Universidade Federal da Bahia
Escola Politécnica/PEI
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial

RAIMUNDO JOSÉ ANDRADE DE MENEZES

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA MICROCONTROLADO PARA DETECÇÃO DE DISTÚRBIOS EM INSTALAÇÕES ELEVATÓRIAS UTILIZANDO MÉTODOS MATEMÁTICOS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Salvador
2014

RAIMUNDO JOSÉ ANDRADE DE MENEZES

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA MICROCONTROLADO PARA DETECÇÃO DE DISTÚRBIOS EM INSTALAÇÕES ELEVATÓRIAS UTILIZANDO MÉTODOS MATEMÁTICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Cezar de Castro Lima

Salvador
2014

TERMO DE APROVAÇÃO

RAIMUNDO JOSÉ ANDRADE DE MENEZES

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA MICROCONTROLADO PARA DETECÇÃO DE DISTÚRBIOS EM INSTALAÇÕES ELEVATÓRIAS UTILIZANDO MÉTODOS MATEMÁTICOS

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia - UFBA, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Antonio Cezar de Castro Lima (Orientador)
Doutor em Electronic Engineering pela University of Kent, Inglaterra
Professor da Universidade Federal da Bahia

Prof. Dr. Auzuir Ripardo de Alexandria (Examinador IFCE)
Doutor em Engenharia de Teleinformática pela Universidade Federal do Ceará, Brasil
Professor do Instituto Federal do Ceará

Prof. Dr. Luiz Márcio Santos Farias (Examinador UEFS)
Doutor em Matemática pela Université de Montpellier II, França
Professor da Universidade Estadual de Feira de Santana

Salvador, 14 de Fevereiro de 2014.

Sistemas de Bibliotecas - UFBA

Menezes, Raimundo José Andrade.
Desenvolvimento de um Sistema Microcontrolado para Detecção de Distúrbios em Instalações Elevatórias Utilizando Métodos Matemáticos/ Raimundo José Andrade de Menezes. - 2014
70 p.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Cezar de Castro Lima.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Bahia e Escola Politécnica, Salvador, 2014.

1. Eficiência Energética - Tecnologia. 2. Sustentabilidade Técnica - Módulo de Controle - 3. Sustentabilidade Ambiental. 4. Instalação Elevatória - Monitoramento. 5. Microcontrolador - Aplicação. I. Lima, Antonio Cezar de Castro. II. Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica. III. Título.

CDD - 004.62
CDU - 004.72

TERMO DE APROVAÇÃO

RAIMUNDO JOSÉ ANDRADE DE MENEZES

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA MICROCONTROLADO PARA DETECÇÃO DE DISTÚRBIOS EM INSTALAÇÕES ELEVATÓRIAS UTILIZANDO MÉTODOS MATEMÁTICOS

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia - UFBA, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Antonio Cezar de Castro Lima (Orientador)
Doutor em Electronic Engineering pela University of Kent, Inglaterra
Professor da Universidade Federal da Bahia

Prof. Dr. Auzuir Ripardo de Alexandria (Examinador IFCE)
Doutor em Engenharia de Teleinformática pela Universidade Federal do Ceará, Brasil
Professor do Instituto Federal do Ceará

Prof. Dr. Luiz Márcio Santos Farias (Examinador UEFS)
Doutor em Matemática pela Université de Montpellier II, França
Professor da Universidade Estadual de Feira de Santana

Salvador, 14 de Fevereiro de 2014.

AGRADECIMENTOS

A dissertação que agora se apresenta resultou de um trajeto ao longo do qual recebi grande apoio e estímulo. Neste sentido, os méritos que ela possa ter, devem-se as contribuições de várias pessoas. Foram elas que tornaram este trabalho possível, assim, expresso a todos a minha mais profunda gratidão.

Gostaria de destacar o papel desempenhado pelo meu orientador, Prof. Antonio Cezar, que durante este processo de orientação conduziu-me ao conhecimento e ao despertar para ciência, em que pequenos momentos de encontro vinham revelar um mundo de possibilidades. Agradeço o respeito, a confiança depositada, o estímulo e incentivo, bem como a palavra amiga nas horas difíceis.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia, pelos saberes transmitidos e interesse despertado para o aprendizado do novo. Muitos deles foram responsáveis por tornar este projeto possível.

Não poderia deixar de agradecer aos funcionários da secretaria do PEI, em especial a Tatiane, (nossa querida Tati), sempre disposta a atender e dar uma palavra de conforto.

Agradeço ao Professor Diogenes Senna pela parceria e pelos conhecimentos transmitidos na área de Hidráulica.

A minha família por sempre acreditar em mim, pela compreensão das ausências e pelo apoio incondicional.

Um agradecimento especial a minha esposa Alexsandra pelo companheirismo em todos os momentos, compartilhando aflições e alegrias.

RESUMO

Atualmente, o processo de recalque de água fria em estruturas residenciais e prediais não possuem muitos mecanismos de monitoramento permanente quanto ao seu ciclo de funcionamento desde a admissão até a distribuição. Este trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema microcontrolado para detectar distúrbios em instalações elevatórias de casas e edifícios (comerciais ou residenciais) que possuam uma topologia padrão de abastecimento, estoque, recalque e distribuição de água fria. Após a detecção do problema, o sistema será capaz de identificar e informar via SMS *(Short Message Service)* ao proprietário, operador ou responsável pela manutenção predial sobre o mau funcionamento ou a interrupção de abastecimento da malha hidráulica a fim de que sejam evitados prejuízos provocados pelo desperdício deste importante recurso hídrico. Os modelos empíricos matemáticos de *Philipp Forscheimmer*, autor de livros e métodos na área de instalações hidráulicas e sanitárias estudadas e aplicadas em todo o mundo foram utilizados como parâmetros de normatização na atuação do módulo de controle. A inteligência agregada ao sistema através de algoritmos de programação arduino fez com que o sistema também pudesse detectar o maior número de distúrbios possíveis, reconhecendo a necessidade de manutenção corretiva de componentes essenciais ao funcionamento da instalação elevatória. Pautado nas sustentabilidades técnica, ambiental e na eficiência energética, o propósito então é que este *hardware* seja um sistema vigilante presente nas praças de bomba de todas edificações (edifícios, casas, estabelecimentos comerciais, hospitais etc.), haja vista o custo reduzido de fabricação e comercialização garantidos pela sua flexibilidade de instalação e ausência de componentes onerosos.

Palavras-chave: Instalação Elevatória, Eficiência Energética , Microcontrolador, Anomalias em redes hidráulicas, Racionalização de água em prédios.

ABSTRACT

Currently, the hold pressure process of cold water in residential and building structures does not have any kind of permanent monitoring as to their operating cycle from admission to distribution. This project consists of the development of a microcontroller system to detect disturbances in pumping installations for homes and buildings (commercial or residential) that have a standard topology supply, stock, hold pressure and distribution of cold water. After the detection of a problem, the system will be able to identify and report via SMS (Short Message Service) to the owner, operator or responsible person for building maintenance on the malfunction or interruption of supply network pressure so that losses caused by waste of this important water resource can be avoided. The empirical mathematical models of Philipp Forscheimmer, (author of books and methods in the area of hydraulic and sanitary facilities, studied and applied worldwide) were applied as parameters for standardization of the control module. The itelligence added to the system through Arduino progamming algorithms meant that the system could also detect the largest number of possible disorders , recognizing the need for corrective maintenance of essential components to the operation of the pumping installation. Guided by technical, environmental and energy efficiency sustainabilities, the purpose is that this hardware is a supervisor system present in the pump rooms of all buildings (houses, commercial establishments, hospitals etc.) A low manufacturing and marketing cost is guaranteed because of the system's installation flexibility and absence of costly components.

Keywords: Pumping Installation, Energy Efficiency, Microcontroller, Anomalies in hydraulic networks, rationalization of water in buildings.

LISTA DE FIGURAS

2.1 Exemplo de Sistema Supervisório Industrial 10
2.2 Sistema LeakFrog. 11
2.3 Dispositivo ultilizado em Londres. 13
2.4 Exemplo de funcionamanto do Leak Frog londrino. 13
2.5 Condutores elétricos aparentes. 15
2.6 Sistema similar. 16

3.1 Placa arduino. 19
3.2 Display LCD 2x16. 22
3.3 Topologia atual do reservatório inferior. 22
3.4 Componentes do sistema. 24
3.5 Nova topologia 26
3.6 Atual estrutura de comando elétrico da bomba. 27
3.7 Modem e relé. 29
3.8 Comandos elétricos. 31
3.9 Oscilação ondular. 34
3.10 Módulo de controle 37
3.11 Exemplo de cálculo do comprimento virtual 41

4.1 Estrutura montada para testes 47
4.2 Protótipo em fase de finalização 50
4.3 SMS recebida de Falha geral de Alimentação. 51

LISTA DE TABELAS

3.1 Consumo específico em função do tipo de prédio 36
3.2 Taxa de ocupação para prédios públicos ou comerciais 38
3.3 Código dos distúrbios recebidos via SMS 43
3.4 Lista de códigos enviados pelo usuário 45
3.5 Comandos AT iniciais 45

5.1 Custo dos componentes utilizados 54

CONTEÚDO

Capítulo 1—Introdução 1

1.1 Organização da Dissertação 5
1.2 Depósito de Patente 6

Capítulo 2—Sistemas FDDs (Fault detection and diagnosis) Hidráulicos 7

2.1 Dispositivos Internacionais no Mercado 11
2.2 Dispositivos Nacionais 14
2.3 Construção do sistema 16
2.4 Conclusão 17

Capítulo 3—Materiais e Método 18

3.1 Requisitos do Sistema 19
3.2 Materiais 21
3.2.1 Comandos Elétricos da Instalação Elevatória 26
3.3 Interface de Comunicação 28
3.4 Método 29
3.4.1 Sensores ultrassônicos 32
3.4.2 Sequenciamento 37

Capítulo 4—Aplicação e Resultados 46

4.1 Algoritmos 47
4.2 Resultados 49

Capítulo 5—Análise Mercadológica 53

5.1 Trabalhos Futuros 54
5.2 Conclusão 56

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Uma problemática bastante evidenciada hoje em dia, diz respeito ao consumo e desperdício de um dos essenciais meios energéticos do mundo - a Água. Neste contexto, então surge a preocupação com desperdícios e mau aproveitamento deste recurso imprescindível ao saneamento e abastecimento urbano, uma vez que estes chegam a demandar até sessenta e cinco porcento em relação ao total da distribuição urbana segundo a Agenda Bahia 2013. Conforme [1], a perda começa nas redes de distribuição e abastecimento piorando nos destinos industriais, prediais e residenciais.

É sabido que as concessionárias e distribuidoras de água, não são responsáveis e não possuem ferramentas de identificação de problemas gerados por distúrbios na admissão e distribuição de água nas unidades consumidoras. Ou seja, sua obrigação com o abastecimento, encerra-se no momento em que supre a demanda de uso e capacidade do Reservatório Inferior RI.

Atualmente, os problemas na admissão ou distribuição destas unidades são revelados apenas quando seu faturamento de consumo mensal é recebido e esta demora na descoberta de distúrbios silenciosos e identificação de agentes causadores são os principais responsáveis por comprometimentos estruturais (em formas de fissuras e infiltrações, por exemplo), e por prejuízos causados pela oneração da folha de despesas.

Como lembra [2], a preocupação com componentes e conexões que compõem a malha hidráulica nas unidades consumidoras deve ser maior entre a admissão no reservatório inferior e a distribuição pelo reservatório superior. A grande maioria dos edifícios e condomínios mais antigos, que possuem o sistema de recalque de água, já sofreu ou vem sofrendo com o desgaste natural de suas peças, e quando são substituídas, seus administradores ou proprietários utilizam o critério de similaridade e não de especificação por falta de compatibilidade estrutural (haja vista componentes mais novos possuírem

conexões modificadas) ou por questões de viabilidade econômica e financeira.

A falta de manutenção das instalações hidráulicas prediais têm conduzido a falhas de diversas ordens. O tempo dispendido na fase de projeto é exíguo, resultando na adoção de soluções padrão, muitas vezes inadequadas para o edifício em estudo [3]. Somando-se a isso o desconhecimento por parte de determinados profissionais da área de projetos e manutenção, é de se esperar que precocemente, a instalação elevatória (IE) entre em processo de desgaste.

Este sistema foi desenvolvido para monitoramento e gerenciamento do ciclo de água fria no circuito de recalque das instalações elevatórias das estruturas que utilizem este recurso hídrico exclusivamente para fins de consumo. Desta forma sua aplicação restringe-se à residências e prédios. Atualmente no mercado, existem propostas similares de gerenciar este recurso, no entanto através das revisões de literatura foi constatado que o máximo que tais sistemas conseguem garantir é que o consumidor possua a informação aproximada dos níveis dos reservatórios inferiores RI e superiores RS.

Estes dispositivos encontrados no mercado, constam de pequenos circuitos analógicos sem inteligência agregada com leds indicando aproximadamente o nível de fluido em cada reservatório. Nestes sistemas não existe precisão de nivelamento tampouco de comando dos dispositivos elétricos. Após revisão de literatura foram catalogados muitos mecanismos que oferecem proteção elétrica à motobomba, porém não há registro de um sistema que realize monitoramento do funcionamento e dos componentes da instalação elevatória através de um microcontrolador atuante.

Algumas empresas voltadas à área de tecnologia possuem mecanismos detectores de grandes vazamentos com a presença de sensores acústicos ou de pressão negativa. Essas empresas são contratadas por indústrias e companhias de Saneamento a preços exorbitantes para monitoramento e controle do abastecimento urbano afim de identificar um possível rompimento de tubulação ou falha de processo de bombeamento. Por limitações de funcionalidade e de preço, estes dispositivos, não são comercializados para edificações prediais e residenciais.

No Brasil e em boa parte do mundo, as edificações verticalizadas com pavimentos superiores, possuem uma topologia padrão de dois reservatórios, sendo um inferior (maior volume), outro superior (menor volume) e uma motobomba para recalcar a água de um reservatório para o outro. O reservatório inferior é alimentado diretamente pela companhia de abastecimento urbano sendo esta alimentação cessada por uma torneira-bóia que veda a entrada de água assim que o reservatório atinge seu volume máximo a fim de evitar extravaso do líquido. Nos reservatórios encontram-se instaladas bóias de nível (mais antigas de mercúrio) ou eletroníveis (mais atuais com microswitch) que acompanham o nível de água dentro dos reservatórios e quando estes atingem um determinado máximo ou mínimo, os contatos que são normalmente abertos (NA) ou normalmente fechados (NF) são acionados passando corrente elétrica para as contatoras da casa de bombas e essa por sua vez realiza ou não o seu acionamento.

A grande parte dos distúrbios são ocasionados pelo mau funcionamento destes e outros componentes sendo o distúrbio constatado após a interpretação humana; ocasionando problemas de ordem financeira, ambiental e estrutural devido ao atraso na intervenção corretiva e preventiva conforme sinaliza [4]. Nos casos de avaria na torneira - bóia, o reservatório inferior transborda elevando o consumo. Já na falha do eletronível inferior e superior, podem ocorrer extravasos sem a devida interrupção da motobomba ou a mesma pode entrar em operação sem que haja água para ser recalcada, ocasionando um aumento de corrente elétrica e queima do aparelho. O elenco de distúrbios supracitados são exemplos de situações que poderiam ser evitadas caso houvesse um módulo de controle monitorando o funcionamento da admissão, estoque, recalque e consumo de água.

Este sistema proposto tornou-se uma espécie de vigilante da instalação elevatória, através da substituição de alguns componentes e implementação de sensores que proporcionem segurança e rapidez das informações, que possuam uma interface de fácil interação com o usuário e flexibilidade na instalação. A intenção é torná-lo instalação residente e essencial nos processos de RAF (Recalque de Água Fria). Através dele o gestor, proprietário ou responsável técnico, terá acesso em tempo real à todos os parâmetros de funcionamento da instalação elevatória e saberá quando, onde e porque o distúrbio ocor-

reu. Por se tratar de um sistema físico e com comunicação remota, o usuário terá acesso às informações e comandos do sistema à distância, limitado apenas pela presença de sinal da operadora de telefonia celular uma vez que estas informações também serão enviadas e recebidas via SMS *(Short Message Service)* pelo modem após sinais digitais e analógicos enviados pelo microcontrolador.

Em busca da versatilidade, este módulo de controle agregou praticidade e tecnologia embarcada suficiente através da associação de *hardwares* e componentes eletrônicos capazes de gerenciar e informar instantaneamente o operador responsável sobre algum possível problema, antes mesmo que ele possa acontecer, ou seja, agindo de forma preventiva e corretiva, sendo o microcontrolador o grande gerenciador e organizador de pacotes recebidos dos 04 (quatro) sensores instalados entre o ramal de distribuição do reservatório superior e o ramal de admissão no reservatório inferior.

Os processos de admissão, distribuição e recalque, estarão sendo constantemente monitorados pelo sistema vigilante sendo qualquer eventualidade reportada instantaneamente via SMS para o celular ou smartphone do responsável especificando o tipo de distúrbio ocorrido, tendo o responsável ou técnico a possibilidade de interrupção da distribuição ou admissão também através de um SMS, caso o problema apresentado possa trazer graves consequências imediatas.

Além das funções de reconhecimento de manutenção preventiva, corretiva e da atuação remota, o sistema ainda será capaz de dimensionar e informar ao usuário todas as especificações que os componentes hidráulicos e elétricos precisam ter para um funcionamento correto baseados na topologia estrutural de cada realidade através da inserção de dados de entradas (volume dos reservatórios superior e inferior, alturas geométricas, numero de pavimentos, número de dormitórios e tipo de edificação). Com esses dados então, o algoritmo será capaz de efetuar cálculos de tempo de funcionamento da bomba, consumo per capta, diâmetros de recalque e sucção, vazão de recalque, perda das cargas unitárias e universais, rendimento e potência da motobomba.

Já os resultados esperados são: Potência ideal da motobomba, diâmetros ideais das tu-

bulações de recalque e sucção, geração de códigos dos distúrbios, número dos dispositivos cadastrados, níveis dos reservatórios, tempo de consumo até escassez total do fluido nos reservatórios, alarmes de manutenções preventivas e corretivas, alarme de falha elétrica geral e corrente da motobomba, além do contador de registro de acionamentos diários.

1.1 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: o Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica do projeto, descrição do que existe de mais recente sobre o tema na literatura e técnicas utilizadas no trabalho de forma a evidenciar as colaborações realizadas durante o desenvolvimento deste sistema.

No Capítulo 3 são discutidas as etapas de desenvolvimento do sistema bem como toda descrição em detalhes dos componentes adquiridos ou construídos ao longo do processo de fabricação do protótipo. Neste capítulo também são evidenciadas as propostas iniciais e os alcances reais conquistados através das associações de componentes elétricos e eletrônicos que compõem a malha de *hardware* do módulo de controle.

Deste modo, o Capítulo 4 complementa o Capítulo 3 com o detalhamento mais aprofundado sobre os resultados e apresentação dos dados obtidos na análise de desempenho do sistema. São descritos as etapas de simulação de falhas em consonância com as demandas estudadas e a capacidade do módulo inteligente de identificar, interpretar e avisar sobre a anomalia em andamento.

O Capítulo 5 traz a conclusão através de uma análise mercadológica e reflexões sobre a possibilidade de aquisição e instalação deste sistema por parte das estruturas residencias e prediais. Além da conclusão, são apresentados possibilidades de trabalhos futuros e desenvolvimento de melhorias que consigam contemplar um maior número de variáveis.

1.2 DEPÓSITO DE PATENTE

O reconhecimento deste sistema como potencialmente inovador, foi aprovado pela COMITEC do NIT (Núcleo de Inovação Tecnológica) da UFBA através do aceite de depósito de patente tendo como inventores os subcitados.

- MENEZES, Raimundo José Andrade; LIMA, Antonio Cezar de Castro. Sistema Microcontrolado para detecção de distúrbios em redes hidráulicas. BR102013033423-5.

CAPÍTULO 2

SISTEMAS FDDS (FAULT DETECTION AND DIAGNOSIS) HIDRÁULICOS

O presente capítulo trata sobre as características de sistemas que possuem em suas funcionalidades, propostas similares a do objeto deste trabalho. As tecnologias de detecção de falhas, tem sido largamente desenvolvidas e utilizadas em sistemas integrados de manufaturas, e outros módulos industriais com automação possuindo inúmeras formas de atuação e de componentes. Os Processos industriais modernos possuem milhares de variáveis e são muito difíceis de gerenciar no caso de um evento anormal, causando uma verdadeira chuva de alarmes. Tais sistemas precisam possuir alta tecnologia embarcada com uma variedade de sensores tamanha que ocasionam a oneração do mesmo, tornado-o realidade exclusiva de grandes corporações.

Conforme aponta [5] no campo de gerenciamento de água nestas instalações ainda faltam grandes incentivos para aproveitamento e reuso de recursos que sejam potencialmente aproveitados como matéria-prima de outros produtos. Já [6] alerta que cerca de 37 por cento do volume de água nas unidades consumidoras são perdidas haja vista falha no gerenciamento e acompanhamento por parte dos proprietários. Já vinte e três por cento do total do volume hídrico disponibilizado e ofertado pelas companhias de saneamento são perdidas através de vazamentos e distúrbios diversos.

Atualmente, soluções ligadas à sustentabilidade estão sendo incessantemente discutidas nas diversas esferas da sociedade e a economia de recursos hídricos está entre os assuntos que mais exigem atenção. De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) do Ministério das Cidades, o índice de perdas por distribuição (IPD) de água no Brasil gira em torno de 37,4 porcento. Os sistemas de abastecimento e de esgotamento sanitário, são responsáveis por, aproximadamente, três por cento da energia consumida no mundo. No Brasil a situação não é diferente e, de

acordo com dados de 2008 do Programa Nacional de Conservação de Energia para o setor de Saneamento (PROCEL SANEAR), entre 2 e 3 por cento do consumo total de energia elétrica no nosso país, o equivalente a cerca de 10 bilhões de kWh/ano, são consumidos por prestadoras de serviços de água e esgotamento sanitário. Este consumo refere-se aos diversos usos nos processos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, com destaque para os equipamentos motobomba das estações elevatórias, que são responsáveis por 90 por cento da energia consumida.

Parte significativa da energia gasta nos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário se deve à ineficiência destes sistemas. O pesquisador da área de recurso hídrico, [7] diz que atualmente no mundo, em média, 25 por cento da energia gasta nestes sistemas se deve à ineficiência energética e que esta ineficiência é derivada do emprego de equipamentos de bombeamento de baixo rendimento (obsoletos, antigos ou mal dimensionados), do excesso de perda de carga hidráulica nas linhas adutoras e nas tubulações das redes de abastecimento, da ausência de manutenção, das perdas reais de água, dentre outros fatores.

Nos últimos anos, em virtude, principalmente, da repercussão do custo energético na operação dos sistemas de abastecimento, as empresas prestadoras de serviços de saneamento estão buscando adotar medidas para aumentar a eficiência energética e, consequentemente, diminuir seus custos operacionais. Para [8], o combate à diminuição do excesso do consumo de energia, provocado pela ineficiência energética, sem que haja comprometimento da qualidade do serviço de abastecimento, depende de um conjunto de ações nas áreas das engenharias hidráulica, mecânica e elétrica.

Segundo, [9], de uma maneira geral, os diagnósticos e as ações de engenharia voltadas para solucionar os problemas da ineficiência energética em sistemas de bombeamento não são realizados por uma equipe multidisciplinar, que envolva profissionais com domínios técnicos nos campos da hidráulica, da mecânica e da elétrica. A falta de uma inter-relação entre os ramos das engenharias, antes apontados, tem dificultado, consideravelmente, os diagnósticos e as ações de combate às perdas de energia em sistemas de bombeamento,

voltados para o abastecimento de água e esgotamento sanitário.

De forma similar, cada estrutura (predial, residencial ou comercial) que possui em sua composição de recalque de água fria, uma estação elevatória dotada de motobomba e conexões hidráulicas, sofrem com processos originados de distúrbios em seu funcionamento, ocasionando interrupções no fornecimento de água nesta estrutura bem como comprometimentos estruturais e prejuízos financeiros. Atualmente o consumidor individual só percebe que existe algo de anormal na cadeia de fornecimento e distribuição de água ao verificar a ausência desta nos pontos de consumo final (chuveiros, torneiras, etc.). A partir deste momento, o problema já pode ter se agravado e comprometido os demais componentes que de alguma forma foram afetados, ocasionando prejuízos materiais, ambientais, técnico e financeiro. Tendo como motivação estes dados explanados, o sistema foi desenvolvido para monitorar e gerenciar todo o processo, informando o usuário ou usuários responsáveis antes mesmo do problema ocorrer, bem como de forma autônoma, remota e instantânea permitir ações preventivas e corretivas nos casos de risco potencial de falta de abastecimento.

Ainda durante a fase de catalogação na literatura de dispostivos com propostas similares, e em busca da verificação de especificações técnicas específicas, contatou-se que nas esferas industriais e comerciais, evidencia-se uma gama de sistemas e sensores capazes de monitorar e gerenciar o controle de grandes vazões de água no abastecimento urbano, porém por se tratar de empresas com grandes demandas de verificação e monitoramento, prestadoras de tecnologia são contratadas a preços exorbitantes em virtude da complexidade da malha hidráulica e pelo preço de produção final dos sistemas específicos que exigem enormes quantidades de sensores e mecanismos pneumáticos e hidráulicos, onerando sobremaneira estes custos de vigilância hidráulica.

Nestes tipos de sistemas, o usuário mantêm todo o processo químico ou industrial constantemente controlado através de informações de parâmetros e variáveis visualizadas em interfaces de comunicação gráficas conforme exemplificado na figura 2.1. O intuito é que o usuário e operador não possuam dificuldades em interpretar as informações pro-

cessadas em toda etapa de funcionamento do sistema. O automatismo e e execução das tarefas na grande maioria dos casos possuem como responsáveis algum módulo de inteligência embarcada, como por exemplo, microprocessadores, microcontroladores associados a combinações algorítmicas possibilitando o uso de inteligências artificiais (redes neurais e nebulosas).

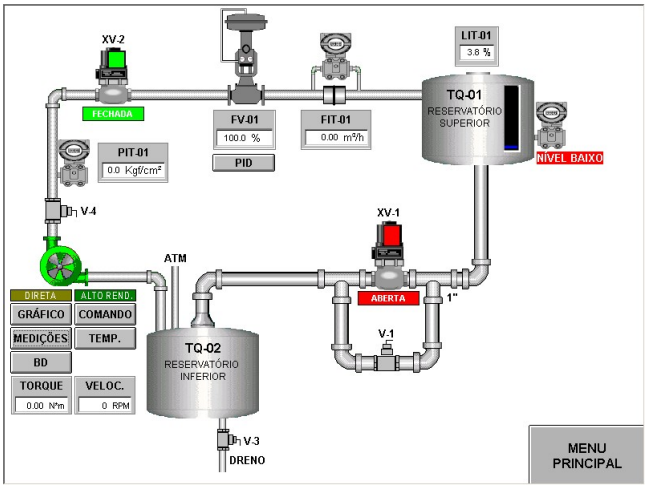


Figura 2.1. Exemplo de Sistema Supervisório Industrial
Fonte: Mecatron Serviços

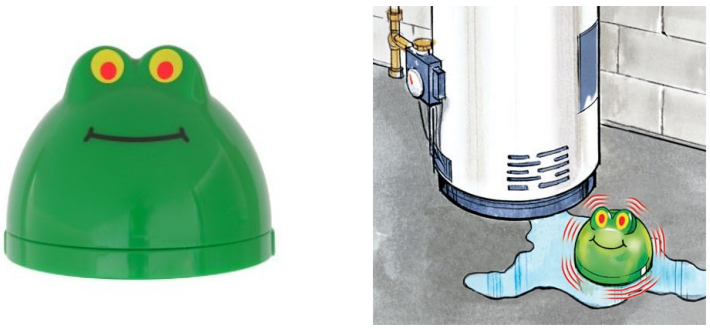
A partir da idéia de funcionamento destes mecanismos de controle e processos através de incorporação de sistemas de detecção de falhas e diagnósticos *FDD*, contra falhas e tecnologia embarcada, este projeto incorporou as macro necessidades de grandes empresas e indústrias em uma micro aplicação visando a eficiência energética de prédios e residências que representam percentuais elevados de consumo de água fria na esfera urbana. A intenção foi engajar os responsáveis, proprietários ou operadores de instalações elevatórias de casas e edifícios sobre o andamento do processo de recalque em sua essência de funcionamento, bem como alertá-lo sobre alguma anomalia que possa lhe trazer prejuízos futuros ou imediatos.

Dentro deste contexto existem alguns dispositivos que contemplam parcialmente a necessidade dos usuários residenciais que possuem baixo valor de aquisição haja vista sua limitação de função. Durante a etapa de revisão de literatura prevista no cronograma de tarefas deste projeto, em busca de sistemas similares ou dispositivos que possuam corre-

lação direta ou indireta com as propostas deste trabalho, foram catalogadas e estudadas potencialidades diferentes e particulares.

2.1 DISPOSITIVOS INTERNACIONAIS NO MERCADO

Um dos dispositivos estudados possue o nome de *LeakFrog* fabricado por uma empresa norte americana com o mesmo nome do dispositivo. Trata-se de um sensor de fluido instalado na parte inferior do módulo com uma aparência de um sapo que o deixa esteticamente avalizado conforme figura 2.2 para o marketing mercadológico. A simplicidade e versatilidade no uso do aparelho que dispensa instalação torna-o economicamente viável para aquisição por qualquer proprietário que queira investir exclusivamente em prevenção de vazamento de água. O aparelho pode ser colocado em qualquer lugar da estrutura (banheiros, salas, dormitórios,etc) e tão logo o sensor detecte a presença de água, o módulo dispara um alarme sonoro de média intensidade afim de alertar a quem estiver próximo que existem problemas naquele ponto.



(a) Aparência Comercial. (b) Método de atuação.

Figura 2.2. Sistema LeakFrog.
Fonte: Site da LeakFrog

O *LeakFrog* trata-se de um sistema de uso caseiro com o único objetivo de detecção de vazamentos. Nestes casos o usuário poderá agir de forma corretiva para sanar o distúrbio apenas nos casos de proximidade do mesmo com o módulo de controle. Dispositivos do gênero são largamente utilizados em residências norte-americanas, quando seus proprietários viajam por um determinado intervalo de tempo e precisam monitorar a possibilidade de

pequenos vazamentos. Em alguns distritos, o desperdício quando constatado por órgãos competentes de fiscalização, o proprietário fica sujeito a multa ou interrupção do serviço pelo tempo necessário correspondente a quantidade de litros desperdiçados julgado pelo representante fiscal. Estas ações municipais norte americanas são constantemente aplicadas em prédios nos casos de denúncias realizadas por condôminos dos apartamentos afetados por infiltrações causadas por vazamentos nas tubulações hidráulicas de vizinhos. Sendo assim muitos proprietários optam por investir neste dispositivo e deixar a chave de seu apartamento com o vizinho mais próximo ou de confiança que esteja dentro da faixa audível do disparo sonoro do alarme.

Já na Inglaterra, outro dispositivo no segmento de atuação da *LeakFrog* foi desenvolvido em parceria com a *Thames Water*, empresa de água londrina. O dispositivo mostrado na figura 2.3 que leva o mesmo nome de sua fabricante, revelou-se um recurso valioso na redução da quantidade de água perdida nos mais de 10.000 quilômetros de tubulações enterradas em Londres. Enquanto o uso do *Leakfrog* tem aumentado, a Thames Water, tem reduzido as suas fugas, por quatro anos consecutivos, totalizando uma queda de 20 por cento nas perdas de água por vazamentos nas tubulações. O dispositivo *Leakfrog* de monitorização, detecção e medição de fugas de água doméstica é uma criação de funcionários da própria *Thames Water* e desenvolvido numa parceria com a *Qonnectis* (Empresa local de tecnologia) permite que os serviços de água monitorem as fugas de água nas casas de seus usuários, reduzindo o volume perdido com vazamentos e prevenindo danos às edificações.

Em 2006 a *Thames Water* acordou com a agência reguladora, *Ofwat*, um investimento de 150 milhões de libras de seus próprios recursos para substituição por envelhecimento das tubulações da era vitoriana em Londres, para evitar multa por não atingir a sua meta de perdas por fugas.

Assim, o objetivo da empresa de água com o uso desse equipamento é complementar este programa de substituição de redes com a redução de 25 porcento do total das perdas de água por fuga, cerca de 170 milhões de litros que são oriundas das instalações dos seus

Figura 2.3. Dispositivo ultilizado em Londres.
Fonte: Site da Thames Water

clientes e de difícil identificação e contabilização.

A figura 2.4 exibe leituras do *Leakfrog* após um período de utilização. O ícone com a imagem de um sapo no canto superior esquerdo está piscando, indicando o incorreto funcionamento da unidade. O valor exibido é (0006) indicando um intervalo máximo entre pulsos de 6 segundos, desde que a unidade foi ativada. Supondo que o medidor de água (hidrômetro) está calibrado para 1 litro por pulso, um valor de (0006) significa que um litro de água atravessa o medidor a cada 6 segundos. Isso equivale a uma vazão mínima de aproximadamente 10 litros por minuto, o que indica um vazamento significativo.

Figura 2.4. Exemplo de funcionamanto do Leak Frog londrino.
Fonte: Site da Thames Water

Na imagem central da figura 2.4, o valor exibido é (0021) que indica um intervalo máximo entre pulsos de 21 segundos, desde que a unidade foi instalada. Supondo que o medidor está calibrado para 1 litro por pulso, um valor de (0021) significa que um litro de água passa através do hidrômetro a cada 21 segundos. Isso equivale a uma vazão mínima de aproximadamente 3 litros por minuto que indica um vazamento. Por fim, na imagem da direita, o valor exibido é (9999) indicando um intervalo máximo entre pulsos

de 9999 segundos, desde que a unidade foi ativada. 9999 segundos representa um período de quase 3 horas. Neste momento o *Leakfrog* irá parar a contagem e preservar a energia da bateria, deixando o (9999) no visor e cessando a pulsação do ícone sapo (tempo do ciclo de aproximadamente 1 segundo). Um valor de (9999) indica que não existe vazamento. Quanto maior o valor exibido no *Leakfrog*, menor a possibilidade do distúrbio.

2.2 DISPOSITIVOS NACIONAIS

Nos casos apresentados sobre sistemas e dispositivos internacionais catalogados, todos possuem como única e exclusiva preocupação o desperdício de água e estão focados em um único distúrbio que é o vazamento. Essa realidade estende-se também para as unidades nacionais de combate ao desperdício, que também não representam parcela significativa do ponto de vista comercial. A grande maioria dos sistemas atuais não possuem nenhum controle apurado de automação no que tange a supervisionar as instalações elevatórias das edificações brasileiras. Isto deve-se a falta de uma política efetiva de incentivo ao desenvolvimento de novos produtos através de fomentos desburocratizados.

Nas instalações elevatórias existentes em edificações de todo o mundo, os componentes responsáveis pelo recalque de água fria sofrem muitos desgastes haja vista o uso constante ou por falta de adequação à NBR 5626 ficam sujeitos a interferência de agentes externos inclusive intempéries climáticas. Em uma simples e rápida visita nas casas de bomba das edificações, fica evidenciado o descaso dado às instalações elevatórias (como evidenciado na figura 2.5) por parte dos edifícios com a estrutura responsável pelo fornecimento e distribuição de água fria interna. Muitas das instalações (principalmente nas estruturas mais antigas), passam por um processo de degradação física comprometendo os componentes elétricos hidráulicos bem como a segurança do usuário.

Neste tipo de instalação, os distúrbios tendem a se tornar constantes caso sejam frutos de descaso na conservação e manutenção preventiva dos equipamentos. Atualmente, as edificações sejam prediais, comerciais ou residenciais detectam o problema quando ele já ocorreu, ou seja, quando ocorre a escassez de água no reservatório superior e por

Figura 2.5. Condutores elétricos aparentes.

conseguinte falta de água nos pontos de consumo. A idéia deste projeto centra-se no monitoramento, gerenciamento e sobretudo aviso prévio sobre algum distúrbio gerado, proporcionando comodidade e satisfação para o usuário ou proprietário da edificação.

Além do fator de descompromisso por parte dos gestores, os componentes estão sujeitos à escassez de vida útil ou danos causados pelo desgaste natural. Seja qual for o motivo de interrupção da admissão e distribuição de água nestas estruturas, o sistema será capaz de informar o operador sobre o problema ocorrido bem como efetuar ações corretivas por SMS. Esta praticidade é um viés importantíssimo em caso de distância do operador com sua residência. Assim que o mesmo recebe a mensagem SMS contendo informações do distúrbio, o usuário pode solicitar a interrupção de funcionamento do sistema haja vista sua incerteza de danos causados a estrutura.

No Brasil existem alguns dispositivos que assemelham-se à proposta deste trabalho como ilustrado na figura 2.6, porém todos artesanais e sem nenhuma inteligência agregada ao corpo do *hardware* que automatize o processo de recalque de água fria. Estes sistemas cumprem tão somente as funções de identificação do nível de água nos reservatórios superiores e inferiores através da instalação de leds ou seja, sem precisão de volume, bem como a interrupção do funcionamento da motobomba nos casos previstos no funcionamento de equipamentos de proteção elétrica. Além dos requisitos de autonomia, reconhecimento, diagnóstico e aviso instantâneo como propostas deste projeto, o microcontrolador atuante

é programado com modelos matemáticos retirados da literatura mundial de instalações hidráulicas e sanitárias bem como foram elaborados modelos algorítmicos para cálculos de volume e de variação de ondas dentro do reservatório.

Figura 2.6. Sistema similar.
Fonte: Site da BOMBAC

O modelo escolhido para esta aplicação foi o de *Phillip Forscheimmer* em virtude deste modelo contemplar os cálculos de todas variáveis necessárias à instalação dos componentes elétricos e hidráulicos. Através deste método, foi possível confrontar os resultados gerados com a realidade topológica daquela estrutura em questão e assim tornar possível a identificação de erro pelo microcontrolador e disparar as informações ao modem GSM que por sua vez enviará mensagem de texto para o número cadastrado no sistema. Este projeto tende a ser um módulo de controle verdadeiramente atuante e residente em edificações com instalações elevatórias haja vista completude das demandas atuais.

2.3 CONSTRUÇÃO DO SISTEMA

Após levantamento de demandas e estudo de causas de anomalias neste processo de recalque, o próximo passo foi a busca e estudo de dispositivos existentes nos bancos de patentes do INPI, artigos, banco de inventores amadores, etc. [10] diz que a falta de tecnologia na área de hidráulica, aliado ao fato que sistemas atuais não cumprem

a totalidade das demandas, dentre elas a de monitoramento da instalação elevatória, os mesmos não possuem tecnologia ou programação suficiente para torná-lo um sistema supervisório. Por isso este projeto possui como diferencial, a incorporação de componentes que associados com outros *hardwares* que formam uma cadeia de ações bem cadenciadas e geridas por um dispostivito de inteligência, neste caso, o microcontrolador.

Verificadas os requisitos do sistema partiu-se para a escolha do método de atuação bem como a escolha de *hardwares e softwares* que melhor poderiam cumprir com suas funções. Por se tratar de um sistema flexível, sem instalação invasiva, bem como com o objetivo comercial de que seja um sistema viável financeiramente para aquisição, foram dadas preferências a escolha de componentes que são vendidos livremente e que possuam suas características de atuação compatíveis com o objetivo do sistema.

2.4 CONCLUSÃO

Este projeto desenvolvido, foi pensado e estruturado como um sistema supervisório através de modelos matemáticos prontos e criados para reconhecimento, gerenciamento e execução de tarefas que fossem caracterizadas como remotas no que diz respeito ao reconhecimento de distúrbios antes mesmo da constatação humana. Atualmente estes distúrbios são descobertos muito tempo após sua ocorrência através de danos ambientais e técnicos. Na literatura de instalações hidráulicas e sanitárias estudadas e empregadas no mundo todo para dimensionamento de instalação elevatória, os modelos de *Phillip Forscheimmer* são utilizados por se tratar de cálculos que se aproximam de um roteiro universal de aplicação. Todas essas estruturas algorítmicas atuando como inteligência do sistema, substituição dos eletroníveis e utilização do microcontrolador diferenciam o sistema dos demais encontrados na literatura de diagnósticos de falhas para instalações elevatórias.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODO

Prototipar requer do indivíduo atenção quanto a compatibilidade física e cálculos específicos de performance do circuito proposto [11]. Com a evolução da eletrônica lúdica e da interface analógica e digital, para esta etapa de prototipagem foram escolhidos materiais que já possuem estruturas de montagem com flexibilidade, estabilidade e durabilidade asseguradas. A plataforma de entrada e saída de barramentos analógicos e digitais bem como a alimentação utilizada na prototipagem foram garantidas pela placa arduino.

Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de *hardware* livre, projetada com um microcontrolador Atmel AVR de placa única conforme ilustra a figura 3.1, com suporte de entrada/saída embutido, uma linguagem de programação padrão, a qual tem origem em Wiring, e é essencialmente C ou C++. O objetivo do arduino é criar ferramentas que são acessíveis, com baixo custo, flexíveis e fáceis de se usar por profissionais e amadores. Principalmente para aqueles que não teriam alcance aos controladores mais sofisticados e de ferramentas mais complicadas.

Pode ser usado para o desenvolvimento de objetos interativos independentes, ou ainda para ser conectado a um computador hospedeiro. Uma típica placa Arduino é composta por um controlador, além de uma interface serial ou USB, para interligar-se ao hospedeiro, que é usado para programá-la e interagir em tempo real. Ela em si não possui qualquer recurso de rede, porém é comum combinar um ou mais Arduinos deste modo, usando extensões apropriadas chamadas de shields. A interface do hospedeiro é simples, podendo ser escrita em várias linguagens. A mais popular é a Processing, mas outras que podem comunicar-se com a conexão serial são: Max/MSP, Pure Data, SuperCollider, ActionScript1 e Java.

A linguagem de programação utilizada para construção algorítmica foi a padrão desenvolvida pelo próprio fabricante. Esta decisão foi tomada em virtude da compatibilidade

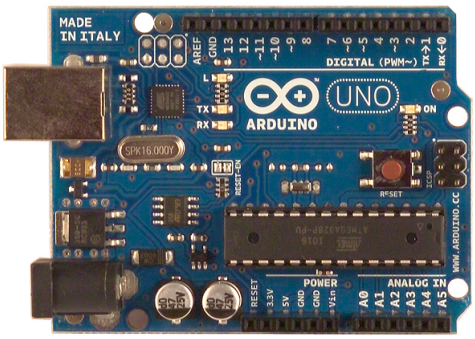


Figura 3.1. Placa arduino.
Fonte: Site do Arduino

exata e para evitar possíveis erros de *script* que poderiam ser gerados durante o processo de *upload* para o ATmega (microcontrolador interfaceado) do arduino.

3.1 REQUISITOS DO SISTEMA

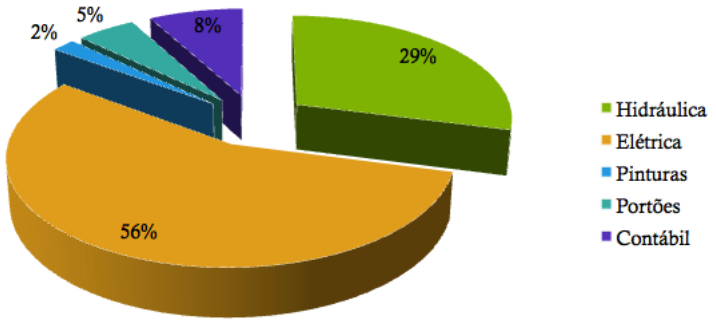
O sistema microcontrolado foi desenvolvido para que pudesse reconhecer o maior número de distúrbios possíveis. Inicialmente os requisitos foram: A falta de abastecimento no Reservatório Inferior RI, a falta de água no reservatório superior RS, não acionamento da motobomba de recalque, aumento da vazão rotineira, ociosidade dos sensores de nível, reconhecimento de extravasos de fluido no RS e RI, tempo excessivo de funcionamento e fuga dos padrões nominais da corrente elétrica utilizada pela bomba. Qualquer um esses distúrbios quando identificados são imediatamente reportados via SMS para o telefone que estiver cadastrado no sistema, uma vez que ainda apresentando defeitos isolados poderiam comprometer o funcionamento geral da instalação elevatória.

A quantidade exata em litros (l) existentes em cada reservatório, torna-se uma varável importantíssima ao ponto que através da variação destes valores, o microcontrolador pode tomar algumas decisões importantes. Por exemplo: Em horários noturnos de pouca demanda, o microcontrolador pode interpretar que aquela quantidade de fluido existente no RS seja suficiente para atender o consumo dos usuários naquele momento. Em outra situação ou com qualquer outro sistema existente no mercado, a bomba entraria em

funcionamento apenas pela diferença de nível do fluido, uma vez que as bóias de nível convencionais não possuem nenhum controle apurado. Os eletroníveis funcionam como uma chave de estado *on/off* fechando o circuito e energizando as unidades contatoras responsáveis pelo funcionamento da motobomba.

Além deste viés de sustentabilidade técnica, através deste processo inteligente, contribui-se com a eficiência energética da estrutura, culminando com redução dos custos de energia elétrica com a motobomba. Segundo a AABIC (Associação das Administradoras de Bens, Imóveis e Condomínios), o consumo de energia elétrica é responsável em 56 porcento pelos gastos totais em edifícios multifamiliares conforme apontado no gráfico 1. Deste montante, mais de 50 porcento correspondem aos custos para funcionamento das motobombas. Em estruturas mais complexas e com fins comerciais e hospitais, as motobombas precisam trabalhar cerca de 18 horas por dia para garantir o fornecimento de água. Cada vez que a bomba entra em acionamento, a corrente elétrica necessária para seu acionamento pode ser até 4 vezes maior do que a sua corrente elétrica nominal, e assim é gerado consumo de energia elétrica e oneração da folha de pagamentos mensais. Porém dos acionamentos totais ao dia muitos destes poderiam ser evitados caso o microcontrolador detectasse que existe água no RS suficientemente para satisfação da demanda.

Gráfico 1 - Despesas com Manutenções Mensais em Edifícios Multifamiliares.



Fonte: Associação das Administradoras de Bens, Imóveis e Côndomínios.

Além do fato de se manter um controle mais apurado sobre o acionamento da bomba evitando o desgaste excessivo, outra preocupação neste sistema foi a substituição das bóias

eletroníveis por sensores ultrassônicos que associados a um modelo matemático criado tornaram possíveis a inversão dos dados de leitura e reconhecimento da quantidade exata de fluido nos reservatórios. Outro modelo matemático foi desenvolvido para reduzir ao máximo a pertubação das ondas nas leituras dos sensores. Quando o fluido recalcado entra em contato com o fluido existente no reservatório, formam-se ondas e os sensores ultrassônicos poderiam dar uma diferença muito grande de leitura criando uma avalanche de informações e falsos-positivos na conjectura algorítmica do microcontrolador.

3.2 MATERIAIS

Após a escolha do *hardware* principal que seria responsável pela alimentação analógica, digital e controle dos dispositivos Arduino foi preciso programar o microcontrolador com as entradas e saídas desejadas para cumprimento dos requisitos. O principal critério focado na confecção do protótipo foi a fácil interatividade com o usuário. Ou seja, o sistema deveria permitir que qualquer indivíduo responsável pela estrutura conseguisse, ler, interpretar e operá-lo sem a necessidade de habilitação técnica.

Todos os componentes eletrônicos foram encapsulados em módulos. O principal, o módulo de controle em sua essência é dotado em sua parte frontal de um LCD com matriz 16 x 2 conforme ilustrado na figura 3.2 para não ocupar espaço físico e garantir um módulo de controle enxuto, bem como leds indicadores e um teclado numérico matricial simples para programação e comando do módulo. A preocupação de mantê-lo na linha *smart* está no fato alarmante de muitas edificações prediais e residenciais sequer possuírem uma estrutura de acondicionamento dos comandos elétricos e da motobomba. A intenção é que o módulo de controle possa ser instalado na praça de bombas ou o mais próximo possível almejando a economia de fiação entre o módulo e a(s) unidade(s) contatora(s).

Na topologia padrão e tradicional simples de instalações elevatórias, existem componentes elétricos responsáveis pelo fornecimento de energia e proteção da carga indutiva na rede. [12] reforça que todo empreendimento vertical a ser construído já na fase de projetos, deve constar obrigatoriamente a construção dos reservatórios inferior e superior

Figura 3.2. Display LCD 2x16.
Fonte: Ebay.com

comunicados por tubulações de recalque e de sucção adequadas com diâmetros previamente calculados (baseados em variáveis como números de pavimentos de cômodos, de apartamentos, valor da vazão de recalque, etc.) e uma unidade de força para vencer a gravidade e recalcar a água, neste caso a motobomba.

Na estrutura recalcadora padrão e atual, ilustrada na figura 3.3 a companhia de abastecimento fornece água para o reservatório inferior, cessada no momento em que uma torneira de bóia instalada na saída da tubulação de admissão veda a entrada quando atingido o volume máximo ou até a regulagem da haste de apoio da bóia.

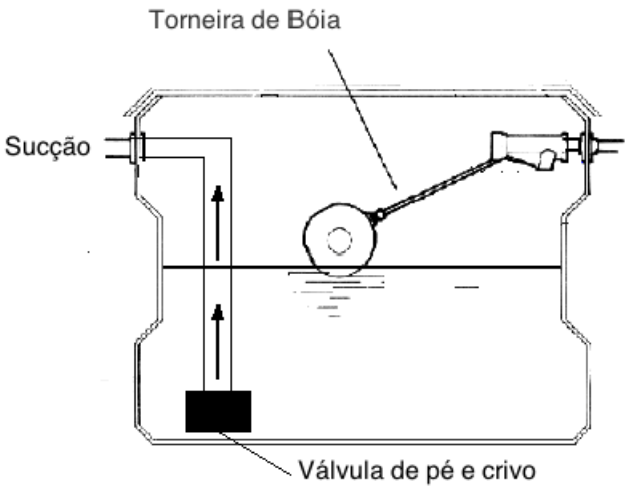


Figura 3.3. Topologia atual do reservatório inferior.

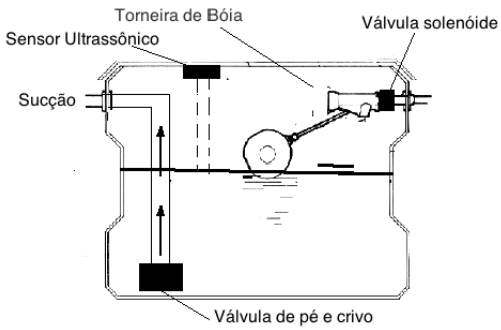
Ao se analisar a dinâmica de funcionamento de admissão de água, é fácil observar que caso a torneira bóia venha ser danificada, não haverá nenhum outro dispositivo que impeça

a admissão da água no RI gerando extravaso e desperdício de água até a constatação humana. Como solução adotada para este tipo de distúrbio, foi instalado um sensor ultrassônico do modelo HC-SR04 (figura 3.4), onde o mesmo será capaz de identificar o nível de água existente no reservatório, e o volume máximo de líquido que este admite, e em caso de falha da torneira de bóia, o sensor identificará o distúrbio através de um código fonte em linguagem arduino e o microcontrolador enviará a informação ao modem GSM que por sua vez enviará uma SMS para o operador responsável alertando sobre o ocorrido para que o mesmo tome as providências.

Uma das ações que o sistema permite por parte do usuário usuário tome é enviar uma mensagem de volta com a palavra *closeri* e a partir deste momento o modem se comunica com o controlador que enviará um pulso em nível alto de 12 Vcc para uma válvula solenóide simples modelo 2W-025-08 que efetuará o trancamento automático e remoto da admissão de água no RI.

Com esta nova organização e incorporação de componentes fica evidenciado o descarte do eletronível convencional ou das bóias de mercúrio. Estes dispositivos são responsáveis pelo acionamento da motobomba nos casos de falta de água no reservatório superior. Ligadas em paralelo com os terminais da bomba, ambas ficam instaladas nos dois reservatórios e quando o RS acusa nível baixo de água, o dispositivo tem seus contatos fechados pela ação da gravidade. Após este fechamento, a corrente elétrica passa pelo dispositivo inferior e se o mesmo estiver com os contatos abertos, a corrente elétrica não passa para as unidades contatoras e em caso contrário ocorre o acionamento da bomba. Ou seja, se o RI não possui água suficiente para ser recalcada a motobomba não liga. Esta forma de proteção permite que este aparelho nunca trabalhe sem carga o que elevaria a potência e por conseguinte a corrente elétrica danificando o seu enrolamento.

Com a incorporação dos sensores ultrassônicos esta proteção ganha um reforço a mais através da precisão dos dados. Além de cumprir com esta função e ser financeiramente mais viável do que os eletroníveis convencionais, os sensores são programados para trabalhar com os parâmetros nominais de acordo com a realidade de cada estrutura. por



(a) Topologia com o sistema.

(b) Válvula solenóide.

(c) Sensor ultrasssônico.

Figura 3.4. Componentes do sistema.
Site Dx.com

exemplo, se um reservatório possui 250 l de capacidade volumétrica, todo seu gerenciamento deve ser feito nesta faixa de leitura. O sensor previamente programado será capaz de identificar presença ou ausência de abastecimento do RI e quantidade real em litros de fluido no reservatório. Através deste dados o microcontrolador, será capaz de efetuar cálculos diversos, como tempo de funcionamento da bomba para abastecimento do RS, tempo total até escassez de água (esta informação é importante nos períodos de racionamento ou falta de água prolongada) para que os condôminos ou proprietários racionalizem a água restante etc.

Atualmente as construtoras tem optado pela construção de reservatórios retangulares em virtude de fatores econômicos como aproveitamento de espaço físico menor gasto de insumos na construção civil. Os reservatórios superiores seguem a mesma tendência de

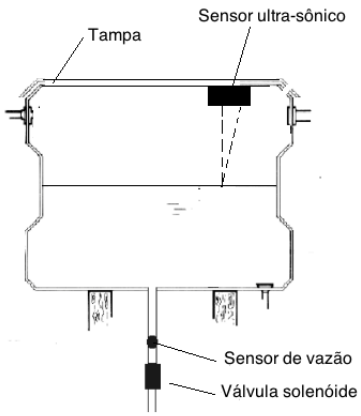
escolha também em virtude de conjecturas estruturais conforme aponta [13].

Ainda referente aos reservatórios, conforme denotado em explicações supracitadas, o reservatório superior também sofre alterações neste novo modelo de sistema, na qual o eletronível deixa de ter utilidade com a instalação de um sensor ultrassônico com funcionamento análogo ao do RI. A principal função do sensor no RS além das funções do eletronível também é de informar o valor exato de líquido presente no reservatório e impedir extravaso de água enviando informação ao microcontrolador sobre a necessidade de interrupção do funcionamento da bomba em períodos de pouca demanda.

Na saída do barrilete do RS foi instalado um medidor de vazão ou fluxômetro para contabilização e leitura da quantidade de água que flui pela tubulação de saída, onde essas informações são passadas ao micocontrolador para que sejam confrontados com os valores nominais e padrões daquela estrutura, e denotar e disparar aviso de distúrbio em casos de aumento significativo de vazão rotineira. Para essa função foi adquirido um sensor de vazão com capacidade de medição de 0 a 60 litros por minuto modelo FS03.

Logo abaixo deste sensor foi instalado uma segunda válvula solenóide, (podendo ser observada na figura 3.5) para efetuar o trancamento da passagem de água e cessar a distribuição nos casos em que a vazão aumente consideravelmente. Neste caso o usuário responsável pode responder a mensagem de texto de alerta com a palava *closers* para que a interrupção seja feita remotamente uma vez que os reservatórios superiores não são facilmente accessíveis. A partir do sistema de distribuição interrompido, o usuário pode dar início a investigação do problema sem agravar ou potencializar os danos.

Cada componente deste agregado ao sistema, precisou ser minunciosamente incorporado ao controle através de programação. Esta etapa exigiu a apuração das especificações dos sensores junto aos fabricantes para a partir de então criar o algoritmo de leitura das saídas dos dispositivos adquiridos. Tanto para o sensor de vazão quanto os sensores ultrassônicos foram elaborados rotinas e sub-rotinas para a captura e impressão de dados tornando esta etapa a de maior complexidade,



(a) Topologia com o sistema.

(b) Sensor de vazão FS03.

Figura 3.5. Nova topologia
Fonte: Site do Deal Extreme

3.2.1 Comandos Elétricos da Instalação Elevatória

O estado da arte no que tange ao acionamento das motobombas compreende a instalação de unidades contatoras que recebem os condutores da rede elétrica e dos eletroníveis que energizam sua bobina que por sua vez fecham os contatos principais e acionam a carga indutiva. O contator é constituído de uma bobina que quando alimentada cria um campo magnético no núcleo fixo que por sua vez atrai o núcleo móvel que fecha o circuito. Cessando alimentação da bobina, desaparece o campo magnético, provocando o retorno do núcleo através de molas.

Com a substituição das bóias eletroníveis pelos sensores ultrassônicos o dispositivo que se torna responsável pela ativação das unidades contatoras, é o microcontrolador através de seu relé. proposta dos sistemas microcontrolados é que todo o comando de operação e gerenciamento seja realizado pelo seu núcleo central de processamento, reunindo as informações, avaliando parâmetros e executando as funções previamente programadas. O relé do microcontrolador é um dispositivo indutivo que possibilita o acionamento de cargas que possuem altas correntes nominais. Para este trabalho foi escolhido o *Relay Module* de dois canais que é um Shield para compostos arduinos, portanto de fácil compatibilidade de

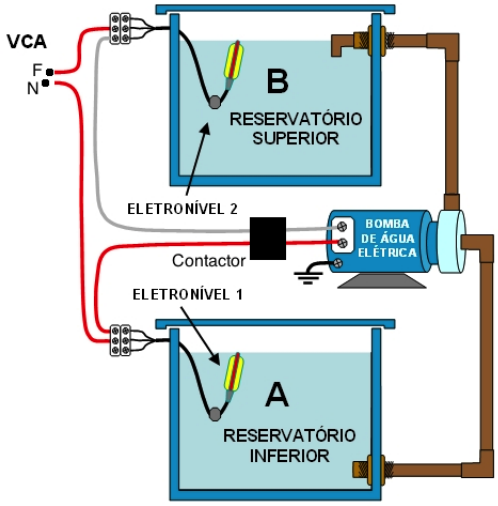


Figura 3.6. Atual estrutura de comando elétrico da bomba.
Fonte: GOMES, 2008

alimentação primária. Atualmente os relés de microcontroladores possuem a capacidade de operar com tensões 127 V ou 250 V e corrente máxima de 10 A, ou seja para uma proposta residencial e predial é suficiente.

Ainda nas implementações de tecnologia embarcada no módulo de controle, na praça de comando elétrico da bomba um sensor de efeito *hall* foi instalado para que o microcontrolador possa acompanhar os picos e os patamares de corrente elétrica atuante na mesma para que seja evitado a avaria da mesma por sobrecorrente, quando o relé termomagnético do contator falhar ou estiver mau configurado em virtude de inobservância ou imperícia técnica. Neste momento com o advento do sistema, o sensor de efeito hall de corrente elétrica passa a informação para o microcontrolador que corta o pulso nível alto do relé que por sua vez desliga a motobomba por precaução. O controlador, ainda enviará uma mensagem SMS com o código do distúrbio para o telefone cadastrado através do modem GSM.

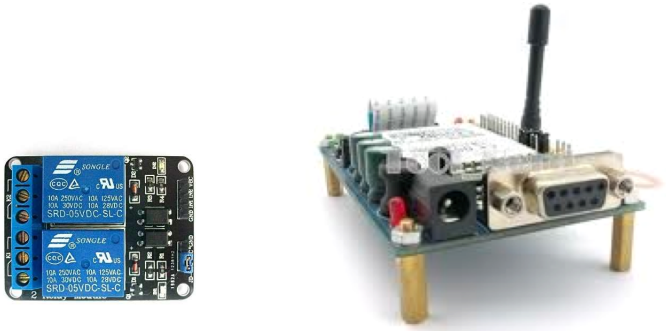
3.3 INTERFACE DE COMUNICAÇÃO

A interface padrão utilizada para o envio de mensagens curtas entre o modem e o operador responsável pela instalação elevatória é o GSM *(Global System for Mobile)*. Essa tecnologia foi escolhida haja vista sua praticidade e popularidade. Telefones GSM são usados por mais de um bilhão de pessoas em mais de 200 países. O GSM diferencia-se muito de seus predecessores sendo que o sinal e os canais de voz são digitais, o que significa que o GSM é visto como um sistema de celular de segunda geração (2G). Este fato também significa que a comunicação de dados foi acoplada ao sistema logo no início. GSM é um padrão aberto desenvolvido pela 3GPP.

SMS significa Serviço de Mensagens Curtas. É uma tecnologia que permite o envio e recebimento de mensagens entre celulares. A primeira mensagem SMS foi enviada através no Reino Unido em 1992, utilizando um computador pessoal para um aparelho celular. Como sugerido pelo nome, a quantidade dados que podem transmitidos por uma mensagem SMS é muito limitado. Uma mensagem SMS pode conter no máximo 140 bytes (1120 bits) de dados, dessa forma uma mensagem SMS pode conter até 160 caracteres.

De a cordo com [14], a utilização de mensagens SMS nos serviços de telemetria vem crescendo nos últimos anos, principalmente por que podem atuar em diversas áreas que envolvem a leitura remota de sinais elétricos proveniente de sensores e o acionamento de dispositivos de comandos.

Para o envio e recebimento destas mensagem foi utilizado um modem da SIEMENS modelo TC35 (figura 3.7) também da expansão de shields arduino, novamente prezando pela compatibilidade e redução do número de erros de scripts durante a programação. Os modems são módulos largamente divulgados, com ligação à rede telefônica, e cuja interface com computadores pessoais segue normas *standard*. Relativamente aos módulos de comunicação de rádio frequência, os modems são significativamente mais baratos, além de não apresentarem limitações na potência de transmissão ou na gama de frequências utilizáveis.



(a) Relé shield 2 canais. (b) Modem TC 35.

Figura 3.7. Modem e relé.
Fonte: Ebay.com

A troca de informação entre um computador e um modem ligado à porta série utiliza frequentemente um protocolo conhecido por comandos AT. O standard AT é uma linguagem de comandos orientados por linhas. Cada comando é constituído por três elementos: O prefixo, o corpo do comando, e o caracter de fim de comando ou terminação. Todos os comandos e códigos de distúrbios gerados, bem como a toplogia de funcionamento, arquitetura e programação, serão detalhadamente explicados na secção a seguir.

3.4 MÉTODO

A leitura deste trabalho nos permite concluir que um único módulo de controle será responsável pelo monitoramento da instalação elevatória. Este controle apurado é capaz de tomar decisões baseadas nas leituras de 4 (quatro) sensores instalados nos reservatórios e na casa de bombas. Esta conjectura sistemática garante a flexibilização de instalação uma vez que não necessitam de métodos invasivos que danifiquem a estrutura. A praticidade ainda que seja um sistema residente permite que qualquer edificação possa ser usuária deste projeto.

Algumas empresas do gênero ”caça-vazamentos”quando contratadas precisam adotar medidas corretivas que vão desde a instalação provisória de sensores acústicos à procura criteriosa pelo vazamento de forma manual. Para que sejam realizados determinados serviços por parte dessas empresas a estrutura sofre danos e avarias uma vez que o técnico

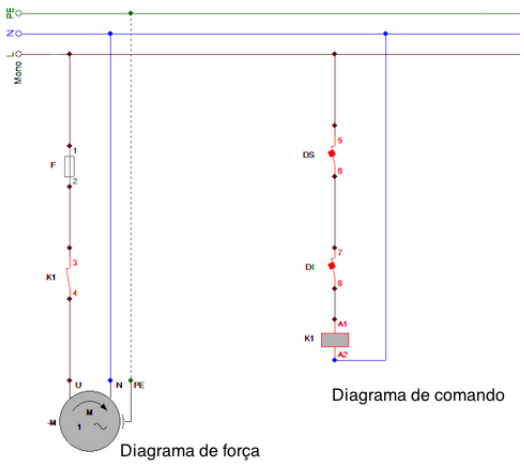
precisa ter acesso às tubulações para instalação destes sensores.

No caso deste projeto, os dois sensores ultrassônicos são instalados na tampa dos reservatórios já existentes, o sensor de vazão e as válvulas solenóides foram inseridas nas tubulações da instalação elevatória. Desenhada toda a dinâmica de atuação, bem como escolhidos os dispositivos necessários para a confecção do protótipo, optou-se pelas aquisições e não construções (em virtude do pouco tempo), e por aproveitar as curvas e especificações de funcionamento do equipamento já disponibilizadas pelo fabricante.

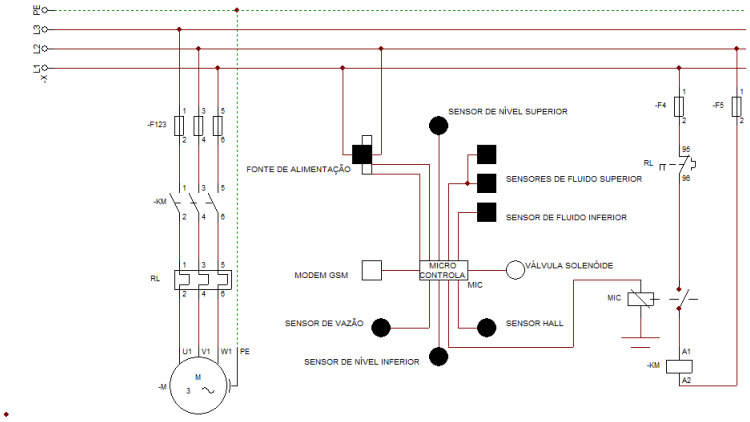
A placa arduino, foi facilmente adquirida em um site de compras pela internet, juntamente com os leds, resistores, *buzzer*, teclado numérico matricial, display, placa fenolite, relé e sensor de efeito *hall* para corrente elétrica. Já, o modem TC35, os sensores de vazão e a válvula solenóide foram adquiridas através de um site tecnológico de compras internacionais em detrimento da indisponibilidade no mercado nacional. O inconveniente como sempre e já esperado neste processo de compra é o prazo médio de 50 dias para o recebimento do produto.

Já conhecida as modificações e hardwares que farão parte do sistema, é de fundamental importância, comparar o estado da arte de uma topologia de circuito padrão para acionamento de uma motobomba de recalque com a projetada e requirida junto ao INPI no processo de patenteamento no que tange as reivindicações.

A figura 3.8 ilustra um circuito simples para acionamento de uma bomba monofásica com os diagramas de comando e força desenhados conforme a topologia atual de funcionamento do comando elétrico. No diagrama de força do circuito (a), estão instalados um fusível de proteção atualmente substituídos pelos relés termomagnéticos acoplados as unidades contatoras, principalmente em circuitos monofásicos. Logo abaixo do fusível, está o contator (K1) equipamento responsável pelo acionamento da bomba (M) conforme alimentação da bobina contatora evidenciado no diagrama de comando. Os responsáveis pelo acionamento da motobomba são os dois dispositivos de nível, neste caso os eletroníveis tanto o superior (DS) e o inferior (DI). Note-se que os dois precisam estar com os contatos fechados para a passagem de corrente elétrica para o contator.



(a) Estado da arte.



(b) Nova arquitetura.

Figura 3.8. Comandos elétricos.

Já (b), ilustra um circuito utilizado para acionamento de um motor trifásico comprovando a flexibilidade do sistema em instalação de redes distintas (127 V ou 220 V). O circuito foi desenhado e desenvolvido para cumprir com os requisitos do sistema, onde notoriamente é observado que o mesmo será instalado entre a força e o comando da motobomba, passando a fazer o gerenciamento total do processo de recalque de água fria, agregando inteligência às instalações elevatórias.

A partir de então, quem faz a alimentação de carga é o relé do microcontrolador após receber pulsos do microcontrolador. Ou seja, o controlador do sistema agora passa a operar a motobomba de acordo com parâmetros recebidos pelos sensores. Uma situação

bastante comum e que pode ocasionar a queima da bomba,senão sua redução de vida útil é o fechamento do circuito do eletronível do reservatório superior RS (denotando pouca quantidade de água) atuando diretamente com o circuito fechado do dispositivo do reservatório inferior RI forçando a motobomba a trabalhar sem carga.

Desta forma a corrente elétrica não é conduzida até o contator. Porém se o RI começar a ser abastecido a medida que o eletronível sobe juntamente com o nível da água, a bomba será acionada. A vazão de sucção geralmente é maior do que a vazão de recalque. Assim sendo a motobomba vai ligar e desligar de forma contínua em curto espaço de tempo até completar o nível do RS. Com o advento deste sistema essa situação é evitada uma vez que o microcontrolador está programado para só inicializar a motobomba caso o RI esteja abastecido com a quantidade em litros do RS, garantindo assim que a bomba trabalhe uma única vez a cada ciclo de drenagem do RS no caso de anomalia no abastecimento urbano.

3.4.1 Sensores ultrassônicos

Para um perfeito funcionamento do sistema o microcontrolador precisa possuir uma estrutura algorítmica que seja isenta de erros e que possua entrada e saída de dados compatíveis com a resposta esperada. Durante o período de testes dos sensores ultrassônicos, quanto à sua precisão com fluidos, alguns problemas precisaram ser resolvidos afim de validar os algoritmos de leitura e interpretação do microcontrolador. A simulação demonstrou que o som enviado pelo sensor retorna assim que se depara com a lâmina d'água, ou seja consegue reconhecer de forma satisfatória fluido como obstáculo.

Para começar a medição é necessário alimentar o módulo sensor e colocar o pino *Trigger* em nível alto por mais de 10 microsegundos. Assim o sensor emitirá uma onda sonora que ao encontrar um obstáculo (lâmina d'água) rebaterá de volta em direção ao módulo, sendo que durante o tempo de emissão e recebimento do sinal o pino *ECHO* ficará em nível alto. Logo o cálculo da distância pode ser feito de acordo com o tempo em que este pino permaneceu em nível alto após o pino *Trigger* ter sido colocado em nível

alto.

$$d = \frac{TeH \times Vs}{2} \tag{3.1}$$

Sendo, d = Distância até o obstáculo TeH = Tempo do eco em nível alto Vs = Velocidade do som.

A velocidade do som poder ser considerada idealmente igual a 340 m/s, logo o resultado é obtido em metros se considerado o tempo em segundos. Na fórmula a divisão por 2 deve-se ao fato que a onda é enviada e rebatida, logo ela percorre 2 vezes a distância procurada.

Em uma situação de reconhecimento de obstáculos por exemplo, no campo da robótica onde este tipo de sensor é comumente empregado as condições estariam satisfeitas, porém no caso do uso em reservatórios notemos que a situação se inverte. Se o sensor indica que a lâmina d'água está a 2 metros de distância por exemplo é porque o reservatório encontra-se vazio. Ou seja, à medida que a distância aumenta ocorre a escassez de água e à mediada que a distância impressa pelo sensor diminui, denota reservatório cheio. Para que a situação se inverta e os valores correspondam à realidade em valor absoluto já em litros foram precisos alguma modificações na equação acima.

$$(h - m) = \frac{TeH \times Vs}{2} \tag{3.2}$$

A distância agora passa a ser a altura total (h) menos a diferença de nível de fluido (m) em centímetros. Desta forma, o fator (h-m) garante que a leitura de altura agora possa permitir que o algorítimo converta a diferença de nível em litros através das diferenças de altura. Para este trabalho foram idealizadas três tipos de estruturas algorítmicas para cálculo de volume em reservatórios topologicamente diferentes. Um grande número de residências possuem reservatórios de polietileno em formato de tronco de cone, de fibras e amianto em formato quadrangulares e cônicos (mais antigos) e em poucos casos os reservatórios cilíndricos que funcionam como poços artesianos. Para cada tipo de

reservatório foi elaborada uma estrutura algorítmica diferente para cálculo de volume.

Resolvido o problema da leitura invertida de obstáculos, o novo desafio a ser superado foi a minimização das ondas causadas pelo impacto da água que cai das tubulações com a água presente nos reservatórios. Este problema precisou ser contornado para garantir que o sensor ultrassônico pudesse ler o nível de água sem grandes variações. Isso porque a depender da velocidade da entrada de água no reservatório a pertubação ondular pode ser tamanha que a leitura varie drasticamente para mais e para menos, ocasionando por exemplo, um acionamento desnecessário da bomba.

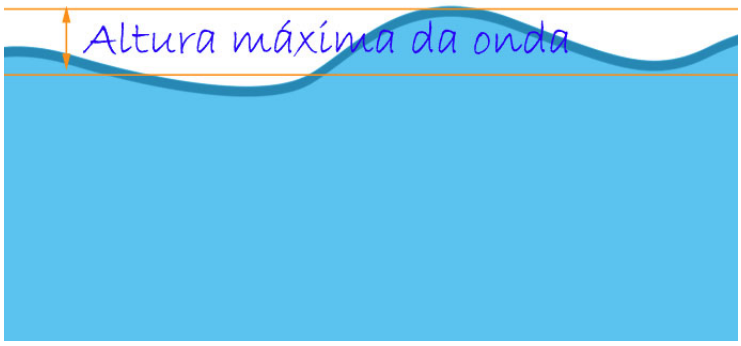


Figura 3.9. Oscilação ondular.

Em regime estacionário, ou seja, sem abastecimento os fluidos dentro dos reservatórios não estão passíveis a nenhuma interferência de leitura haja vista a permanência inerte da estrutura permanente. Neste caso mesmo com a faixa de precisão do dispositivo ultrassom, para efeito de cálculo torna-se totalmente desprezível na magnitude volumétrica da estrutura. Porém quando o reservatório está sendo abastecido (figura 3.9) levou-se em consideração tanto as oscilações quanto a faixa de precisão.

A solução adotada neste caso foi a criação de um modelo matemático que calcule a média das oscilações, levando em consideração a taxa de precisão do equipamento de medição (TP) que neste caso é o sensor ultrassônico. Esta (TP) é uma constante já lida na estrutura algorítmica que em consonância com o volume total do reservatório é convertida para escala de volume. Este resultado será enviado ao microcontrolador como

o nível real existente dentro do reservatório durante o abastecimento. Uma das vantagens de se adquirir os componentes são as curvas de funcionamento deste dispositivo aliada os erros e precisões quando trata-se de um equipamento medidor.

$$q = \frac{y(m) - y(0)}{2} \times \lambda(TP) \tag{3.3}$$

Sendo,
q = quantidade real em litros
y(0) = maior leitura em litros
y(m) = menor leitura em litros

Programação

Após a superação deste viés de leitura e aproximação de valores, foram elaborados algoritmos para os tipos mais comuns de reservatório existente no mercado. Na modelagem algorítmica foram inseridas fórmulas para cálculo de volume das figuras geométricas como tronco de cone, cilindro reto e prisma retangular. Para efeito de cálculo e aplicação nestas fórmulas, o valor de π foi admitido como 3,14 e as variáveis restantes para se calcular o volume, foram linkadas com as entradas do teclado alfanumérico matricial presente no módulo de controle.

O teclado consta de 16 teclas. Sendo as numéricas de 0 a 9, alfabéticas de A a D e as especiais que são o asterístico e o sustenido. Quando o módulo de controle é ligado à tensão de entrada, o *display* do módulo exibe uma mensagem de boas vindas com a versão do *hardware*. em um primeiro uso, o módulo solicitará que entre com o tipo de edificação, sendo a tecla A programada como residência com até 3 pavimentos, a tecla B como prédio independentemente do número de pavimentos, tecla C Hotéis e casa de saúde e a tecla D como mercado.

Esta associação é fundamental para que o método de *Philipp Forcheimmer* empregado aqui neste projeto, possuam as variáveis necessárias para cálculo dos parâmetros de funcionamento do microcontrolador. Segundo [15], as edificações possuem perfis de consumo diferentes a depender do tipo de edificação. O cálculo padrão é feito com o consumo per capta conforme tabela 3.1.

Tabela 3.1. Consumo específico em função do tipo de prédio

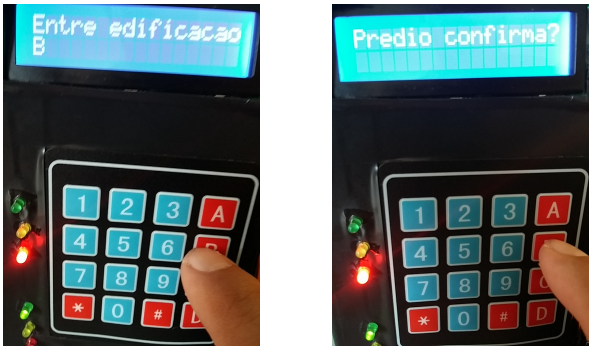
Período	Consumo (l/dia)	Unidade
Serviço Doméstico		
Apartamento	200	per capta
Apartamento de luxo	300 a 400	per capta
Residência de luxo	300 a 400	per capta
Residência de médio valor	150	per capta
Residências populares	120 a 150	per capta
Alojamentos provisórios de obras	80	per capta
Apartamento de zelador	600 a 1000	apartamento
Serviço Público		
Edifícios de escritórios	50 a 80	ocupante efetivo
Escolas internatos	150	per capta
Escolas externatos	50	aluno
Escolas semi-internatos	100	aluno
Hospitais e casas de saúde	250	leito
Hóteis com cozinha e lavanderia	250 a 350	hóspede
Hóteis sem cozinha e lavanderia	120	hóspede
Lavanderias	30	kg de roupa seca
Quartéis	150	per capta
Cavalariças	100	cavalo
Restaurantes e similares	25	refeição
Mercados	5	metro quadrado
Postos de serviço	100	automóvel
Rega de jardins	1,5	metro quadrado
Cinemas e teatros	2	lugar

Fonte: GUISI, 2011

Quando o usuário digitar o tipo de edificação no módulo de controle de acordo com os passos solicitados pelo sistema, estes dados de consumo per capta são carregados internamente para efeito de cálculo de outras variáveis daquela estrutura seguindo a sequência de cálculos.

3.4.2 Sequenciamento

Ao ligar o módulo de controle à rede, o usuário receberá as orientações e informações através do *display*. A primeira mensagem de configuração, solicita que o usuário insira o tipo de edificação conforme ilustrado na figura 3.10. Caso a estrutura predial seja um edifício por exemplo, deve-se teclar a letra B. A partir deste momento alguns dados serão preenchidos automaticamente através de uma lista de condições do tipo *if-else*. Os dados carregados automaticamente são: Estimativa de população, consumo (l/dia) e tempo de funcionamento da bomba ao dia.



(a) Primeiro passo (b) compilação

Figura 3.10. Módulo de controle

No próximo passo, o sistema solicitará o número de pessoas residentes ou sazonais de acordo com o local da instalação. O literata de instalações hidráulicas e sanitárias, *Forscheimmer* admite que o tempo de funcionamento da bomba, é diretamente relacionado ao tipo de edificação, admitindo entre 4 a 6 horas/dia. Seguindo os preceitos da literatura, aqui foram seguidas as recomendações de associação, sendo o tempo igual a 4 horas para os tipos A e B, 6 horas para o tipo D e 5 horas para o tipo C. O consumo da edificação é dada por ocupantes por m^2, por cômodos ou por cômodos e leitos a depender do perfil da edificação conforme tabela 3.2:

O primeiro cálculo que o sistema realiza com base nessas informações é o Consumo Diário (CD). Este cálculo permite fornecer ao microcontrolador o consumo bruto diário daquela estrutura. Ou seja, admitindo que todos os ocupantes consumam o máximo

Tabela 3.2. Taxa de ocupação para prédios públicos ou comerciais

Local	Taxa de ocupação
Bancos	Uma pessoa por 5,00 metro quadrado de área
Escritórios	Uma pessoa por 6,00 metro quadrado de área
Pavimentos térreos	Uma pessoa por 2,50 metro quadrado de área
Lojas (pavimentos superiores)	Uma pessoa por 5,00 metro quadrado de área
Museus e bibliotecas	Uma pessoa por 5,50 metro quadrado de área
Salas de hotéis	Uma pessoa por 5,50 metro quadrado de área
Restaurantes	Uma pessoa por 1,40 metro quadrado de área
Salas de operação (hospitais)	Oito pessoas
teatros cinemas e auditórios	Uma cadeira para cada 0,70 metro quadrado de área

Fonte: CREDER, 1995

previsto ao dia. O CD é dado por:

$$CD = Np_T \times C_{pc} \tag{3.4}$$

Sendo, CD = consumo diário (em litros)

Np_T = total de pessoas

C_{pc} = consumo per capta (em litros)

Logo depois o algoritmo irá calcular a Reserva Total (RT). Como o próprio nome sugere, trata-se de uma espécie de segurança em casos de falta de abastecimento. É através deste cálculo que o projetista pode mensurar o volume adequado para cada tipo de estrutura. No caso do Brasil, [16] admite uma reserva de 2 vezes a mais do CD, ou seja a RT deve prover fornecimento de água para todos moradores por um prazo máximo de dois dias em casos de falta de abastecimento. Em alguns países europeus, é admitido o mesmo valor de CD haja vista, impossibilidade de colapsos hídricos nessas localidades. Já em países de contingenciamento, já foram catalogados, reservatórios com efeito multiplicador 4 vezes maior do que o CD.

Atualmente a especulação imobiliária não favorece a construção de grandes reservatórios, uma vez que estes ocupam espaço físico considerável na corrida pelo lucro do metro quadrado. É importante observar que independente da escolha do multiplicador

do RT, em estruturas verticalizadas e que demandem instalação elevatória, *Forscheimmer* considera na construção dos reservatórios inferiores RI e reservatórios superiores RS as proporções de $\frac{3}{5}RT$ e $\frac{2}{5}RT$, respectivamente.

É importante salientar que em cada cálculo realizado pelo controlador, o resultado é impresso no *display* para que o usuário do sistema possa confrontar com a realidade de sua estrutura e verificar as condições ideais para funcionamento correto da instalação elevatória.

Dando sequência ao memorial de cálculo do sistema, outro dado importante a ser calculado é a vazão de recalque (QR). Esta variável faz referência ao volume de determinado fluido que passa por uma determinada seção de uma tubulação, por uma unidade de tempo. Ou seja, vazão de recalque é a rapidez com a qual um volume é recalcado. A (QR) é dada por:

$$QR = \frac{CD}{T} \tag{3.5}$$

Em que (T) é a quantidade de horas necessárias para a bomba recalcar a água do RI para o RS (tabelado).

O diâmetro de recalque (DR) é a próxima variável a ser calculada e diz respeito a secção nominal que a tubulação deve possuir para que a vazão de recalque seja garantida no processo. Essa ferramenta torna-se útil no momento de instalação de uma motobomba, por exemplo, onde os técnicos responsáveis não saibam calcular manualmente a necessidade real para cada caso.

$$DR = 1,3 \times \sqrt{QR} \times \sqrt[4]{\frac{T}{24}} \tag{3.6}$$

Sendo, DR expressa em polegadas.

Calculado o diâmetro necessário para um recalque que garanta a vazão necessária para bom aproveitamento da instalação, consegue-se calcular também o diâmetro de sucção

(DS), analogamente necessário para a escolha do equipamento com as especificações calculadas pelo sistema. No brasil admiti-se o diâmetro de sucção (DS) ligeiramente maior ou igual ao diâmetro de recalque (DR). Esta aproximação atualmente não torna-se nenhum arcabouço uma vez que calculado o (DR), não é difícil encontrar um equipamento de bombeamento com o (DS) padronizado.

A altura manométrica total é a energia por unidade de peso que o sistema solicita para transportar o fluido do reservatório de sucção para o reservatório de descarga, com uma determinada vazão. Essa energia será fornecida por uma bomba, que será o parâmetro fundamental para o selecionamento da mesma. É importante notar que em um sistema de bombeamento, a condição requerida é a vazão, enquanto que a altura manométrica total é uma consequência da instalação. A Altura Manométrica Total do sistema (Hm) é igual ao somatório da altura manométrica da sucção (Hs) e a do recalque (Hr). pode ser calculada por:

$$Hm = Hr + Hs \tag{3.7}$$

Na prática as canalizações não são constituídas exclusivamente de tubos retilíneos e de mesmo diâmetro. Usualmente, as canalizações apresentam peças especiais (válvulas, registros, medidores de vazão etc) e conexões (ampliações, reduções, curvas, cotovelos, tês etc) que pela sua forma geométrica e disposição elevam a turbulência, resultando em perdas de carga. Estas perdas são denominadas localizadas, acidentais ou singulares, pelo fato de decorrerem especificamente de pontos ou partes bem determinadas da tubulação ao contrário do que ocorre com as perdas em consequência do escoamento ao longo dos encanamentos.

Do ponto de vista da perda de carga exemplificada na figura 3.11, uma canalização composta de diversas peças especiais e outras singularidades equivale a um encanamento retilíneo de maior comprimento. É nesta simples idéia que se baseia o método do comprimento virtual (Lv). O método consiste em se adicionar ao comprimento real da tubulação um comprimento extra (o chamado comprimento equivalente), que corresponde ao mesmo

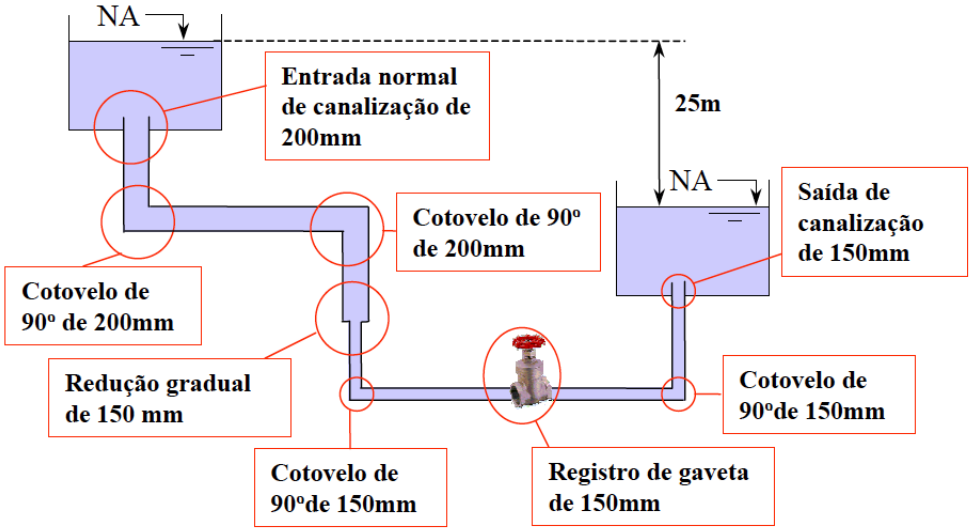


Figura 3.11. Exemplo de cálculo do comprimento virtual

valor de perda de carga que seria causado pelas peças especiais que compõem a tubulação. Desta forma, cada singularidade da tubulação corresponde a um certo comprimento fictício adicional de tubo, que recebe o nome de comprimento equivalente.

Já para o cálculo da (Hs) e da (Hr), é preciso levar em consideração a perda de carga total (Jt) que o sistema sofre em detrimento de atrito, curvas e fatores de contraposição ao deslocamento e velocidade da água como também levar em consideração a altura geométrica (Hg) que é a altura geométrica ou seja, altura bruta existente entre os níveis do RS e do RI. A perda de carga total (Jt) é dada como a soma entre a perda de carga total do recalque (Jtr) e a perda de carga total da sucção (Jts).

$$Hm = Hr + Hs = (Hg + Jtr) + (Hg + Jts) = [Hg + (Jur \times Lr)] + [Hg + (Jus \times Ls) \quad (3.8)$$

Sendo,

$$Jur = 8,69 \times 10^5 \times Qr^{1,75} \times Dr^{-4,75} \quad (3.9)$$

e,

$$Jus = 8,69 \times 10^5 \times Qr^{1,75} \times Ds^{-4,75} \tag{3.10}$$

Além da perda de carga total, existem as perdas de cargas unitárias sofridas durante o processo de recalque (Jur) e as perdas de cargas unitárias na sucção (Jus). As perdas de carga unitária também são chamadas de perdas localizadas ou ainda fator de atrito de dinâmica do fluido e sempre devem ser levadas em consideração para o cálculo das expressões de perda de carga total do sistema (Jut). conforme recomenda, [17] em contruções prediais, os projetistas devem utilizar a proporção empírica para o comprimento virtual, com no mínimo 30 porcento a mais do real.

Quando um técnico da área elétrica se depara com uma demanda de instalação de uma bomba d'água para recalcar água de um RI para um RS a grande maioria opta pelo senso comum ou por experiências anteriores, dimensionando por mensuração. Nestes casos, a substituição do equipamento defeituoso é feita por similaridade ou por deliberações precipitadas.

O cálculo de potência da motobomba deve ser feito levando em consideração estes parâmetros estruturais catalogados com o propósito de se evitar o sub e o superdimensionamento. Para cálculo da motobomba, o método de *Forscheimmer*, utiliza o seguinte modelo:

$$P = \frac{Hm \times QR}{75 \times R} \tag{3.11}$$

Em que, (R) é o rendimento, conforme tabela de dados de [18].

Após todo esse processo de compilação pelo microcontrolador, módulo de controle passa a informar no *display*, os níveis o reservatório superior RS e do reservatório inferior RI. Além do mostrador digital, 6 semicondutores *leds* proporcionarão ao usuário a leitura rápida porém aproximada do nível dos reservatórios. Três *leds* enfileirados na

Tabela 3.3. Código dos distúrbios recebidos via SMS

Distúrbio	Código
Falta de abastecimento do RI	FRI
Extravaso de água do RI	ERI
Nível crítico no RI	NcRI
Sobrecoorrente na bomba	CaB
Extravaso de água no RS	ERS
Bomba não dispara	Bnl
Falta de abastecimento do RS	FRS
Tubulação de descarga rompida	FT0
Tubulação de recalque rompida	FT1
Aumento de vazão rotineira	aVF
Acionamento diário excessivo	BTA
Falha da válvula solenóide superior	fVS
Sensor de vazão defeituoso	svD
Válvula Solenóide superior defeituosa	VSD
Válvula Solenóide inferior defeituosa	VID
Função (clean ativada)	f1l
Função (outhome) ativada	f2l
Função (efficiency)	f3l
Falha geral do sistema	FGA

parte de cima do módulo de controle simulam o RS e 3 *leds* mais abaixo simulam o RI. Dotados de 3 cores diferentes, verde, amarelo e vermelho, o usuário saberá se os reservatórios encontram-se cheio, pela metade ou vazio respectivamente. No caso do reservatório encontrar-se vazio, a além do led vermelho ascender, uma mensagem no display, aparecerá informando nível crítico e um *buzzer* será acionado afim de avisar quem estiver nas adjacências da praça de bombas.

Neste momento também o usuário responsável pelo gerenciamento da IE (Instalação Elevatória), já recebeu uma mensagem SMS, com a informação do ocorrido. O algoritmo é programado para operar com uma margem de segurança de 30 porcento na previsão de escassez, ou seja, antes mesmo do nível de água entrar em nível crítico, o operador receberá a informação que ou o RS ou o RI não estão sendo devidamente abastecidos. A tabela 3.3 lista os alertas em forma de mensagens, vinculadas aos distúrbios reconhecidos.

Ao se pressionar a tecla sustenido do teclado numérico, a qualquer momento, o usuário

tem acesso ao menu do sistema, onde o mesmo tem condições de escolher opções de visualização, tais como: quantidade de água no RS e RI, total restante, corrente elétrica da motobomba, vazão no barrilete, quantidade de vezes que a bomba acionou no dia, telefone cadastrado para recebimento das mensagens, além dos valores das variáveis do método de *Forcheimmer*. Uma função de limpeza também pode ser executada a partir do acesso à este menu. A função *clean* fecha a válvula solenóide do RI, vedando o abastecimento de água, desliga os sensores e o relé do microcontrolador evitando o acionamento da motobomba para que possa ser efetuado o processo de limpeza e drenagem dos reservatórios quando necessário. Vale salientar que este processo também gera um código para o operador responsável, informando que a Instalação elevatória (IE) encontra-se programada para o modo *clean*, conforme tabela 3.3.

Uma outra função presente na programação do sistema, diz respeito à função *outhome*. Trata-se de uma alternativa para o usuário informar ao sistema que não haverá ocupantes no imóvel no período enquanto durar a função. Ou seja, esta é uma função basicamente para perfis residencias tipo casas, onde uma família inteira pode passar o final de semana fora de casa. Desta forma, o microcontrolador está sendo informado que haverá consumo igual a zero e para que haja disparo de alarme nos casos de presença de vazão, indicando consumo. Uma forma de aproveitamento desta função, por exemplo, é comprovar vazamentos caso seja registrado algum consumo enquanto não haja ocupantes na residência.

Já a última função, permite ao sistema entrar no modo econômico, não permitindo o acionamento da bomba (em condições normais) nos horários compreendidos entre 0h00 e 04h30. Essa função pode ser usada opcionalmente para que sejam evitados gastos com energia elétrica e para que seja ampliada a vida útil de utilização da bomba evitando o desgaste acelerado dos componentes e rolamento. Para isso o usuário deve procurar no menu a função *efficiency*.

Todas essas funções apresentadas, podem ser habilitadas também remotamente caso o usuário opte pela comodidade ou alteração de perfil de funcionamento da Instalação

Tabela 3.4. Lista de códigos enviados pelo usuário

Código	Ação
closeri	Fecha a válvula solenóide inferior
clorers	Fecha a válvula solenóde superior
f1l	Habilita a função clean
f2l	Habilita a função outhome
f3l	Habilita a função efficiency
inf	Solicita informações do sistema

Tabela 3.5. Comandos AT iniciais

Comando	Significado
AT	Comando básico para testar a comunicação
AT+CMGF=1	Configura as mensagens para modo texto
AT+CMNI=3,1	Configura para que as SMS recebidas sejam enviadas para a serial
AT+CPMS	Configura onde as SMS serão armazenadas
AT+CMGR	Efetua a leitura da SMS
AT+CMGS	Envia a SMS

Elevatória. Na tabela 3.4 estão listadas às mensagens as quais serão recebidas pelo modem e interpretadas pelo controlador.

A programação do microcontrolador, possui um grande número de algoritmos complexos com funções diferentes, porém sequenciados de forma à não permitir falhas na execução de tarefas. O algoritmo de comunicação por exemplo, forma o código do distúrbio, incia a linha *begin* do serial para que o modem inicie a configuração das mensagens para modo texto conforme comandos especificados na tabela 3.5 e compile os AT's subsequentes.

Assim que o microcontrolador, forma o código de distúrbio, este é impresso na linha de comando responsável pelo envio da mensagem e posteriormente o número de telefone previamente cadastrado, é impresso na linha subsequente fechando o ciclo limitado por um comando tipo *byte* retornando o modem novamente para o modo de espera. De forma análoga, assim que modem recebe uma SMS, o controlador executa o algorítimo para a execução que estiver vinculada aquele comando. Isto só é possível porque o a estrutura algorítmica está constantemente lendo o campo de mensagens armazenadas AT. Ou seja, enquanto o valor do campo for zero, a leitura será cíclica até a mudança de estado.

CAPÍTULO 4

APLICAÇÃO E RESULTADOS

Este capítulo aborda os resultados obtidos após todas as etapas de prototipagem. A escolha dos hardwares bem como a leitura prévia sobre a potencialidade e funcionalidade de dispositivos similares, foram essencialmente importantes para a verificação de atendimento da demanda e cumprimento dos requisitos previstos inicialmente. Para a fase de testes, foi montada uma estrutura laboratorial de vasos comunicantes no laboratório de Hidráulica da UEFS (Universidade Estadual de Feira de Santana). Este laboratório ilustrado na figura 4.1 contou com a consultoria e participação do Prof. Diogens Senna, inspetor chefe do CREA de Feira de Santana e professor das disciplinas de instalações hidráulicas e sanitárias do Departamento de Tecnologia da UEFS. O ambiente simula uma instalação elevatória com variáveis adaptadas às limitações físicas e financeiras uma vez que todo o projeto foi custeado por expensas próprias.

Para instalação do RS definiu-se uma altura geométrica de 3,5 metros para instalação do reservatório superior com capacidade para 250 litros. O reservatório inferior instalado logo abaixo, também com capacidade para 250 litros é alimentado por um outro reservatório com capacidade para 500 litros que simula o abastecimento urbano. Este último reservatório, recebe a água proveniente do RS e abastece o RI. Por isso encontra-se 1,5 metro do nível do solo. Desta forma garantimos abastecimento continuado e sem a necessidade de renovação de água.

Para recalcar a água do RI para o RS foi instalada uma bomba de 1,0 CV com uma unidade contatora acoplada ao relé termomagnético. Esta estrutura principal, simula um ambiente onde está presente uma instalação elevatória simples. À Esta estrutura aos poucos foi-se incorporando os componentes do sistema como a válvula solenóide e o sensor

(a) Suporte elevatório com escada.

(b) Vasos comunicantes.

Figura 4.1. Estrutura montada para testes

de vazão. Posteriormente, os eletroníveis foram substituídos pelos sensores ultrassônicos, o sensor de efeito *hall* para corrente elétrica da bomba foi instalado até o módulo de controle do sistema ser incorporado ao comando elétrico da motobomba.

4.1 ALGORITMOS

A experiência laboratorial permitiu testar o protótipo ainda de forma incompleta a cada etapa afim de verificar se os componentes reagiriam bem no momento da instalação e se os mesmos efetuariam as impressões de dados corretamente. Para realizar essas comparações o sistema foi aplicado nesta simulação laboratorial haja vista a facilidade de controle das variáveis. Um dos principais problemas nesta fase foi a impossibilidade de recebimento de leituras instantâneas e já convertidas para as unidades à serem trabalhadas.

Os sensores enviam pulsos digitais, oscilando entre níveis altos e níveis baixos, de acordo com a ativação do dispositivo. Para que as leituras fossem feitas e impressas no cristal líquido e na porta serial do arduino, foram precisos a criação de algorítimos

que convertessem esse tipo de entrada em valores absolutos e reais dentro da realidade estudada. Por isso a prática laboratorial permitiu que na fase de testes dos algorítmos fosse comparada a leitura fornecida com o valor devido uma vez que as variáveis nos laboratório são facilmente comparáveis.

Foram estruturados algorítmos para leitura dos sensores de vazão, sensor *hall* de corrente elétrica e sensores ultrassônicos. Como já explicitado anteriormente, estes sensores precisaram ser modelos matemáticos para que sua leitura fosse convertida em inversões de distância, Ou seja, quanto maior a distância com a lâmina dágua, menor seria a quantidade de fluido dentro do reservatório e para a redução das variações de leitura causado pelas ondulações provenientes do impacto da água existente no reservatório com a da entrada.

Para o sensor de vazão, o algoritmo prevê a leitura de pulsos dentro de um espaço de tempo. O algoritmo executa a contagem para uma amplitude de ondas quadradas dentro de um *delay* previamente programado, e as demais rotinas convertem para litros por minuto. Caso os pulsos não sejam enviados, o microcontrolador entende que não existe vazão e executa as sub-rotinas de verificação para que seja constatado algum distúrbio ou simplesmente constate que não existe consumo naquele momento. Esses *loops* de verificação servem também para denotar aumento significativo de pulsos naquele mesmo espaço de tempo para que sejam executadas as próximas estruturas de verificação.

O literata da área de informática, [19], destaca que um algoritmo não representa, necessariamente, um programa de computador, e sim os passos necessários para realizar uma tarefa. Sua implementação pode ser feita por um computador, por outro tipo de autômato ou mesmo por um ser humano. Diferentes algoritmos podem realizar a mesma tarefa usando um conjunto diferenciado de instruções em mais ou menos tempo, espaço ou esforço do que outros. Tal diferença pode ser reflexo da complexidade computacional aplicada, que depende de estruturas de dados adequadas ao algoritmo.

Por isso toda a base de instruções foi cuidadosamente desenhada, corrigida e aplicada afim de prever uma flexibilidade no momento de aglutinação dos algoritmos dos demais

dispositivos. A cada entendimento de erro, o algoritmo que estiver em processo de compilação, pode entrar em execução e disparar a leitura de outras instruções afim de checar outras variáveis e assim concretizar o envio de alarme. Por isso esta fase do projeto foi a que mais demandou esforços e tempo.

4.2 RESULTADOS

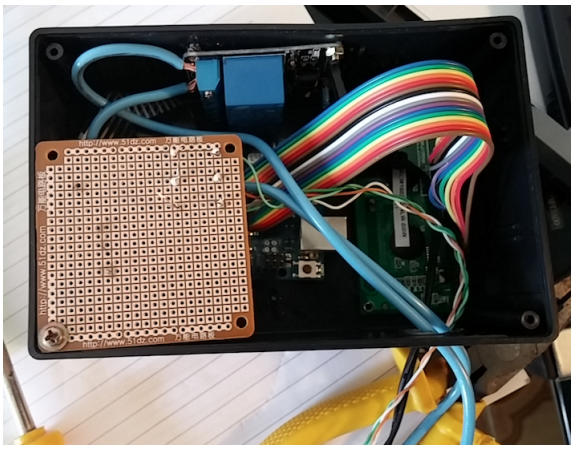
Após a programação e instalação no laboratório, o sistema foi testado através de simulação de falhas, que puderam ser realizadas através de válvulas e registros e disjuntores instalados na microinstalação elevatória para este fim. O primeiro teste executado foi a capacidade de manutenção da alimentação elétrica/eletrônica do módulo. Como a válvula solenóide e o sensor de vazão operam com sinais de tensão diferentes de 12 V e 5 V, foi preciso a aquisição de uma fonte estabilizada de 12 V simples que servisse a tensão nominal da válvula solenóide.

O sistema se mostrou completamente estável, sem variações de valores mesmo após o acionamento da bomba. O segundo teste realizado ainda com relação a alimentação foi a simulação de uma falha de alimentação geral. Para isso, o disjuntor geral foi desarmado causando o desligamento do sistema. O mais importante a se constatar com esta falha diz respeito a capacidade do sistema continuar operando nas mesmas condições sem a necessidade de reprogramação.

O arduino mantêm o código no controlador até que seja dado um comando de *reset* para limpar os dados de programação. Então como já era de se esperar o sistema permaneceu programado. A partir de então surgiu uma nova possibilidade de detecção de distúrbio que seria uma falta de energia por exemplo. Durante o dia, moradores que não estiverem utilizando nenhum eletrodoméstico, não percebem a falta de energia ou quando a percebem esquecem que a água tem relação direta com a eletricidade haja vista necessidade da bomba para recalcar a água para o (RS).

A partir deste contexto, o módulo de controle recebeu mais um componente que foi

(a) Acabamento estético do MC.



(b) Topologia interna.

Figura 4.2. Protótipo em fase de finalização

uma bateria de 5 V responsável em alimentar o microcontrolador e o modem GSM no momento de uma falta de energia para que o modem envie uma mensagem de falha geral conforme tabela 3.3, visualizado no celular do técnico como ilustrado na figura 4.3.

O próximo teste realizado foi a possibilidade de identificação de falta de abastecimento do (RI) e do (RS). Esta simulação foi realizada, efetuando o fechamento dos registros na descida do (RS) e no abastecimento do (RI). Após este procedimento os testes foram realizados isoladamente, interrompendo a abastecimento do (RS) e depois do (RI) e vice-versa. Todas as combinações de falha de abastecimento foram testadas e funcionaram perfeitamente, provocando uma chuva de alarmes através das SMS recebidas no aparelho celular.

Cada distúrbio testado através do método de simulação de fallhas, foram devidamente comprovados em modos de estudos isolados. Foram catalogados e estudadas todas as falhas possíveis no (RI), depois na sucção, moto boma, comando elétrico, recalque e por fim o (RS). Após comprovada a eficácia do sistema, realizou-se a instalação do protótipo (figura 4.2) em uma unidade elevatória afim de verificar a proporcionalidade dos parâmetros.

Figura 4.3. SMS recebida de Falha geral de Alimentação.

APLICAÇÃO

A Universidade Estadual de Feira de Santana, além de possuir muitas unidades administrativas, possuem um grande complexo de pavilhões acadêmicos separados em 7 módulos. Cada módulo, possui no mínimo uma instalação elevatória. O senhor, Luiz Muniz Fiuza, presta serviços na unidade de infra-estrutura da UEFS na condição de encanador há mais de 17 anos. Segundo Fiuza, dentre as tarefas agendadas pelo serviço de manutenção da universidade, existe um protocolo cotidiano e imprescindível para o início das atividades.

Este protocolo consta da inspeção manual de no mínimo 34 reservatórios entre superiores e inferiores com intuito exclusivo de verificação do nível e da ausência ou presença de fluido nestas instalações. Fiuza explica que o procedimento é necessário para garantir que todos os setores da universidade tenha o abastecimento de água garantido.

Porém manifesta que o tempo despendido para a execução desta tarefa rotineira é de no mínimo 2 horas. Ou seja, este tempo poderia ser facilmente redirecionado para as

demandas existentes em todo o campus uma vez que não existem funcionários habilitados suficientes para evitar filas de serviços.

Pautado neste incômodo enfrentado pelo setor de manutenção da UEFS, o sistema foi instalado com autorização da setor responsável em um dos módulos para que podesse ser testado em um ambiente real. A instalação foi auxiliada por outro profissional, no módulo 6 da instituição, em virtude de possuir maiores problemas em decorrência do elevado número de estruturas dependentes dos reservatórios. Posteriormente foi cadastrado o número de telefone celular do Sr. Fiuza sem que o mesmo soubesse a localização da instalação do sistema.

Por possuírem altíssima demanda, os reservatórios do módulo 6 tiveram seus níveis de água reduzidos precisamente às 20h47. O Sr. Fiuza foi informado que o fluido no (RI) do módulo 6 estava se esgotando, ou seja, foi disparado o alarme de nível crítico do (RI). De posse desta informação o primeiro lugar a ser visitado na sua jornada de trabalho foi a referida instalação afim de sanar o problema, atuando de forma preventiva. Além disso no dia seguinte o mesmo foi orientado a responder com uma mensagem de texto contendo a palavra *inf*. O resultado foi extremamente positivo e naquele momento o modem respondeu com o nível de fluido exato expresso em litros de cada reservatório.

CAPÍTULO 5

ANÁLISE MERCADOLÓGICA

Um dos fatores levados em consideração no momento da escolha de um dispositivo é o investimento necessário que a o usuário precisa fazer para adquiri-lo. Infelizmente essa realidade estende-se a instalações que exigem substituições e manutenções por especificação técnica. Os edifícios possuem despesas fixas com insumos necessários para o funcionamento da estrutura e a aquisição de um sistema completo como o elaborado neste projeto pode se tornar inviável a depender do preço.

O dispositivo elencado no escopo deste projeto mais verossímil com o sistema desenvolvido custa em média 387,00 reais. Este dispositivo possui funções básicas de identificação visual de funcionamento da bomba e indicadores luminosos de nível. De fato torna-se um alto investimento para um aparelho limitado, podendo inclusive não contribuir nos aspectos técnicos demandados pela edificação.

O custo operacional de um dispositivo como este é praticamente nulo, uma vez que a lógica de programação foi desenvolvida pelo próprio autor. No entanto, no momento da montagem dos componentes o projeto foi sendo onerado em virtude da aquisição dos *hardwares*. Todos os componentes foram adquiridos em sites especializados na venda de recursos tecnológicos e materiais elétricos e eletrônicos.

Esta escolha na compra teve como motivação a variação de preços traçando uma comparação entre o mercado nacional e internacional. Um fator que fomenta essa discrepância de valores é a falta de uma política nacional que valorize as iniciativas e empresas do setor tecnológico. Todas as empresas incorrem em custos administrativos no processo de pagamento para os fornecedores de bens ou serviços adquiridos, e esses custos são pagos por parte das receitas advindas das vendas.

Tabela 5.1. Custo dos componentes utilizados

Componentes	Quantidade	Preço unitário (reais)	Sub total(reais)
Placa Arduino Rev3	1	35,00	35,00
Sensor Ultrassônico HSC	2	9,00	18,00
Sensor de vazão FS03	1	8,00	8,00
Válvula solenóide 2W	2	40,00	80,00
Sensor de corrente efeita hall	1	2,00	2,00
Módulo Relé 2 canais	1	9,00	9,00
Placa fenolite 4x4	2	2,80	5,60
Display LCD 16x2	1	9,00	9,00
Modem GSM TC35	1	28,00	28,00
Led	6	0,25	1,50
Teclado numérico matricial	1	5,60	5,60
Bateria 5V	1	1,75	1,75
Buzzer	1	0,50	0,50
Total(reais)			203,95

Por isso o custo final do produto tende a aumentar quando incorporado o custo dos impostos com o valor real dos componentes tecnológicos. A perspectiva de comercialização do sistema como um produto passivo de tributação é contornado pelo fato da execução e montagem serem processos essencialmente artesanais, ou seja, sem tributos aplicados diretamente na fase de montagem diferenciando-se pela inteligência agregada providencialmente gratuita. Sendo assim espera-se que sua comercialização seja realizada com um preço final compatível com disponibilidade da folha de orçamentos e pagamentos de edificações, casas comerciais, residenciais, hospitais, mercados, etc.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Após a finalização das etapas do projeto e seu correto funcionamento, uma gama de opções foram contempladas para melhorias de algumas peculiaridades de funcionamento, gerenciamento e otimização do sistema. Porém com a limitação de tempo, algumas modificações foram postergadas para serem aproveitadas em outro momento.

Para maior segurança da integridade do sensor ultrassônico, é fundamentalmente importante que o mesmo seja encapsulado em material impermeável sem que haja perda da

capacidade de leitura. Desta forma protegendo-o de intempéries climáticas.

Uma vez que o sensor ultrassônico funcionou corretamente com aplicação para leitura de nível de água, a idéia é que este também possa servir para outros tipos de fluidos químicos, como por exemplo o petróleo e seus derivados na esfera industrial.

Outra melhoria pensada para o sistema foi a criação de uma rede neural para associação dos caracteres dos distúrbios. A intenção é treinar uma rede que seja capaz de formar conjuntos de palavras de acordo com cada falha apresentada, dispensando a utilização de algoritmo específico.

A adoção desta medida favorecerá também a identificação de um número maior de distúrbios sem a necessidade do programador prevê-los acarretando a diminuição do tempo despendido na programação do microcontrolador e aumentando a lista de comandos que podem ser enviados remotamente.

Devido à limitações técnicas, as únicas informações que o sistema fornece com o envio de SMS são os níveis dos reservatórios. Por isso a intenção é agregar todas as informações calculadas pelos modelos matemáticos e disparar vis SMS em pacotes separados.

Ainda no sequenciamento de melhorias futuras está a substituição de códigos de distúrbios por palavras ou frases inteiras de no máximo 140 caracteres. Assim o operador não precisa decorar ou consultar o manual para interpretação dos códigos gerados pelo sistema.

Através destas medidas, intrinsecamente será construído um sistema supervisório de maior abrangência para aplicações não apenas ena esfera predial e residencial, como também na esfera industrial.

Para a comunicação é previsto o alinhamento com tecnologia *Bluetooth* já que erros de *script* e de incompatibilidades foram verificados na tentativa de inserção neste projeto. Para um melhor aproveitamento desta tecnologia, faz-se necessário a alteração algorítmica que se realizadas neste momento, criariam um efeito dominó desconfigurando toda a lógica de programação. Por este motivo decidiu-se por ora a não incorporação desta tecnologia.

A adoção desta linha de comunicação é fundamental para o recebimento dos dados se o usuário estiver próximo do módulo de controle. Esta medida dispensaria o envio de SMS pedindo informação do sistema ao microcontrolador.

Um detalhe de segurança foi alvo de preocupação no momento de comunicação com o GSM. Trata-se da possibilidade de qualquer usuário mesmo que não tenha vínculos com aquela instalação elevatória, poder operar o sistema com envio de um SMS. Por isso em projetos futuros pensou-se em inserir uma senha numérica de 4 dígitos onde o modem GSM só executaria as linhas de comando caso recebesse esses caracteres.

5.2 CONCLUSÃO

A utilização racional de energia, às vezes chamada simplesmente de eficiência energética, consiste em usar menos energia para fornecer a mesma quantidade de valor energético [20]. Os equipamentos domésticos, escritório, carro, a iluminação nas ruas e até as centrais que produzem e distribuem energia, quer ela seja eletricidade, gás natural ou outra, consomem de alguma forma uma fonte de energia.

Edifícios energeticamente eficientes, processos industriais e de transporte poderiam reduzir as necessidades energéticas do mundo em 2050 por um terço de acordo com [21], e será essencial no controle das emissões globais de gases com efeito estufa, de acordo com a Agência Internacional de Energia. A adoção de soluções ou medidas eficientemente energéticas em edifícios pode passar como por exemplo, por colocar um isolamento térmico de modo a se consumir menos energia para aquecimento e arrefecimento mantendo a mesma temperatura, instalar lâmpadas econômicas, em vez de lâmpadas incandescentes para atingir o mesmo nível de iluminação, e sobretudo criar políticas de aquisição de equipamentos que gerenciem os recursos hídricos e elétricos.

Segundo, [22], como todo país em desenvolvimento, o Brasil tem uma grande demanda reprimida de energia mas os índices nacionais de perda e desperdício de eletricidade também são altos. O total desperdiçado, segundo o Procel, chega a 40 milhões de kW,

ou a USS 2,8 bilhões, por ano. Os consumidores indústrias, residências e comércio - desperdiçam 22 milhões de kW; as concessionárias de energia, por sua vez, com perdas técnicas e problemas na distribuição, são responsáveis pelos 18 milhões de kW restantes.

Portanto, além de promover a substituição de insumos esgotáveis (combustíveis fósseis) e a redução da intensidade do uso de energia, qualquer política energética deve estimular a eficiência e o combate ao desperdício por meio de melhorias em equipamentos para garantir a incorporação de novas tecnologias, mais eficientes.

Um exemplo bem sucedido desta aplicação, motiva a adequação para manutenção completa de uma mega estrutura como o campus universitário. Porém seria preciso a aquisição de mais componentes as quais fossem o número de estruturas demandadas. O modelo ideal para a necessidade do setor de manutenção da UEFS, seria a instalação deste sistema em cada instalação elevatória com o intuito de se obter dados separados e concretos de qualquer ponto do campus.

Os protocolos iniciais de atividades poderiam ser substituídos exclusivamente pela comunicação com os modens de cada ponto ou seja, ao enviar a palavra inf, para cada sistema elevatório, os níveis seriam informados remotamente sem a necessidade de deslocamento de um técnico para esta função. Todo o processo de recalque seria companhado pelo supervisório e em casa de falhas, o técnico seria avisado ou direcionado instantaneamente.

Esta seria apenas um exemplo de aplicação, porém o propósito deste projeto é que o sistema seja um componente residente em todos os tipos de edificações que possuem (IE). Tornar hábito de utilização do sistema é garantir as sustentabilidades técnica e ambiental, bem como proporcionar eficiência energética das casas e dos edifícios.

REFERÊNCIAS

[1] H. P. GOMES. *Sistemas de Bombeamento: Eficiência Energética*, volume 1, chapter Sistemas de Bombeamento, pages 1–71. UFPB, 2009.

[2] J. Archibald. Instalações hidráulicas prediais e industriais. In LTC, editor, *Instalações Hidráulicas*, volume 2, pages 10–17, August 2010.

[3] A.Q. AKAN. *Engenharia Hidráulica.* 4ª edition, 2012.

[4] OLIVEIRA L. H. Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios. Technical report, USP, 1999.

[5] J. R. CARVALHO. *Instalações Hidráulicas e o Projeto de Arquitetura.* 7ª edition, 2013.

[6] A. BIANCHI. *Recursos Hídricos No Século XXI.* 1ª edition, 2013.

[7] M. TUNDISI, J.G.; TAKAKO. *Recursos Hídricos No Século XXI.* 1ª edition, 2013.

[8] L. K. SHAMAS, N. K.; WANG. *Abastecimento de Água e Remoção de Resíduos.* 3ª edition, 2013.

[9] L. N. GARCEZ. *Elementos de Engenharia Hidráulica e Sanitária.* 1ª edition, 2011.

[10] J.C. MARTINS. Sistema sônico de detecção e localização de vazamentos (slds).

[11] F. S. ANDRADE. *Sistemas Embarcados: Hardware e Firmware na Prática.* 1ª edition, 2011.

[12] John E. Gribbin, John E.; Gribbin. *Introdução À Hidráulica , Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais.* 2ª edition, 2013.

[13] *Instalacoes Hidráulicas e Sanitarias.* LTC, 2011.

[14] Sánchez M. Ochoa-Franco C. Noguerón C. Gama-Moreno L., Reyes J. Instrumentation of a water-leaks detection system controlled via the short message service through the gsm network. *IEEE*, 5(5):556 – 557, 2010.

[15] I.S. MOREIRA. *Sistemas Hidráulicos Industriais.* 2ª edition, 2012.

[16] A. B. FIALHO. *Automação Hidráulica - Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos.* 1ª edition, 2010.

[17] Associação Brasileira de Normas Técnicas. Nbr 5626 - instalações prediais de água fria. ABNT, 1998. Acesso em: 20 jun. 2010.

[18] P. C. S. Telles. *Tabelas e Gráficos Para Projetos de Tubulações.* 7ª edition, 2013.

[19] E. L. F. SENNE. *Primeiro Curso de Programação em C.* 1ª edition, 2006.

[20] K.S. GLÓRIA. Metodologias alternativas para detecção e localização de vazamentos. In UFRJ, editor, *Instalações Hidráulicas*, volume 2, pages 10–17, August 2002.

[21] *Agenda Bahia 2013*, 2013.

[22] Araruna Júnior-Santos Antunes Michelle Matos De Souza, José Tavares. Uso do gpr para detecção de vazamentos de Água. *IEEE*, pages 1–15, 2010.

[23] Imóveis e Condomínios Associação das Administradoras de Bens. Administração condominal - rotinas e responsabilidades, 2013.

[24] Laboratório de garagem. www.labdegarage,.com.br/loja, acessado em 06/05/2013.

[25] Plataforma de prototipação Arduino. www.arduino.cc, acessado em 12/03/2012.

[26] PROCEL SANEAR Programa de Eficiência Energética em Saneamento Ambiental. Eficiência energética. Technical report, Governo Federal, 2008.

[27] Eletronic Commercial EUA, Disponível em:. http://www.ebay.com/electronics, acessado em 23/02/2013.

[28] Deal Extreme EUA, Disponível em:. http://dx.com/pt/c/consumer-electronics-199, acessado em 14/04/2013.

[29] WDL SISTEMAS ELETROMECANICOS LTDA. Rio de Janeiro Disponível em:. http://www.bombac.com.br/bombac/bombac-nivel-30, acessado em 08/12/2012.

[30] INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL INPI, Disponível em:. https://gru.inpi.gov.br/ppi/jsp/patentes/patentesearchbasico.jsp, acessado em 03/07/2012.