

CONTROLE E MONITORAMENTO DE NÍVEL UTILIZANDO PLATAFORMA *OPEN SOURCE* ARDUINO

JANICLEIDE T. DA SILVA¹, JOSIANE T. DA SILVA¹, GUSTAVO F. DE LIMA²

¹Aluna do Curso de Eletrotécnica - *Campus* João Câmara
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
BR 406, Km 73, nº 3500, Perímetro Rural, CEP 59550-000 - João Câmara (RN) - Brasil
¹(janicleide.tiago, josyanetiago@hotmail.com)

²Professor de Eletroeletrônica - *Campus* Ceará-Mirim
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
BR-406, Km 145, Bairro Planalto, CEP 59570-000 - Ceará-Mirim (RN) - Brasil
²gustavo.lima@ifrn.edu.br

RESUMO. A plataforma Arduino tem se destacado nas áreas de Robótica e Sistemas Embarcados, por causa do seu baixo custo e sua programação fácil. Este trabalho apresenta a utilização da placa Arduino no controle liga/desliga e monitoramento com *LEDs* de nível de líquido de um sistema de tanques. Um sistema de tanques em escala reduzida foi montado para a implementação de um controle de nível. A placa Arduino comanda o acionamento de uma bomba d'água com o objetivo de controlar e monitorar com *LEDs* o nível de líquido dentro de uma faixa predefinida. As leituras de nível de líquido flutuaram dentro da faixa predefinida, no qual o valor inferior foi de 4 cm e o valor superior foi de 6 cm. Os resultados mostram que é possível implementar um controlador liga/desliga na placa Arduino para controlar e monitorar com *LEDs* o nível de líquido em um sistema de tanques, uma vez que esse tipo controle não necessita de uma grande velocidade na ação de controle.

PALAVRAS-CHAVE: Prototipagem, microcontrolador, sensor, tanque, controle liga/desliga.

ABSTRACT. The Arduino platform has excelled in areas of the robotics and embedded systems, because of the your low cost and easy programing. This work presents the use the Arduino board in on/off control and monitoring with *LEDs* of liquid level in a tanks system. A tanks system in reduced scale was mounted for implementation of the level control. The Arduino board commands the actuation of liquid pump with objective the controlling and monitoring with *LEDs* of the liquid level in predefined range. The liquid level measurements fluctuated in the predefined range, in which the minimum value was 4 *cm* and the maximum value was 6 *cm*. The results show which is possible implement a on/off controller in the Arduino board to control and monitoring with *LEDs* the liquid level in the tanks system, once this control type don't need of the big speed in the control action. .

KEYWORDS: Prototyping, microcontroller, sensor, tank, on/off control.

1 INTRODUÇÃO

O Arduino Uno é uma pequena placa de circuito impresso, sendo indicado para criação de protótipos de eletrônica, baseado nas filosofias de *software* e *hardware* livres, *open source*. Ele pode interagir com o ambiente ao seu redor recebendo em suas entradas sinais dos mais variados tipos de sensores e pode afetar sua vizinhança por meio do acionamento de luzes, motores ou outros atuadores.

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma aplicação do Arduino Uno realizando a tarefa de

controle e monitoramento de nível de líquido. Um sistema de tanques em escala reduzida foi montado para realização de ensaios experimentais. A modelagem matemática do sensor de nível de líquido e a descrição dos demais componentes são apresentados também.

A motivação inicial deste trabalho foi propor uma maneira das pessoas em uma residencial ou comércio poderem acompanhar a quantidade de líquido em um determinado reservatório ou caixa d'água. E com isso despertar para importância do

uso racional deste bem tão precioso que é a água.

Como contribuição pretende-se difundir a filosofia do “Faça Você Mesmo” ou DIY (do inglês, Do It Yourself) para construção de alguns itens, reaproveitamento ou reuso de alguns componentes. E por fim, integrar materiais de disciplinas distintas como Microcontroladores, Acionamento de Máquinas Elétricas e Eletrônica Analógica.

2 COMPONENTES DO SISTEMA

Nesta seção são apresentados os componentes elétricos e eletrônicos utilizados na montagem do sistema de tanques de baixo custo. A modelagem matemática do sensor de nível de líquido aplicando um potenciômetro rotativo também é apresentada.

2.1 Plataforma Arduino

Arduino, segundo [Banzi et al. \(2005\)](#), é uma plataforma de prototipagem eletrônica *open source* baseada em *hardware* e *software* flexíveis e fáceis de usar. Sendo destinada aos artistas, *designers*, *hobbyistas*, ou qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos.

A placa Arduino pode interagir com o ambiente recebendo em suas entradas sinais dos mais variados tipos de sensores e afetar a sua vizinhança acionando luzes, motores ou outros atuadores ([Banzi et al., 2005](#)).

No presente projeto foi utilizado o modelo Arduino Uno pelos seguintes motivos: dimensões reduzidas (6,8 x 5,5 x 1,0 cm), possuir conector jack nº 4 para alimentação externa, possuir conector USB para conexão com um microcomputador, preço baixo e programação simples.

A Figura 1 apresenta a estrutura de uma placa Arduino Uno, com seus principais blocos identificados. Nela é possível visualizar a CPU ATMEL composta por um microcontrolador ATmega328P, 6 entradas analógicas, 14 entradas e saídas digitais, conversor serial para USB, fonte de alimentação externa e os pinos de energia com 3,3 V, 5 V e Terra (GND).

O ATmega328P é um microcontrolador AVR 8 bits de baixa potência e arquitetura RISC (Redu-

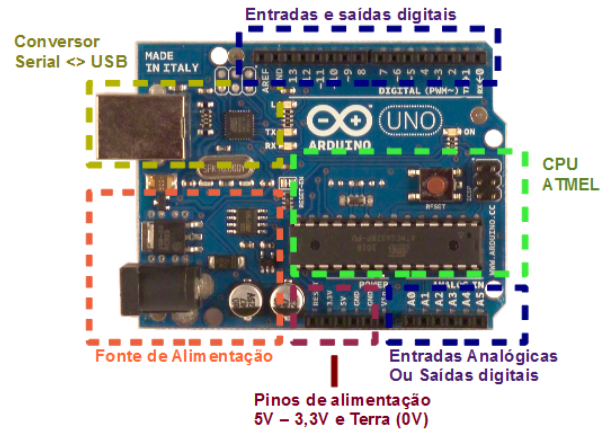


Figura 1: Blocos Identificados da Placa Arduino Uno.

ced Instruction Set Computing) fabricado pela empresa Atmel. Ele possui 28 pinos, 32 kB de memória Flash, 2 kB de memória RAM (Random Access Memory) e 1 kB de EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory).

Ainda conta com um *bootloader*, que de acordo com [Souza et al. \(2011, pág. 1702-2\)](#), dispensa o uso de programadores para o *chip*, facilitando ainda mais o seu uso uma vez que não exige compiladores ou *hardware* adicional.

2.2 Bomba D'água e seu Acionamento

A bomba d'água utilizada neste projeto é um modelo empregado em para-brisa de carro. Este modelo precisa uma tensão de 12 V_{CC} para funcionar e consome uma corrente aproximada de 1 A, em regime permanente. Tem como vantagem seu baixo custo e poder ser alimentada por uma tensão menor, o que possibilita um enchimento mais lento do tanque superior.

A Figura 2 (pág. 3) mostra uma imagem dessa bomba, nela foram destacados os orifícios de entrada de água, saída de água e os terminais elétricos.

Essa bomba d'água possui acoplado ao seu eixo um motor de Corrente Contínua (CC). Um motor CC é composto de duas estruturas magnéticas, sendo elas estator e rotor. O estator é composto de uma estrutura ferromagnética com pólos salientes aos quais são enroladas as bobinas que formam o



Figura 2: Bomba D'água Utilizada no Projeto.

campo, ou de um ímã permanente. E o rotor é um eletroímã constituído de um núcleo de ferro com enrolamentos em sua superfície que são alimentados por um sistema mecânico de comutação.

Seu funcionamento baseia-se nas forças resultantes da interação entre o campo magnético e a corrente que circula na armadura, essas forças tendem a mover o condutor em um sentido perpendicular ao plano da corrente elétrica e do campo magnético. Na Figura 3 pode ser vista o esquema de um motor CC.

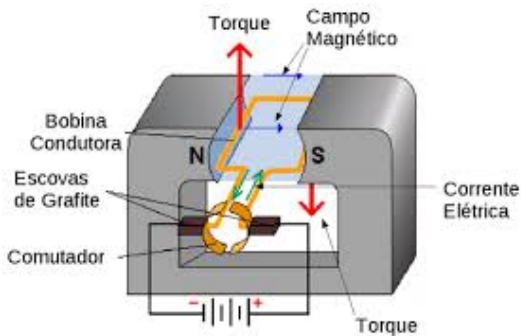


Figura 3: Esquema Elétrico do Motor CC.

Com a utilização do motor CC foi possível controlar a velocidade de enchimento do tanque superior por meio do sinal PWM (do inglês Pulse Width Modulation, ou Modulação por Largura de Pulso) que diminuiu a tensão aplicada aos terminais da bomba d'água. Isso só foi possível porque o motor

CC pode ser alimentado por uma tensão diferente da tensão nominal, que reflete na variação de velocidade do motor.

Para o acionamento da bomba d'água foi utilizado um transistor do tipo Darlington modelo TIP 122. Para Boylestad and Nashelsky (2009, pag. 381) a característica principal da conexão Darlington é que a composição de transistores atua como uma unidade única, com um ganho de corrente que é o produto dos ganhos de corrente dos transistores individuais.. Este componente suporta a passagem de uma corrente elétrica de 5 A, superior ao que a bomba precisa para funcionar. A Figura 4 apresenta os detalhes construtivos do TIP 122.

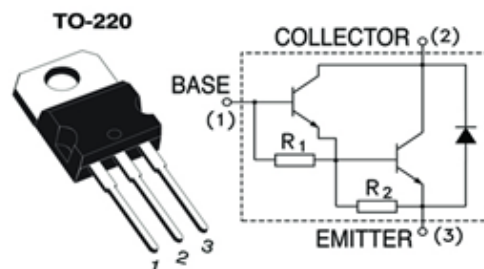


Figura 4: Encapsulamento e Pinagem do TIP 122.

Para montagem do acionamento foi utilizado o esquema elétrico da Fig. 5. Nele, o resistor de 1 kΩ foi conectado na base do transistor em uma extremidade e na outra foi ligado na porta digital 9 da placa Arduino. Um LED foi conectado para sinalização visual do funcionamento da bomba d'água.

Quando essa porta fornece tensão ao resistor ocorre a circulação de corrente na base do TIP 122 fechando a chave, fazendo o transistor conduzir entre coletor e emissor. Após isso ocorre o acionando a bomba d'água e esta transfere o líquido do reservatório inferior para o tanque superior. Quando a tensão foi cortada, a circulação de corrente pela base do TIP 122 para, fazendo abrir a chave e o transistor para de conduzir entre coletor e emissor, fazendo a bomba parar de funcionar.

2.3 Sensor de Nível

Segundo Ramos and Wense (2008, pag. 8) é possível implementar um sensor de nível para líquidos

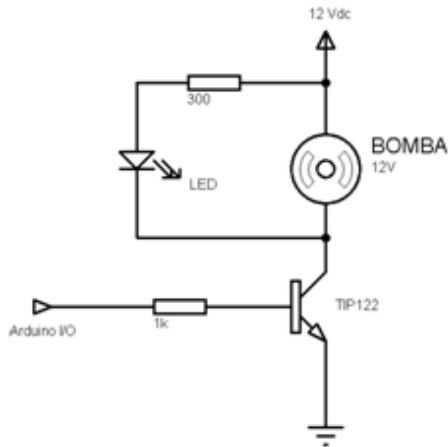


Figura 5: Esquema para Acionamento da Bomba D'água.

utilizando um potenciômetro linear rotativo com uma haste metálica ligando a uma pequena boia. Com isso, alterações na resistência do potenciômetro ocorrem à medida que a altura do líquido se modifica. A Figura 6 mostra o conjunto descrito acima.

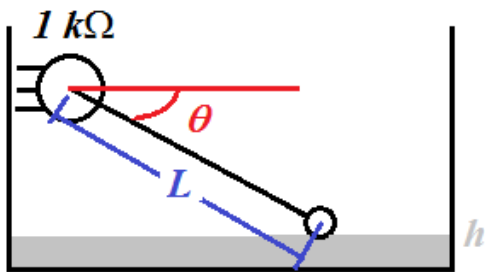


Figura 6: Conjunto do Sensor de Nível.

Neste trabalho foi aplicado um potenciômetro rotativo de 1.080 ohms de resistência total para implementação do sensor de nível. O potenciômetro em geral é um divisor de tensão no qual a tensão de saída V_{out} pode ser determinada pela Eq. (1).

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in} \quad (1)$$

O terminal do meio do potenciômetro foi conectado na entrada analógica A0 do Arduino e este ao receber a tensão V_{out} precisou calcular o valor da resistência R_2 , pela Eq. (2).

$$R_2 = \frac{R_1 + R_2}{5} V_{out} = \frac{1.080}{5} V_{out} = 216 \cdot V_{out} \quad (2)$$

De posse do valor da resistência R_2 foi possível determinar o ângulo θ . Uma relação entre a resistência do potenciômetro e o ângulo de giro do mesmo pode ser obtida fazendo 270° ou $3\pi/2$ rad de giro igual à resistência total de 1.080 ohms. E uma regra de três foi utilizada para determinar o valor θ a partir do valor de R_2 , conforme Eq. (3).

$$\begin{cases} 3\pi/2 = 1.080 \\ \theta = R_2 \end{cases} \rightarrow \theta = 0,00436319 \cdot R_2 \quad (3)$$

Por fim, o valor da altura h de líquido pode ser calculado com base na Fig. 6 (pág. 4) e utilizando a Eq. (4), onde o valor do comprimento da haste L é igual a 12,3 cm.

$$h = L \cdot \sin(\theta) = 12,3 \cdot \sin(\theta) \quad (4)$$

De posse das equações acima foi possível implementar o trecho de código fonte para Arduino capaz de converter a tensão lida na porta analógica A0 no valor da altura h em centímetros, conforme o Código 1.

```
//Conversao tensao (V) p/ altura (cm)
vzero=analogRead(A0)*5/1023;
rdois=216*vzero;
thetarad=0.00436319*rdois;
alturah=12.3*sin(thetarad);
```

Código 1: Trecho de Código para Arduino.

O cálculo da altura h acontece a cada 0,5 segundo. Seu valor é necessário para determinar quantos LEDs da régua deverão acender ou não, como também, é a variável que liga ou desliga a bomba d'água.

2.4 Régua de LEDs

A régua de LEDs foi construída com o objetivo de monitorar o nível em que o líquido se encontra dentro do tanque superior. Para a construção da régua

foram utilizados seis *LEDs*: dois vermelhos, dois amarelos e dois verdes. Os *LEDs* vermelhos representam o nível mínimo de líquido, os amarelos representam o nível médio e os verdes representam o nível máximo de líquido. Esses *LEDs* foram conectados da porta dois à porta sete do Arduino, conforme a Fig. 7.

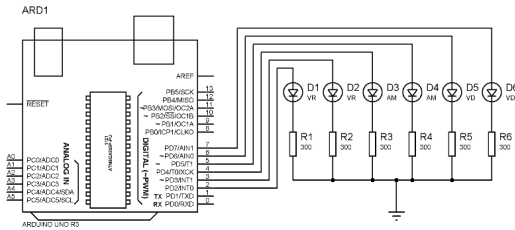


Figura 7: Esquema de Ligação dos *LEDs*.

Uma mudança da altura h faz os *LEDs* serem acionados ou não de acordo com a situação atual de h , como pode ser visto na Fig. 8, onde todos os *LEDs* foram acionados, uma vez que o nível do tanque superior estava alto.

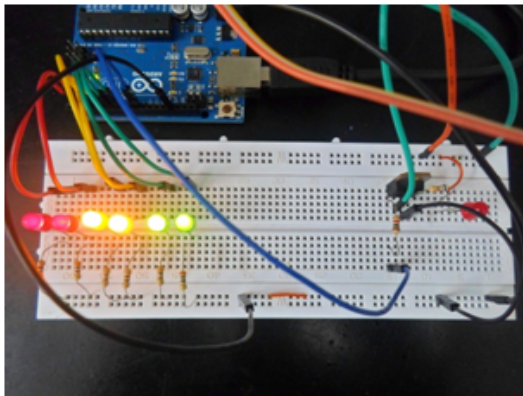


Figura 8: Régua Montada no Projeto.

3 METODOLOGIA

Nesta seção são apresentadas as metodologias empregadas para construção do sistema de tanques utilizando os componentes descritos anteriormente, como também, a forma de configura a placa Arduino para controlar a bomba d'água.

3.1 Sistema de Tanques de Baixo Custo

Para a montagem do sistema de tanques do presente projeto foram utilizadas duas caixas de plástico: uma para o tanque superior com dimensões de 16 x 11 *cm* e altura de 8 *cm* e a outra para o reservatório inferior com dimensões de 20 x 29 *cm* e altura de 5 *cm*. No tanque superior foram instalados o sensor de nível e uma torneira que ficou a aproximadamente 1 *cm* do fundo. A Figura 9 apresenta toda essa estrutura.

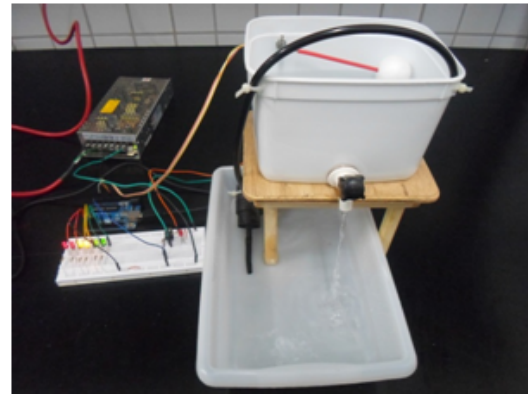


Figura 9: Sistema de Tanques Montado no Projeto.

O potenciômetro foi colocado na parte mais alta possível do tanque superior. Também, foi conectada uma haste metálica com um isopor na extremidade para funcionar como sensor de nível. Então reforçando a idéia, o conjunto sensor tem como objetivo acionar ou não a bomba d'água, e consequentemente, os vários *LEDs* da régua.

A torneira colocada na parte inferior do tanque superior serviu para representar o consumo d'água e permitiu o retorno da mesma para o reservatório inferior. E este serviu para armazenar a água que a bomba fosse captar para mandar para o tanque superior, por meio de uma mangueira. E por fim foi utilizado um apoio feito de madeira para sustentar o tanque superior criando assim um desnível.

3.2 Controle Liga/Desliga da Bomba D'água

No controle liga/desliga para um sistema de tanques, o acionamento da bomba é realizado no momento em que a altura h cai abaixo de um valor mí-

nimo predefinido. E tem seu desligamento quando a altura h passa acima de um valor máximo predefinido. Neste projeto foram definidos como limites para o acionamento e desligamento da bomba d'água os seguintes valores: h menor do que 4 cm e h maior do que 6 cm , respectivamente.

4 RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos de maneira experimental. Sendo três formas diferentes de apresentação: um gráfico nível *versus* tempo, obtido das leituras do sensor de nível; uma sequência de fotos mostrando o acionamento da régua de LEDs; e por fim, dois vídeos publicados em um *site* na Internet.

4.1 Gráfico Nível *versus* Tempo

Para comprovação da implementação do controle liga/desliga foi gerado um gráfico de nível de líquido no tanque superior *versus* tempo, com base nos dados capturados da porta serial do Arduino e desenhados por um *software* destinado à construção de gráficos.

A Figura 10 mostra a evolução do nível d'água com o controle liga/desliga implementado na placa Arduino.

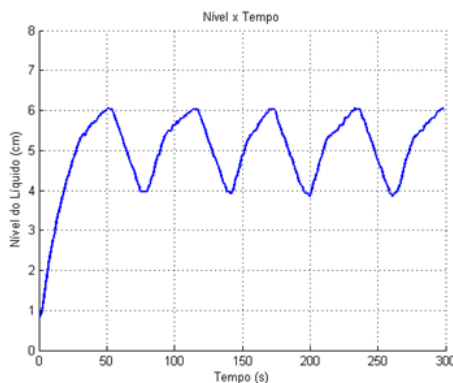


Figura 10: Resposta do Nível D'água ao Longo do Tempo.

Quando a bomba é acionada o nível d'água já começou com 1 cm , devido a posição da torneira em relação ao fundo do tanque. Depois, o nível começou a subir e ultrapassou o valor máximo de

6 cm predefinido, aí a bomba d'água desligou e com a torneira aberta o nível de líquido começou a baixar até chegar ao valor mínimo de 4 cm predefinido, aí bomba d'água ligou novamente, o que fez começar um novo ciclo de aumento no nível e depois diminuição do nível. O ensaio experimental em questão durou 300 segundos.

4.2 Sequência de Fotos

Para comprovação do funcionamento da régua de LEDs foi fotografada uma sequência de acionamentos dos LEDs em função da altura h de líquido no tanque superior. A Figura 11 apresenta o primeiro LED vermelho ligado, indicando nível baixo de líquido no tanque superior.

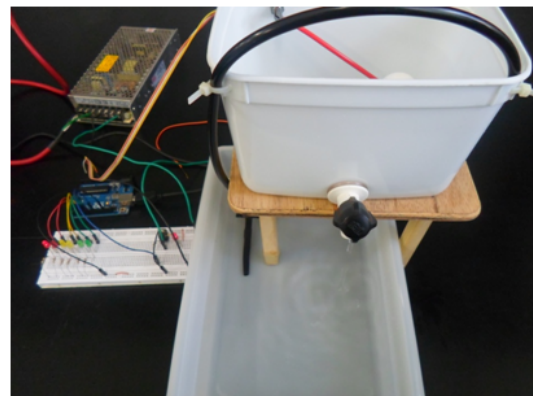


Figura 11: Um LED Ligado - Nível Baixo.

Na sequência, a Fig. 12 mostra dois LEDs vermelhos e um amarelo ligados, indicando um nível intermediário de líquido no tanque superior.

E para terminar, a Fig. 13 apresenta todos os LEDs da régua ligados, o que indica um nível alto no tanque ou o tanque está cheio.

4.3 Vídeos na Internet

Uma terceira forma de comprovação de funcionamento do sistema proposto foi a produção de dois vídeos. Estes foram editados e publicações em *site* próprio para divulgação de vídeos. O primeiro vídeo pode ser visualizado pelo seguinte endereço <http://youtu.be/cb4LT970xT4> e

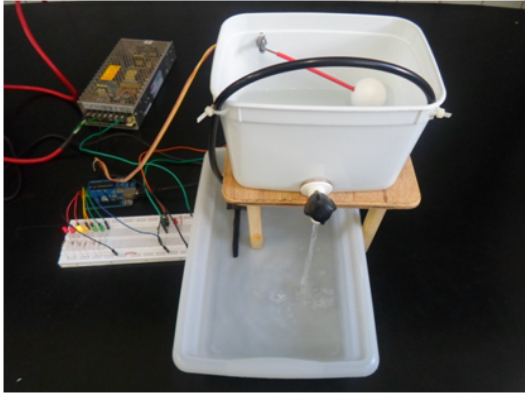


Figura 12: Três *LEDs* Ligados - Nível Intermediário.

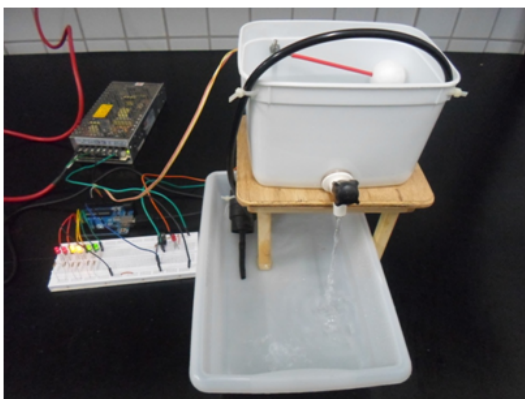


Figura 13: Seis *LEDs* Ligados - Nível Alto.

o segundo vídeo foi publicado no seguinte endereço <http://youtu.be/BXWcVJcgVYM>.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta seção são apresentados algumas considerações sobre os resultados obtidos ao longo deste trabalho. Além disso, são apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros de pesquisa.

5.1 Conclusões

Neste trabalho foi apresentada a placa Arduino, pequena placa de circuito impresso que possui 01 microcontrolador Atmega328P, 14 entradas/saídas digitais, 06 entradas analógicas, etc. Ela é destinada a qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos.

O trabalho também mostrou a montagem de um sistema de tanques em escala reduzida e de baixo

custo. Nele a altura do nível d'água foi medida por um potenciômetro linear rotativo, tendo uma haste acoplada e uma esfera de isopor na outra extremidade, assim formando um sensor de nível para medir a altura h . E com a medição de h o Arduino conseguiu comandar o acionamento da bomba d'água e da régua de *LEDs*.

Como aplicação foi implementada a estratégia de controle conhecida por liga/desliga ou *on/off*. Nela o acionamento da bomba aconteceu quando o nível d'água caiu de seu valor mínimo de 4 *cm* e o desacionamento ocorreu quando o nível a água ultrapassou o nível máximo de 6 *cm*.

5.2 Trabalhos Futuros

Como forma de aprofundar este trabalho e de uma forma geral para a difundir a área de microcontroladores e sistemas de controle são apresentados alguns tópicos para trabalhos futuros:

- Realizar a identificação dos parâmetros do processo de controle de nível e obter sua função de transferência;
- Montar um sistema real em escala reduzida composto por uma bomba monofásica acionada por um circuito tipo *Dimmer* que permite o controle de velocidade de cargas de Corrente Alternada (C.A.).
- Adaptar o sistema atual para realização de monitoramento de grandezas elétricas como corrente e tensão. De posse desses valores realizar o cálculo de outras grandezas como potência e energia consumida.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN - *Campus* João Câmara pelos materiais e instalações cedidos para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, and David Mellis. *Site Arduino*. <http://www.arduino.cc>, 2005. Acesso em: 26 abr. 2013.

Robert L. Boylestad and L Nashelsky. *Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos*. Pearson, São Paulo, SP, 8 edition, 2009.

Adriano Peixoto Ramos and Gabriel Lula Barros Wense. **Sistema Didático de Nível de Líquidos**. Trabalho de graduação, Universidade de Brasília, Brasília, DF, jul 2008. Disponível em: <http://backup.lara.unb.br/~bauchspiess/tg/TG08%20Adriano%20P.%20Ramos%20e%20Gabriel%20L.B.%20Wense.pdf>.

Anderson R. Souza, Alexsander C. Paixão, Diego D. Uzêda, Marco A. Dias, Sergio Duarte, and Helio S. de Amorim. **A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC**. In *Revista Brasileira de Ensino de Física*, volume 33, pages 1702–1 – 1702–5, 2011. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/331702.pdf>.

GLOSSÁRIO

CC	Corrente Contínua
DIY	Do It Yourself (Faça Você Mesmo)
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (Memória Programável Somente para Leitura Apagável Eletricamente)
IFRN	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
PFRH	Programa de Formação de Recursos Humanos

PWM Pulse Width Modulation (Modulação por Largura de Pulso)

RAM Random Access Memory (Memória de Acesso Aleatório)

RISC Reduced Instruction Set Computing (Computador com um Conjunto Reduzido de Instruções)

BIOGRAFIA DOS AUTORES

Janicleide Tiago da Silva (Autora para Correspondência) é aluna concluinte do Curso Técnico em Eletrotécnica na forma Subsequente do IFRN - *Campus* João Câmara. Foi bolsista do Programa de Formação de Recursos Humanos (PFRH) da Petrobras. Seus interesses em pesquisas envolvem Eletrônica Analógica e Máquinas Elétricas.

Josiane Tiago da Silva (Autora para Correspondência) é aluna concluinte do Curso Técnico em Eletrotécnica na forma Subsequente do IFRN - *Campus* João Câmara. Foi bolsista do Programa de Formação de Recursos Humanos (PFRH) da Petrobras. Seus interesses em pesquisas envolvem Sistemas de Controle e Microcontroladores.

Gustavo Fernandes de Lima (Autor para Correspondência) recebeu seu grau em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, em 2003. Ele atuou como Engenheiro Eletricista por 5 anos em um grande shopping, onde adquiriu experiência em Manutenção Elétrica. Atualmente é professor efetivo do IFRN - *Campus* Ceará-Mirim, onde ministra aulas de “Eletricidade Instrumental” e “Práticas de Eletricidade”. Seus interesses em pesquisa envolvem Eletrônica Analógica, Microcontroladores e Controle de Processos.