



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CECAU



NATÁLIA CRISTINO SOARES

SISTEMA PARA MONITORAMENTO DE NASCENTES
E CURSOS DE ÁGUA VIA SMS

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO

Ouro Preto, 2015

NATÁLIA CRISTINO SOARES

**SISTEMA PARA MONITORAMENTO DE NASCENTES
E CURSOS DE ÁGUA VIA SMS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro

Ouro Preto
Escola de Minas – UFOP
Julho/2015

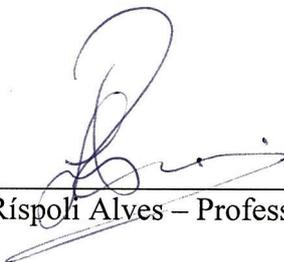
Monografia defendida e aprovada, em 03 de julho de 2015, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro – Orientador



Prof. Dr. Alan Kardek Rego Segundo – Professor Convidado



Prof. Dr. Luiz Fernando Ríspoli Alves – Professor Convidado

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, em especial aos professores Paulo Monteiro e Luiz Fernando Rispoli pelos ensinamentos, conselhos e apoio. Agradeço a todos os integrantes do Laboratório de Automação Predial (LAP) da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto pelo companheirismo, o suporte e a troca de conhecimentos. Por fim agradeço aos amigos e à família pelo incentivo, compreensão e amizade.

*“O único homem que está isento de erros, é
aquele que não arrisca acertar”.*

(Albert Einstein)

RESUMO

Este trabalho descreve o desenvolvimento de um módulo de medição com o objetivo de monitorar remotamente o nível de nascentes e cursos de água. Esse módulo pode ser utilizado em áreas de difícil acesso, possibilitando assim obter maior volume de dados dos níveis para o gerenciamento desses sistemas hídricos. O módulo de medição possui um sensor ultrassônico como um medidor de nível e envia mensagens para um telefone celular contendo o valor das medições realizadas.

Palavras-chave: monitoramento, nível, nascentes, SMS, sensor ultrassônico, GSM.

ABSTRACT

This study describes the development of a measurement module for the purpose of remotely monitoring the level of springs and watercourses. This module can be used in hard to reach areas, enabling thus obtain more data levels to manage these water systems. The measuring module has an ultrasonic sensor as a level meter and sends messages to a mobile phone containing the value of the measurements.

Keywords: monitoring, level, springs, SMS, ultrasonic sensor, GSM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Ciclo hidrológico	14
Figura 2.2 - Réguas linimétricas.....	18
Figura 2.3 - Medição tipo boia	19
Figura 2.4 - Sensor capacitivo	20
Figura 2.5 - Funcionamento do sensor ultrassônico	21
Figura 2.6 - Vertedor triangular.....	23
Figura 3.1 - Componentes utilizados no modulo de medição	25
Figura 3.2 - Arduino Rev 3.....	27
Figura 3.3 - Vista lateral do sensor ultrassônico	27
Figura 3.4 - Vista superior do sensor ultrassônico	28
Figura 3.5 - Vista superior do <i>shield</i> GSM/GPRS.....	29
Figura 3.6 - Vista inferior do <i>shield</i> GSM/GPRS.....	29
Figura 3.7 - Célula fotovoltaica	31
Figura 4.1 - Módulo de Medição	34
Figura 4.2 - Vista lateral do módulo de Medição	34

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CSD	<i>Circuit Switched Data</i>
EWB	<i>Engineers Without Borders</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
NEWAH	<i>Nepal Water for Health</i>
ONG	Organização não governamental
PCD	Plataformas Automáticas de Coleta de Dados
SMS	<i>Short Message Service</i>
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Características do Arduino Rev3.....	26
Tabela 3.2 - Características do sensor ultrassônico.....	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Considerações iniciais	12
1.2	Objetivo geral	12
1.3	Objetivos específicos	12
1.4	Estrutura do trabalho.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	Nascentes e cursos de água.....	14
2.2	Monitoramento hidrológico no Brasil	15
2.3	Medidores de nível	17
2.3.1	Medição direta	17
2.3.1.1	Réguas linimétricas.....	17
2.3.1.2	Boias	18
2.3.1.3	Visores de nível	19
2.3.2	Medição indireta	19
2.3.2.1	Pressão diferencial entre a fase líquida e a fase gasosa	19
2.3.2.2	Medição de empuxo usando corpo imerso	20
2.3.2.3	Sensor de nível capacitivo	20
2.3.2.4	Sensor de nível ultrassônico	21
2.3.3	Medição descontínua	22
2.4	Monitoramento da vazão	22
2.5	Microcontroladores.....	23
3	MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1	Arduino	26
3.2	Sensor de nível.....	27
3.3	<i>Shield</i> GSM/GPRS	28
3.4	<i>Chip</i> SIM	30
3.5	Célula fotovoltaica.....	30
3.6	Programação do Arduino.....	31
3.7	Comunicação GSM.....	32

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5	CONCLUSÃO	36
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

A ideia deste trabalho surgiu de um protótipo para monitoramento de nascentes e cursos de água que foi desenvolvido para a participação em um desafio promovido pela organização Engineers Without Borders (EWB) Australia, o EWB Challenge. A participação no desafio fazia parte da disciplina Engineering Profession, cursada durante intercâmbio pelo programa Ciência sem Fronteiras na Monash University, em Melbourne na Austrália.

A EWB Australia é uma organização sem fins lucrativos com 10 anos de experiência que busca desenvolver soluções em parceria para enfrentar a falta de acesso à recursos básicos, como água potável, saneamento, higiene, energia, infraestrutura básica, sistemas de resíduos, tecnologia da informação e comunicação. Objetiva ensinar e treinar estudantes australianos, engenheiros e a comunidade em geral sobre temas como o desenvolvimento sustentável, tecnologia, pobreza e o poder da engenharia humanitária (ENGINEERS WITHOUT BORDERS, 2015).

O desafio tem como objetivo apresentar aos estudantes de engenharia conceitos de engenharia humanitária possibilitando-os trabalhar no desenvolvimento de projetos de problemas do mundo real e conscientizá-los da responsabilidade como cidadãos globais e do papel da engenharia na redução da pobreza (ENGINEERS WITHOUT BORDERS, 2014).

O desafio de 2014, teve como parceira a organização não governamental (ONG) Nepal Water for Health (NEWAH). Essa ONG trabalha para fornecer água potável, higiene e saneamento para 51 comunidades do Nepal, garantindo às pessoas desses locais seus direitos básicos e fornecendo acesso para a infraestrutura necessária (ENGINEERS WITHOUT BORDERS, 2014).

Além de outras atividades, NEWAH é responsável por gravar dados sobre níveis e fluxos de água para monitorar a saúde das nascentes e cursos de água que abastecem a aldeia de Sandikhola, que fica no distrito de Gorkha, no Nepal. Atualmente esses dados são registrados

manualmente, para isso é necessário que um voluntário caminhe até o ponto de coleta de dados e faça as medições em intervalos regulares. Um dos projetos do desafio consistia em explorar a possibilidade de um equipamento de gravação de dados automatizado para tornar esse processo menos trabalhoso (ENGINEERS WITHOUT BORDERS, 2014).

Sandikhola é uma comunidade remota, sem internet e com poucos computadores disponíveis. A falta de acesso à internet torna coletar, armazenar e salvar os dados extremamente difícil para NEWAH, assim como para outras organizações que trabalham em áreas remotas (ENGINEERS WITHOUT BORDERS, 2014).

O uso de telefones celulares é bem difundido no Nepal, então optou-se por utilizar o sistema de comunicação *Global System for Mobile Communications* (GSM) para enviar os valores das medições realizadas pelo sensor de nível por meio de *Short Message Service* (SMS).

Embora inicialmente desenvolvido para o Nepal, este projeto pode ser aplicado em qualquer problemática envolvendo monitoramento de nascentes e cursos de água.

1.2 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é propor e desenvolver um protótipo para facilitar o monitoramento dos níveis de nascentes e cursos de água, realizando medições periodicamente em situações onde o local desses recursos hídricos é de difícil acesso. O sistema proposto irá enviar os valores das medições para um aparelho celular utilizando o serviço de SMS.

1.3 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Estudo sobre nascentes, cursos de água, sistemas microcontrolados, sensor ultrassônico, comunicação GSM e programação;
- Desenvolvimento de um protótipo para realizar medições automáticas de níveis de água para monitorar a saúde de nascentes e cursos de água;
- Teste do sistema em laboratório;
- Discursão dos resultados obtidos.

1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho foi dividido em cinco capítulos, incluindo esta introdução.

No capítulo 2 apresenta-se, de forma sucinta, uma revisão bibliográfica sobre os temas envolvidos na problemática projeto.

No capítulo 3 apresenta-se, a descrição do *hardware* e do *software* e a metodologia utilizada para o desenvolvimento do protótipo.

No capítulo 4 traz-se as os resultados e discussões a respeito do desenvolvimento do protótipo.

No capítulo 5 apresenta-se as conclusões desse trabalho e algumas sugestões de trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, será apresentada uma breve revisão bibliográfica para entendimento dos temas relevantes para o desenvolvimento do protótipo.

2.1 Nascentes e cursos de água

Nascente é uma afloração da água do lençol freático, que origina uma represa, ou cursos de água (rios), conforme pode observado na Figura 2.1. Uma nascente ideal é aquela que produz água de ótima qualidade, em grande quantidade e de forma contínua, perto do local onde o uso da água se faz necessário, e em regiões com declive que possibilite sua distribuição com o uso da gravidade, sem a necessidade do uso de energia para realizar essa tarefa (CALHEIROS et al., 2004).

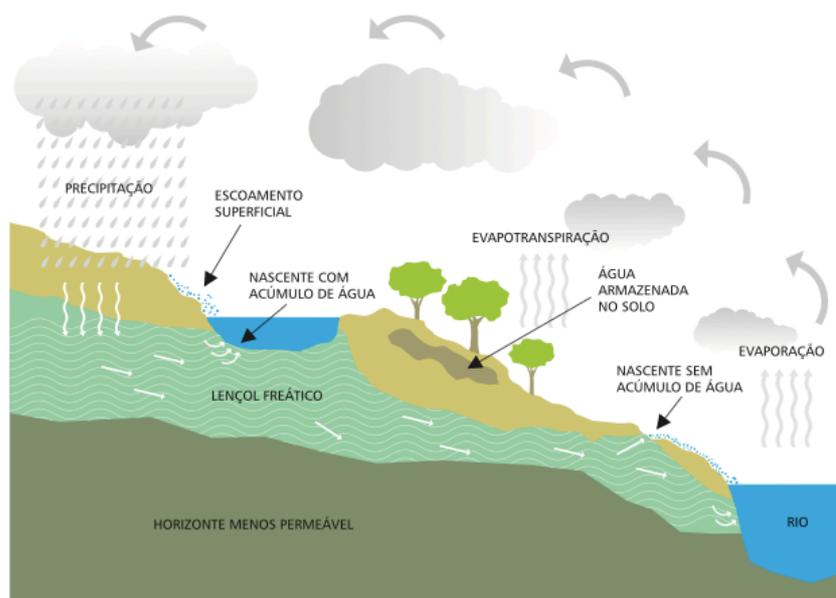


Figura 2.1 - Ciclo hidrológico
Fonte: CALHEIROS et.al., 2009.

É de extrema importância que a vazão de uma nascente tenha apenas uma pequena variação durante o ano. Isso significa que ao chover, a nascente não irá escoar toda a água recebida pela chuva. A bacia deve ser capaz de absorver a água da chuva pelo solo, ter seu armazenamento no lençol subterrâneo e fornecer essa água aos rios por meio das nascentes, mantendo a vazão, até em períodos de seca. Isso é importante para a o consumo da água pelos seres vivos, para a irrigação e abastecimento público, como também para a manutenção do regime hídrico, assegurando a disponibilidade de água em períodos de alta demanda (CALHEIROS et al., 2004).

O uso indiscriminado dos recursos naturais, mal uso dos solos, o desmatamento e o uso difundido de fertilizantes, corretivos e agrotóxicos causam problemas ambientais, especialmente em áreas ribeirinhas e onde possuem nascentes, alterando a qualidade e quantidade de água drenada para a bacia hidrográfica (PINTO, 2003).

No momento atual há uma grande preocupação com a escassez de água tanto no Brasil como em outros países. Para garantir a quantidade necessária de água para consumo domiciliar, uso na agricultura, pecuária e na indústria buscam-se cada vez mais métodos de gerenciamento e planejamento dos recursos hídricos. Com isso o monitoramento desses recursos se torna importante para garantir o crescimento social e econômico de forma sustentável em uma região (COELHO, 2011).

2.2 Monitoramento hidrológico no Brasil

É de extrema importância conhecer o regime dos cursos de água de uma região para a realização do planejamento de recursos hídricos, avaliação de disponibilidade hídrica e de alternativas de fornecimento de água, como também para o cálculo de estruturas hidráulicas. Para entender com clareza esse regime de escoamento é muito importante a obtenção de informações adequadas de monitoramento hidrológico adquiridas por uma rede de monitoramento eficiente. As especificações dos tipos de equipamentos e a frequência das medições são questões relevantes quanto ao projeto de uma rede de monitoramento (CASTRO et al., 2013).

No Brasil, a responsabilidade pela Rede Hidrometeorológica Nacional é da Agência Nacional de Águas (ANA), ela tem como missão implementar e coordenar a gestão compartilhada e integrada dos recursos hídricos e regular o acesso a água, promovendo seu uso sustentável em benefício das atuais e gerações futuras. A Agência coordena 4.633 estações pluviométricas e fluviométricas, onde o nível e a vazão dos rios são monitorados, como também os sedimentos e a qualidade das águas. Dos 12.978 rios que são cadastrados no Sistema de Informações Hidrológicas da ANA, apenas 2.176 possuem monitoramento. No site da ANA é possível acessar os dados de nível, vazão, chuvas, sedimento e qualidade da água dos rios do Brasil. As informações captadas são muito importantes para a ANA tomar decisões em relação ao gerenciamento dos recursos hídricos e também para desenvolver projetos de atividades econômicas como agricultura, transporte aquaviário, geração de energia hidrelétrica, saneamento e aquicultura (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2015).

A ANA possui a função de orientar os concessionários e autorizados para geração de energia hidrelétrica sobre os procedimentos para a instalação, operação e manutenção de estações hidrométricas objetivando o monitoramento pluviométrico, linimétrico, fluviométrico, sedimentométrico e de qualidade da água associado a aproveitamentos hidrelétricos (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2015).

A Resolução Conjunta ANA/ANEEL nº 03/2010 em seu Artigo 5º estabelece que todas as estações hidrométricas com monitoramento pluviométrico, linimétrico e fluviométrico que são associadas ao aproveitamento hidrelétrico deverão ser automatizadas. Essa Resolução visa auxiliar os agentes do setor elétrico em relação a realização da coleta, tratamento, armazenamento e a forma de envio dos dados hidrométricos para o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), permitindo a obtenção dos dados em tempo real. O documento apresenta especificações técnicas de Plataformas Automáticas de Coleta de Dados (PCD), as quais fazem aquisição automatizada de dados hidrológicos e os enviam à ANA e então são disponibilizados pela web. A automatização da coleta dos dados possui vantagens como permitir o monitoramento em áreas de difícil acesso, possibilitar o acompanhamento em tempo real do volume de reservatórios, de situações críticas e de alertas (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2011).

2.3 Medidores de nível

Apesar da medição de nível ser um processo muito simples na teoria, na prática exige procedimentos e técnicas avançadas. Variam sua complexidade desde simples visores para medições locais até medidas remotas, com seu devido registro ou controle automático (CASSIOLATO, 2010).

Os instrumentos para medida de nível medem a posição da superfície do líquido sobre um ponto de referência ou a altura hidrostática (SIGHIERI; NISHINARI, 2003 apud ALMEIDA; PINTO; 2005).

A definição nível é dita como a altura do conteúdo de um reservatório ou de um tanque de armazenamento, que torna possível avaliar, monitorar e controlar líquidos para o controle operacional e/ou proteção ambiental. Os três métodos básicos para medição de nível são: direto, indireto e descontínuo (CASSIOLATO, 2010).

2.3.1 Medição direta

Pode-se realizar a medição direta medindo-se diretamente a distância entre o nível do produto e um referencial previamente definido. Utiliza-se a observação visual de instrumentos como réguas, boias e visores de nível para obter os valores em questão (CASSIOLATO, 2010).

2.3.1.1 Réguas linimétricas

É muito comum a utilização de réguas linimétricas para medir os níveis de um rio em estações fluviométricas. A régua linimétrica pode ser de madeira, metal ou pintada em uma superfície vertical. Geralmente uma pessoa fica encarregada em realizar as medições uma ou duas vezes ao dia (SANTOS et al, 2001).

Um exemplo dessas réguas linimétricas pode ser observado na Figura 2.2.



Figura 2.2 - Réguas linimétricas
Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2009.

Porém esse método é muito passível de erro de leitura por parte do observador, podem ter causa por imperícia ou por negligência, como por exemplo em casos onde o observador faz a leitura à distancia para evitar o deslocamento até o local onde está instalada a régua. Outros fatores que causam erros na leitura é a instalação defeituosa da régua ou seu deslocamento vertical . Outros tipos de linígrafos como o de pressão e o de boia, utilizam um papel para gravar os dados do nível do rio, mas é necessária a troca do papel em certos períodos de tempo (SANTOS et al., 2001).

2.3.1.2 Boias

O sistema de medição de boia é bastante comum, muito utilizado em tanques abertos. Esse sistema pode ser acionado por um sistema de roldana ou fita, uma seta indicadora, por sistema mecânico, por um indicador transmissor, pneumático ou elétrico (SIGHERI; NISHINARI, 1973 apud ALMEIDA; PINTO; 2005). Esse sistema de medição pode ser observado na Figura 2.3.

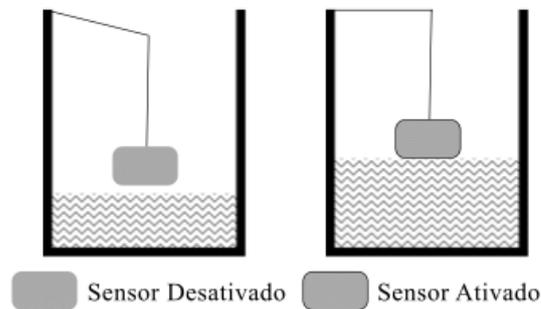


Figura 2.3 - Medição tipo boia
 Fonte: QUINTANILHA; ESTEVÃO FILHO, 2013.

2.3.1.3 Visores de nível

Este medidor consiste em um tubo de vidro que é colocado a partir da base de um reservatório até a borda mais alta. Tem-se uma régua graduada ao lado do tubo para possibilitar o monitoramento do nível do líquido. Este tipo de medidor pode operar em condições de até 200°C e 30 atm. Porém existem medidores que suportam até 500°C e 350 atm. A desvantagem desse medidor é que podem apresentar um escurecimento do visor com o tempo (SIGHIERI; NISHINARI, 2003 apud ALMEIDA; PINTO; 2005).

2.3.2 Medição indireta

A medição indireta é realizada medindo-se o nível por meio de grandezas físicas relacionadas a ele. Tem-se como exemplo o uso da pressão, empuxo e propriedades elétricas, como no caso de sensores de níveis capacitivos, de nível condutivo, níveis radioativos e níveis ultrassônicos (CASSIOLATO, 2010). A seguir serão descritos alguns desses métodos de medição:

2.3.2.1 Pressão diferencial entre a fase líquida e a fase gasosa

Este método de medição consiste na utilização de uma câmara de material elástico. A variação de pressão nessa câmara irá indicar o nível do reservatório. Este método serve apenas para reservatórios abertos (SIGHIERI; NISHINARI, 2003 apud ALMEIDA; PINTO; 2005).

2.3.2.2 Medição de empuxo usando corpo imerso

Este método de medição de nível consiste de um flutuador comprido inserido dentro do líquido, acoplado a um tubo de torção. O flutuador fica parado. De acordo com o nível, o empuxo que o líquido exerce sobre o flutuador acoplado ao tubo de torção é transformado em movimento rotativo. Esse movimento que indica o nível do líquido (SIGHIERI; NISHINARI, 2003 apud ALMEIDA; PINTO; 2005).

2.3.2.3 Sensor de nível capacitivo

Este tipo de medidor utiliza a variação da capacitância obtida entre a sonda do medidor e a parede do recipiente, que exercem o papel das placas do capacitor (Figura 2.4). Se as paredes do recipiente são condutoras pode-se utilizar uma sonda de referencia. O nível é calculado a partir da capacitância, causada pela variação da constante dielétrica por causa do aumento do nível do material em questão (QUINTANILHA; ESTEVÃO FILHO, 2013).

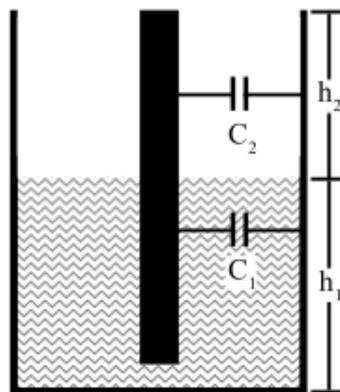


Figura 2.4 - Sensor capacitivo
Fonte: QUINTANILHA; ESTEVÃO FILHO, 2013.

2.3.2.4 Sensor de nível ultrassônico

O sensor ultrassônico pode ser utilizado para realizar medições contínuas de nível de líquidos ou sólidos em tanques e reservatórios. Ele emite pulsos ultrassônicos de alta frequência, ao alcançar o material o qual deseja-se obter o nível, os pulsos são refletidos e voltam para o sensor. A partir do valor do tempo que o pulso leva para voltar ao sensor, e sabendo-se o valor da velocidade do som no meio, é possível determinar a distância entre o sensor e o material em questão. As vantagens desse tipo de sensor são em relação ao custo ser baixo, falta de contato entre o sensor e o material que o nível deve ser medido, podem ser utilizados em locais abertos ou fechados, mas não devem ser utilizados em locais que possuem altas temperaturas. (BOJORGE, 2014). Seu funcionamento está ilustrado na Figura 2.5.

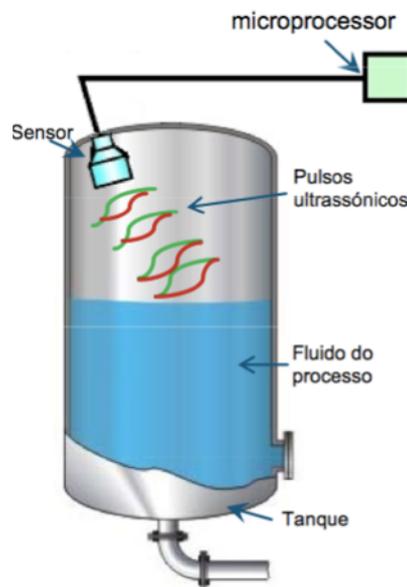


Figura 2.5 - Funcionamento do sensor ultrassônico
Fonte: BOJORGE, 2014.

2.3.3 Medição descontínua

No método de medição descontínua, tem-se apenas a indicação de quando o nível do líquido chega a determinados níveis específicos, como por exemplo condições de nível máximo e mínimo de um tanque (CASSIOLATO, 2010).

2.4 Monitoramento de vazão

Um dos métodos para se determinar a vazão em pequenas bacias consiste no uso de vertedores que podem ser retangulares ou triangulares (CPRH, 2000).

Um vertedor é uma barreira com abertura de diferentes formas geométricas colocada perpendicularmente ao fluxo de um líquido. Sua principal utilização é na medição de vazão através de equações. Cada tipo de vertedor possui uma fórmula específica, que a partir da leitura da altura da lamina d'água chamada de carga (h) e aplicado esse valor na fórmula, a equação fornece os valores de vazão do local (COSTA; BACELLAR; SILVA, 2007).

Para a escolha do método adequado, deve ser levado em consideração a vazão esperada. Segundo a norma 2.004 da Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH a escolha do método de medição deve seguir as seguintes orientações:

- Para vazões menores que 30L/s, os vertedores triangulares oferecem maior precisão;
- Para vazões estimadas entre 30L/s e 300L/s, os vertedores triangulares e retangulares oferecem a mesma precisão;
- Para vazões acima de 300L/s, os vertedores retangulares são os mais indicados por possuírem coeficientes de vazão mais bem definidos.

O exemplo de um vertedor triangular pode ser observado na Figura 2.6.



Figura 2.6 - Vertedor triangular
Fonte: CASTRO et al., 2013.

2.5 Microcontroladores

A indústria de materiais eletrônicos cresceu bastante nos últimos anos, a principal razão desse crescimento é o uso de sistemas eletrônicos em um grande variedade de produtos como automóveis, eletrodomésticos e equipamentos de comunicação pessoal. Devido ao uso de sistemas eletrônicos em aplicações tradicionais tem-se produtos mais eficientes, com melhor qualidade e mais acessíveis. Entre os componentes eletrônicos mais utilizados estão os microcontroladores, que são componentes digitais que permitem algum tipo de computação (BARROS; CAVALCANTE, 2015).

Um microcontrolador é definido como um processador de software, eles incorporam muitas funções em apenas um chip. Devido ao fato deles serem projetados para serem usados especificamente em sistemas embarcados, é comum apresentarem um repertório de instruções para esse uso, como por exemplo a manipulação de bits ou o acesso a pinos do processador para facilitar a interação com dispositivos externos (BARROS; CAVALCANTE, 2015).

Um microcontrolador pode apresentar uma vários tipos de dispositivos como: conversores analógico-digitais e digital-analógicos, temporizadores, contadores, interfaces seriais, memória de instruções e/ou dados, controladores de interrupção, geradores de clock, controladores de DMA, etc. Por causa disso, é comum que seja criada uma família de microcontroladores, com cada um com variando os tipos de dispositivos, frequência de clock,

potencia consumida, faixa de temperatura suportada, encapsulamento e preços de acordo com cada configuração (BARROS; CAVALCANTE, 2015).

Devido a essa variedade de características existem várias opções de modelos, podendo o projetista escolher requisitos técnicos e de custo de acordo com suas necessidades. Alguns exemplos de família de microcontroladores são: a Nitron baseada na arquitetura 68HC08, a família 8051 que é a mais conhecida e atualmente fabricada por companhias como Philips, Atmel, Dallas Semiconductors e outras, família ARM da Intel, PIC da Microchip, Série HC da Motorola e Transputers da SGC- Thomson (BARROS; CAVALCANTE, 2015).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo lista-se e descreve o material utilizado para o desenvolvimento da parte física do protótipo (hardware) e os métodos utilizados para realizar a programação do dispositivo e a transmissão de dados.

Para a montagem do módulo de medição foram utilizados os seguintes componentes que podem ser observados na Figura 3.1:

- 1 Sensor ultrassônico
- 1 Arduino Uno Rev3 com cabo USB
- 1 GSM *Shield*
- 1 Cartão SIM
- 1 Antena RF
- 4 Pilhas AA
- 1 Suporte para pilhas
- 1 Painel Solar
- 1 Container
- 5 Parafusos



Figura 3.1 - Componentes utilizados no módulo de medição
Fonte: Elaborado pela autora.

3.1 Arduino

“Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseado em hardware e software de fácil utilização. É destinado para qualquer um fazer projetos interativos.” (ARDUINO, 2015).

O Arduino foi criado em 2005 no Interaction Design Institute localizado na cidade de Ivrea, na Itália. Teve sua criação a partir da necessidade de facilitar e baratear o uso de tecnologia em projetos de alunos de design e arte. O nome Arduino foi retirado de um bar da cidade, onde professores e alunos do Instituto frequentavam (EVANS; NOBLE; HOICHEMBAUM, 2013). Essa plataforma oferece suporte para a fácil utilização do microcontrolador, não sendo necessária a utilização de circuitos em protoboard ou a fabricação de placas de circuito impresso e a realização de soldagem de componentes, processos esses que tornam o a criação de protótipos mais trabalhosa e demorada.

Existem vários modelos das placas de Arduino, o escolhido para a realização do projeto foi o Arduino Uno por possuir memória e número de entradas/saídas suficientes para atender as necessidades do projeto. O Arduino Uno Revision 3 que foi utilizado no projeto, o qual pode ser observado na Figura 3.2, possui microcontrolador da família AVR da fabricante Atmel. As características de hardware do Arduino Uno Rev3, são apresentadas a seguir de acordo com o a Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Características do Arduino Rev3

Microcontrolador	ATmega328
Tensão Operacional	5V
Tensão de entrada (recomendada)	7-2V
Tensão de entrada (limites)	6-20V
Pinos I/O digitais	14 (6 podem ser saídas PWM)
Pinos de entrada analógica	6
Corrente CC pino I/O	40 mA
Corrente CC pino 3,3V	50 mA
Memória Flash	32 KB (ATmega328) 0,5KB usado no bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Velocidade de Clock	16 MHz

Fonte: ARDUINO, 2015.

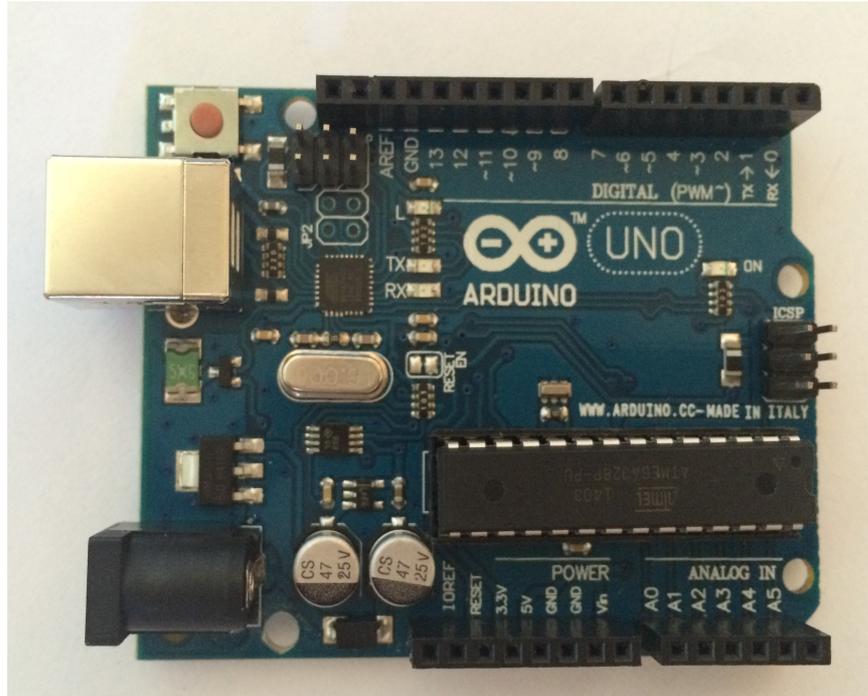


Figura 3.2 - Arduino Rev3
Fonte: Elaborado pela autora.

3.2 Sensor de nível

O sensor escolhido para ser utilizado no projeto, devido as suas vantagens, pode ser observado nas Figuras 3.3 e 3.4.

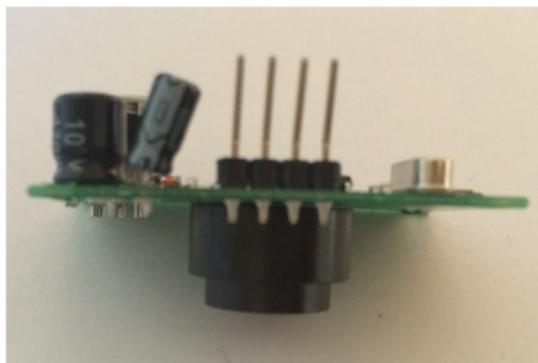


Figura 3.3 - Vista lateral do sensor ultrassônico
Fonte: Elaborado pela autora.

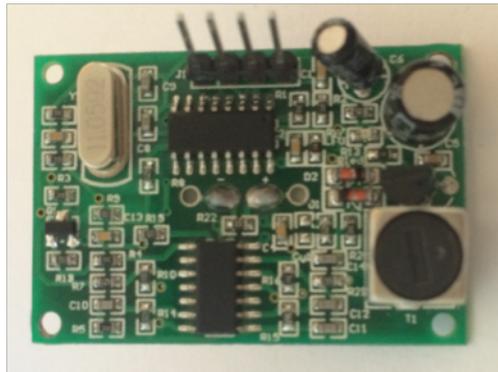


Figura 3.4 - Vista superior do sensor ultrassônico
Fonte: Elaborado pela autora.

A seguir estão descritas na Tabela 3.2, as especificações do sensor ultrassônico utilizado no projeto:

Modelo	DYP-ME007Y
Faixa de detecção	30cm - 3m
Tensão de alimentação	5 V DC
Corrente de trabalho	<20 mA
Resolução	1cm
Sinal de saída de alto nível	5 V TTL
Frequência ultrassônica	40KHz
Modo de saída:	PWM
Serie formulário de saída	9600 n 81
Dimensão	Aprox.. 4x2, 8x2, 3 cm

Fonte: Datasheet do sensor, 2015.

3.3 *Shield* GSM/GPRS

Um *shield* serve para adicionar funções adicionais a plataforma Arduino, como por exemplo comunicação Wi-Fi, controle de motores e acoplamento de sensores.

O *shield* GSM/GPRS possibilita conectar o Arduino à internet usando a rede sem fio GPRS, fazer/receber chamadas de voz e enviar/receber mensagens SMS. Neste trabalho foi utilizado o *shield* GSM/GPRS para realizar a transmissão de dados sem fio utilizando mensagens SMS.

O *shield* utilizado possui *chip* SIM900 que é o responsável pelo controle da placa, é quad-band, trabalha nas frequências 850/900/1800/1900 Mhz. Esse *shield* deve apenas ser encaixado no Arduino, não sendo necessária a realização de nenhum tipo de solda. Para seu funcionamento utiliza-se uma antena de radiofrequência (RF) e há a necessidade de um *chip* *Subscriber Identity Module* (SIM) para que a transmissão de dados possa ocorrer. O *shield* utilizado pode ser observado nas Figuras 3.5 e 3.6.



Figura 3.5 - Vista superior do *shield* GSM/GPRS
Fonte: Elaborado pela autora.

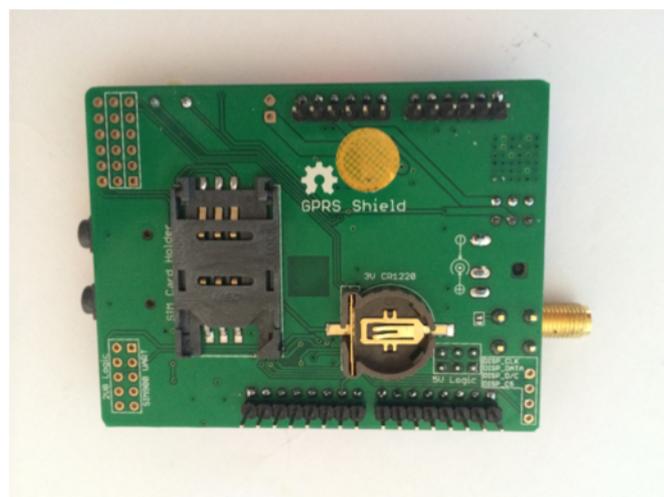


Figura 3.6 - Vista inferior do *shield* GSM/GPRS
Fonte: Elaborado pela autora.

3.4 *Chip* SIM

É necessária a utilização de um *chip* SIM que por sua vez representa um contrato com uma operadora de comunicação móvel. Esse *chip* será inserido no *shield* GSM/GPRS possibilitando assim o uso da rede GSM para o envio das medições realizadas pelo módulo de medição.

O *shield* GSM/GPRS aceita *chip* no formato mini-SIM (25mm de comprimento e 15 mm de largura), que é o maior *chip* existente e de uso comum.

3.5 Célula fotovoltaica

Em 1839 o efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez por Edmund Becquerel, em uma solução de selênio. Em torno de 1880 foi construído o primeiro módulo fotovoltaico que utilizava selênio, o qual possuía 2% de eficiência. Somente a partir de 1950 o primeiro módulo fotovoltaico de silício foi criado após pesquisas realizadas nos Estados Unidos da América (BRAGA, 2008).

As placas fotovoltaicas possuem a radiação solar como sua fonte para a geração de energia elétrica, a radiação solar é uma fonte natural de energia possuindo as vantagens de ser mais limpa e abundante. Esse sistema de transformação de energia solar em energia elétrica utilizando-se células fotovoltaicas é uma forma instantânea de adquirir energia elétrica (TESSARO, 2006).

Sistemas fotovoltaicos precisam de proteção contra corrente reversas, podem ser utilizados diodos de *bypass* e de bloqueio para essa função. Esses diodos conectados em série com as células fotovoltaicas, evitam o aparecimento dessas correntes reversas, afim de evitar o aparecimento de pontos excessivamente quentes, o que poderia vir a prejudicar o funcionamento do sistema (HECKTHEUER, 2001).

Uma placa fotovoltaica foi utilizada no sistema com o intuito de recarregar as quatro pilhas que são utilizadas no módulo de medição. Podendo assim garantir a autonomia energética do dispositivo, visto que o objetivo é evitar ao máximo a dependência de alguma intervenção humana no dispositivo, como por exemplo para realizar a troca das pilhas. Essa placa permite

que o sistema possa ser instalado em locais remotos onde não há energia elétrica ou que seu uso seja inviável. Um exemplo de uma célula fotovoltaica está representado na Figura 3.7:

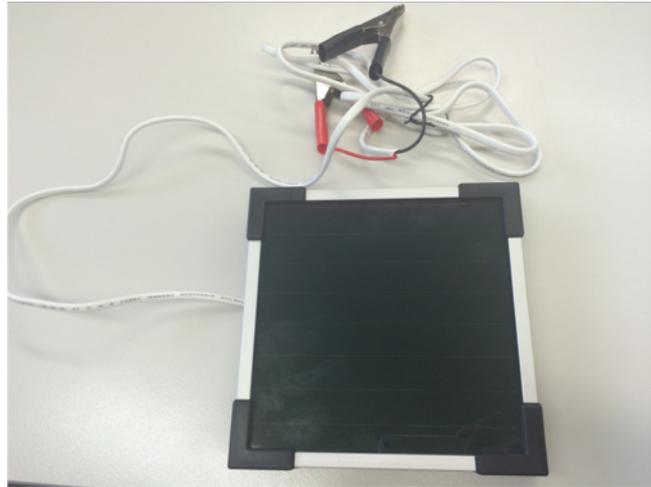


Figura 3.7 - Célula fotovoltaica
Fonte: Elaborado pela autora.

3.6 Programação do Arduino

Para programar o microcontrolador ATmega328 do Arduino, basta conectar o cabo USB em um computador que tenha instalado o software do Arduino, conhecido como Arduino IDE (*Integrated Development Environment* ou Ambiente Integrado de Desenvolvimento). Esse software pode ser baixado gratuitamente no site da empresa Arduino, ele é de código aberto e possui versão para Windows, Mac OS X e Linux. O programa desenvolvido para o projeto do módulo de medição foi baseado na linguagens C/C++.

De acordo com a programação realizada é possível mudar o número telefônico para qual o dispositivo envia os valores medidos, alterar os números de horas entre os intervalos das medições, requisitar uma medição imediata e calibrar o sensor de nível de acordo com a altura da sua disposição para que retorne o valor do nível.

3.7 Comunicação GSM

Global System for Mobile Communications (GSM) é um tipo de protocolo de comunicação sem fio, teve sua origem em 1982 para ser utilizado na Europa, com a finalidade de homogeneizar as tecnologias nacionais anteriormente utilizadas que eram de alto custo. Em 1992, essa tecnologia que já estava sendo utilizada em alguns países da Europa e nos Estados Unidos e chamou atenção internacionalmente (HEINE, 1999).

A rede GSM utiliza uma arquitetura de rede de células. A ideia básica de uma rede de células é a divisão de faixas de frequências disponíveis para uma estação base, de forma que as células vizinhas não utilizam a mesma faixa e para reduzir o alcance de uma estação base fazendo com que as faixas de frequências sejam reutilizadas o mais vezes (HEINE, 1999). Essa estrutura celular pode ser observada na Figura 3.8.

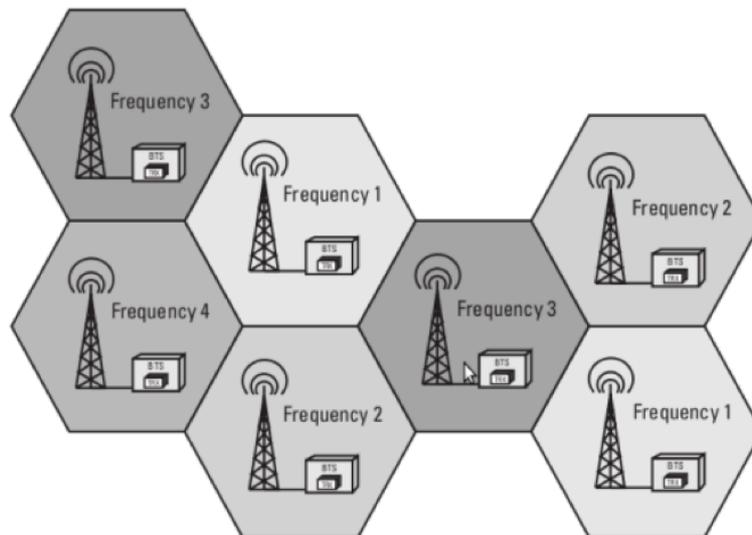


Figura 3.8 - Rede de células da arquitetura GSM
Fonte: HEINE, 1999.

A utilização das redes de telefonia celular para transmitir dados tem sido escolhida como alternativa de rede de comunicação para aplicações como automação comercial, industrial e gerenciamento de energia, gás e água (PIROTTI; ZUCCOLOTTO, 2009).

Para essas aplicações a tecnologia mais utilizada é a GSM. Ela permite a transmissão de

dados a uma taxa de até 9,6 kbits/s, utilizando o serviço *Circuit Switched Data* (CSD). Outros serviços que possuem maior taxa de transmissão foram desenvolvidos para tornar o uso do GSM mais atrativo para a transmissão de dados, como o *General Packet Radio Service* (GPRS) que permite uma taxa de transmissão de até 171 kbits/s (PIROTTI; ZUCCOLOTTO, 2009). E as tecnologias 3G e 4G que permitem trafegar grandes volumes de dados.

Nas situações em que durante a troca de dados é aceitável uma pequena taxa de erro ou uma demora entre a solicitação e o recebimento da informação, o uso da infraestrutura das redes de telefonia celular se torna vantajoso devido ao fato da cobertura ter alcance em praticamente em todo o país, como no caso do Brasil (PIROTTI; ZUCCOLOTTO, 2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a montagem da parte física do sistema proposto e sua programação teve-se como resultado o seguinte módulo de medição conforme mostrado nas Figuras 4.1 e 4.2.



Figura 4.1 - Módulo de medição
Fonte: Elaborado pela autora.



Figura 4.2 - Vista lateral do módulo de medição
Fonte: Elaborado pela autora.

Foram realizados testes em laboratório com o auxílio de uma trena a fim de validar os valores medidos pelo protótipo.

Ao enviar uma mensagem de um celular ao módulo de medição solicitando o valor do nível, ele retorna uma mensagem para o celular com o valor medido.

O módulo para medir níveis obteve um funcionamento satisfatório em ambiente de laboratório, o qual é protegido de intempéries ambientais.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi desenvolvido um protótipo que pode ser usado para monitoramento do nível de cursos de águas e nascentes. O sistema foi testado em laboratório e realizou medições com sucesso do nível de água de um balde e enviou via SMS o valor da medida para um número de celular determinado na programação. O sistema foi projetado para ser autônomo e utiliza pilhas para fornecer a energia necessária para o sistema, foi anexada uma placa solar afim de recarregar as pilhas.

Uma sugestão para trabalhos futuros é a realização de testes em campo, para verificar a confiabilidade e o funcionamento do sistema sujeito as intempéries ambientais, como sol, vento e chuva. Para essa verificação é interessante a realização de testes comparativos entre as leituras do protótipo e o nível indicado uma régua linimétrica, e verificar o funcionamento da placa solar. Outro ponto a ser desenvolvido é a implementação de um sistema que envie os dados diretamente para um computador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Especificações Técnicas - Plataformas de Coletas de Dados - PCDs**. Brasília: ANA; SGH, 2011. 21 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Gestão da Rede Hidrometeorológica**. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/hidroweb.aspx>>. Acesso em: 16 maio 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Inventário das estações fluviométricas**. 2 ed. Brasília: ANA; SGH, 2009. 196 p.

ALMEIDA, A. W. S.; PINTO, M. A. P. **Sensor Eletrônico de Nível**. Belém: Instituto de Estudos Superiores da Amazônia, 2005.

ARDUINO. **Arduino Homepage**. Disponível em: < <http://www.arduino.cc>>. Acesso em: 10 maio 2105.

BOJORGE, N. **Sistemas de Medição de Nível**. Departamento de Engenharia Química e de Petróleo - UFF, 2014.

BRAGA, R. P. **Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro/Escola Politécnica, 2008. 67 f.

CALHEIROS, R. O. et. al. **Preservação e recuperação das nascentes de água e de vida**. 2 ed. São Paulo: SMA, 2006. In: Cadernos da Mata Ciliar / Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Departamento de Proteção da Biodiversidade. 1., São Paulo: SMA, 2009.

CALHEIROS, R. O. et al. **Preservação e Recuperação das Nascentes**. Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ - CTRN, 2004.

CASSIOLATO, C. **Medição de Nível**. São Paulo: Smar, 2010. Disponível em: <<http://www.smar.com/newsletter/marketing/index39.html>>. Acesso em: 20 maio 2015.

CASTRO, L. M. A. et al. **Avaliação das curvas-chaves de vertedores instalados para monitoramento de vazões de cursos de água de pequeno porte**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 20., 2013, Bento Gonçalves. Anais eletrônicos... Bento Gonçalves: ABRH, 2013. Disponível em: < <http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Su>

marios/2ab8f8293074b73a587d7de194e862eb_4a7e9b37c767c5d5e5332264f16855fd.pdf>. Acesso em: 17 maio 2015.

COELHO, V. H. R. **Monitoramento e análise da variação do nível d'água para estimativa da recarga do aquífero livre da bacia do Rio Gramame - PB**. 2011. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - UFPB, João Pessoa.

COSTA, F. M.; BACELLAR, L. A. P.; SILVA, E. F. Vertedores portáteis em microbacias de drenagem. **Rem: Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 60, n. 2, abr./jun. 2007. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672007000200002&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 20 maio 2015.

CPRH. **Medição de Vazão de Efluentes Líquidos - Escoamento Livre - Norma Técnica CPRH N 2.004**. Recife, 2000. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/normas-cprh-2004.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2015.

ENGINEERS WITHOUT BORDERS. **EWB Challenge**. 2014. Disponível em <<http://www.ewbchallenge.org>>. Acesso em: 15 maio 2015.

ENGINEERS WITHOUT BORDERS. **EWB Homepage**. 2015. Disponível em <<http://www.ewb.org.au>>. Acesso em: 15 maio 2015.

EVANS, M.; NOBLE, J.; HOCHENBAUM, J. **Arduino em Ação**. São Paulo: Novatec, 2013.

HECKTHEUER, L. A. **Análise de Associações de Módulos Fotovoltaicos**. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

HEINE, G. **GSM networks: protocols, terminology and implementation**. Norwood: Artech House, 1999.

PINTO, L. V. A. **Caracterização física da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG, e proposta de recuperação de suas nascentes**. 2003. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - UFLA, Lavras, MG.

PIROTTI, R.; ZUCCOLOTTO M. **Transmissão de dados através de telefonia celular: arquitetura das redes GSM e GPRS**. Novo Hamburgo: Revista Liberato, 2009.

SANTOS, I. et al. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o desenvolvimento, 2001. 372 p.

QUINTANILHA, I. M.; ESTEVÃO FILHO, R. M. **Sensores de nível**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2013.

SIGHIERI, L.; NISHINARI, A. **Controle automático de processos Industriais: instrumentação**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.

TESSARO, A. R. **Desempenho de um Painel Fotovoltaico Acoplado a um Rastreador Solar**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2006.

BARROS, E.; CAVALCANTE, S. **Introdução aos Sistemas Embarcados**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <<http://www.cin.ufpe.br/~vba/períodos/8th/s.e/aulas/STP%20-%20Intro%20Sist%20Embarcados.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2015.