52:19
1	000,36930	00005,597	2010-08-26 15:53:02
2	000,37996	00006,981	2010-08-26 15:53:43
1	000,36927	00005,599	2010-08-26 15:55:27
2	000,37996	00006,981	2010-08-26 15:56:08
1	000,36929	00005,599	2010-08-26 15:56:52
2	000,37996	00006,981	2010-08-26 15:57:33

**Figura 11** – Detalhe do arquivo gerado pelo SAND

Um segundo teste realizado verificou a diferença de leituras encontradas (desníveis entre as miras colocadas nos pontos 2 e 1), onde a mira do ponto 1 permaneceu fixa e a mira do ponto 2 fora deslocada de forma aleatória (simulando-se um possível deslocamento do ponto), obtendo-se as diferenças



mostradas na Figura 12. Nota-se neste teste que o SAND foi capaz de obter as leituras, ao longo de um período de 5h 51min 02s.

laig\_6  
curitiba/PR  
ufpr  
teste

Ponto	Altura	Distância	Data/Hora	Diferenças de alturas (m) (ponto2 - ponto1)
1	000,38010	00005,650	2010-08-25 14:34:49	0,00740
2	000,38750	00005,841	2010-08-25 14:35:06	
1	000,38010	00005,651	2010-08-25 14:35:26	0,00739
2	000,38749	00005,842	2010-08-25 14:35:42	
1	000,38010	00005,642	2010-08-25 18:08:08	0,03349
2	000,34661	00005,849	2010-08-25 18:08:23	
1	000,38011	00005,641	2010-08-25 18:08:45	0,03348
2	000,34663	00005,848	2010-08-25 18:09:02	
1	000,38012	00005,642	2010-08-25 20:24:57	0,03179
2	000,34833	00005,840	2010-08-25 20:25:13	
1	000,38012	00005,641	2010-08-25 20:25:34	0,03178
2	000,34834	00005,840	2010-08-25 20:25:51	

Figura 12 – Diferenças de alturas encontradas

## 5 CONCLUSÃO

O sistema mostrou-se adequado para a obtenção das leituras das miras colocadas em pontos de interesse, realizando de forma contínua, a obtenção das leituras das miras, podendo ser de minuto em minuto, verificando possíveis deslocamentos que possam ocorrer nos pontos monitorados.

A automação de níveis digitais, desenvolvida neste trabalho, se mostrou eficiente para realizar o monitoramento contínuo de recalque de estruturas. Em um teste realizado nas dependências do LAIG, o equipamento ficou coletando dados durante aproximadamente 7 horas com um intervalo entre séries de 1 minuto. Um trabalho de monitoramento com estas características seria impossível de ser desenvolvido utilizando um Técnico operando o nível;

Os resultados obtidos mostram que o SAND pode ser empregado no monitoramento de obras de engenharia, tais como: usinas hidrelétricas, pontes, edificações urbanas, entre outras, buscando-se o aumento da produtividade, coletando-se dados de forma contínua e durante longos períodos, subsidiando a tomada de decisão, quando detectados deslocamentos absolutos ou relativos entre os pontos de controle.

O custo de fabricação do sistema de automação de níveis digitais (SAND) é baixo considerando os benefícios que o sistema traz na execução do monitoramento de uma obra durante e após sua construção.

## REFERÊNCIAS

AKIYAMA. **Manual do usuário – AKDMP5-1.7A – Driver motor de passo de 2 fases.** Disponível em: <http://www.motores.akiyama.com.br/pdf/Manual%20%20AKDMP5-1.7A.pdf>. Acesso em: 25 de ago. de 2009a.

AKIYAMA. **Motor de passo AK39H/12-1.8 - datasheet.** Disponível em: <http://www.akiyama.com.br/site/mercados-e-solucoes.php?id=6&id2=284&id4=26> . Acesso em: 25 de ago. de 2009b.

AKIYAMA. **Motor de passo AK56H8/5-1.8 - datasheet.** Disponível em: <http://www.akiyama.com.br/site/mercados-e-solucoes.php?id=6&id2=286&id4=26> . Acessado em 25 de agosto de 2009c.

ARDUINO. Disponível em: <http://arduino.cc/en/Main/Software>>. Acesso em: 10 jun. 2010a.

ARDUINO. Disponível em <http://arduino.cc/en/Reference/HomePage>>. Acesso em: 10 jun. 2010b.

CINTRA. J. P. **Automação da topografia: do campo ao projeto.** 120p. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993.

INGENSAND, H. **The Evolution of Digital Leveling Techniques-Limitations and New Solutions.** In Lilje, M (EDS) The Importance of Heights. FIG, Gäule, Sweden: 59-68. 1999.

LEICA. **DNA03/DNA10 - Manual do usuário**. Versão 1.2 – Português. 2004.

LEITE, B. H. F. C.; LIMA, E. J. C.; LEÃO, F. L.; PRESTES, R. F. **Estudo do motor de passo e seu controle digital** (2003). Disponível em: <[http://recreio.gta.ufrj.br/grad/01\\_1/motor/](http://recreio.gta.ufrj.br/grad/01_1/motor/)> Acesso em: 13 Fev. 2008.

LUTES, J.; CHRZANOWKI, A.; BASTIN, G.; WHITAKER, C. **'Dimons' programa for automatic data collection and automatic deformation analysis**. The 10th FIG International Symposium on Deformation Measurements. 2001.

MIYAGI, P.E. **Controle Programável: fundamentos do controle de sistemas a eventos discretos**. São Paulo: Blucher, 1996.

MORAES, C. C.; CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de automação industrial**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

NADAL, M. A. D. **Controle e operação remota de estações totais robotizadas voltado à auscultação geodésica**. 132 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. Curitiba, 2008.

SCHNEIDER, F.; DIXON, D. **The New Leica Digital Levels DNA03 and DNA10**. In: FIG XXXII International Congress. Washington, D.C. USA, 2002.

SILVEIRA, P. R.; SANTOS, W. E. **Automação e controle discreto**. São Paulo: Érica, 1998.

VEIGA, L. A. K. Homogeneização de dados provenientes de diferentes níveis digitais. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Geomática**. Presidente Prudente – SP, 2002.

VEIGA, L. A. K.; NADAL, C. A. FAGGION, P. L. FREITAS, S. R. C. **Integração da auscultação geodésica com a instrumentação de controle e segurança da barragem de Salto Caxias**. Relatório Técnico-Científico, v. 3 – Nivelamento e Gravimetria. UFPR, Departamento de Geomática. Curitiba, 2006.

VEIGA et al. O Uso de Poligonais de Precisão para o Monitoramento de Pontos em Galerias de Drenagem: A Experiência na Usina Hidrelétrica de Salto Caxias. In: **Anais do III Simpósio sobre Instrumentação de Barragens**, p. 287-295. Comitê Brasileiro de Barragens – CBDB. São Paulo-SP, 2006.