



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS – CMPF
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

GLEIMY FERREIRA BRASIL

AUTOMAÇÃO E MONITORAMENTO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE
ÁGUAS PLUVIAIS PARA UTILIDADES NÃO POTÁVEIS

PAU DOS FERROS

2018

GLEIMY FERREIRA BRASIL

**AUTOMAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA UTILIDADES
NÃO POTÁVEIS.**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado
a Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
como parte das exigências para a obtenção do
título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Me. Pedro Thiago Valério de
Souza

PAU DOS FERROS

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

B823a BRASIL, GLEIMY FERREIRA.
AUTOMAÇÃO E MONITORAMENTO DE UM SISTEMA DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA UTILIDADES
NÃO POTÁVEIS / GLEIMY FERREIRA BRASIL. - 2018.
35 f. : il.

Orientador: PEDRO THIAGO VALÉRIO SOUZA.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2018.

1. Automação residencial. 2. Aproveitamento. 3.
Águas pluviais. 4. Água. I. SOUZA, PEDRO THIAGO
VALÉRIO, orient. II. Título.

GLEIMY FERREIRA BRASIL

**AUTOMAÇÃO E MONITORAMENTO DE UM SISTEMA DE
APROVEITAMENTO DE AGUAS PLUVIAIS PARA UTILIDADES NÃO
POTÁVEIS**

Monografia apresentada como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido.

Defendida em: 13 /09 / 2018.

BANCA EXAMINADORA

Pedro Thiago Valério de Souza

Prof. Me. Pedro Thiago Valério de Souza (UFERSA)

Presidente

Vinicius Samuel Valério de Souza

Prof. Dr. Vinicius Samuel Valério de Souza (UFERSA)

Membro Examinador

Cecílio Martins de Sousa Neto

Prof. Dr. Cecílio Martins de Sousa Neto (UFERSA)

Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado forças para chegar até aqui, e me mostrando sempre que não podemos desistir dos nossos objetivos na primeira dificuldade que aparecer. Com esforço e dedicação chegamos sempre onde queremos.

A minha família que sempre me apoiou, em especial a minha mãe Gardênia Maria dos Santos Ferreira e meu irmão Glênio Ferreira Brasil, que sempre me incentivaram a seguir em frente nos estudos e me proporcionaram todo o suporte necessário nesta caminhada acadêmica.

Agradeço também ao meu orientador, o Professor Pedro Thiago Valério de Souza, primeiramente por ter me orientado e incentivado a realizar este projeto, por toda a paciência e pelo conhecimento que me repassou durante a realização do projeto.

A todos os meus amigos que me incentivaram de alguma forma a seguir firme nesta caminhada, em especial aqueles que ajudaram bastante durante toda essa jornada, Felipe Lira, João Carlos, Wesley, Mano Àvilo, Andtalys, Mozar e Ravi. Agradeço também por todas as nossas conversas e resenhas que me deixavam bem mais leve.

A minha namorada, Giselly Andreza sempre me passando as melhores energias possíveis.

A todos que de alguma forma me ajudaram na realização deste projeto, muito obrigado!

RESUMO

O presente trabalho demonstra o funcionamento de um protótipo que busca simular automação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, utilizando três reservatórios de plástico, uma base de madeira e um funil. Representando o sistema de captação, armazenamento e distribuição de água para fins não potáveis. A automação foi desenvolvida com dispositivos eletromecânicos juntamente com o desenvolvimento lógico, onde foi utilizado um microcontrolador Atmega 328p, determinando as funções de cada dispositivo de acordo com a situação que o sistema se apresente.

O principal objetivo do trabalho foi desenvolver um protótipo automatizado e eficiente, com a finalidade de fazer um aproveitamento de águas pluviais, buscando diminuir o uso da água potável para fins menos nobres como descargas, regar jardins e lavar calçadas.

Podemos dizer que os resultados foram bem satisfatórios, visto que o sistema como um todo respondeu de acordo com o esperado para todas as situações previstas. A bomba e as válvulas solenoide atuando corretamente junto com os sensores de nível. Diante disto podemos constatar a importância do desenvolvimento do projeto, contribuindo para um consumo sustentável de água, uma pequena economia financeira e diminuindo as rotinas residenciais.

Palavras-Chave: Automação residencial; Aproveitamento; Águas pluviais; Água.

ABSTRACT

The present work demonstrates the operation of a prototype that seeks to simulate automation of a rainwater harvesting system, using three plastic reservoirs, wooden base and a funnel, representing the system of abstraction, storage and distribution of water for non-potable purposes. The automation was developed with electromechanical devices along with the logical development, where an Atmega 328p microcontroller was used, determining the functions of each device according to the situation that the system presents itself.

The main objective of the work was to develop an automated and efficient prototype with the purpose of making use of rainwater, seeking to reduce the use of drinking water for less noble purposes such as discharges, watering gardens and washing sidewalks.

We can say that the rest were very satisfactory since the system as a whole responded according to the expected for all the situations predicted. The pump and the solenoid valves acting correctly together with the level sensors. In view of this we can see the importance of the development of the project, contributing to a sustainable consumption of water, a small financial economy and reducing residential routines.

Keywords: Residential automation; Exploitation; Rainwater; Water.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição de água no planeta.....	1
Figura 2: Uso da porcentagem de água doce disponível para o consumo.....	2
Figura 3: Visão geral de um sistema de controle	8
Figura 4: Sistema de captação, descarte e armazenamento de agua pluviais.....	10
Figura 5: Sistema de abastecimento no período de seca	11
Figura 6: Integração do sistema completo.....	12
Figura 7: Microcontrolador Atmega328p	13
Figura 8: Bomba.....	14
Figura 9: Válvula Solenoide	15
Figura 10: Módulo Relé	15
Figura 11: Sensor de nível lateral magnético	16
Figura 12: Sensor de chuva	17
Figura 13: Diagrama de transições de estado para o controle da válvula 1	18
Figura 14: Diagrama de transições de estado para o controle da bomba	19
Figura 15: Diagrama de transições de estado para o controle da válvula 2	20
Figura 16: Protótipo	21

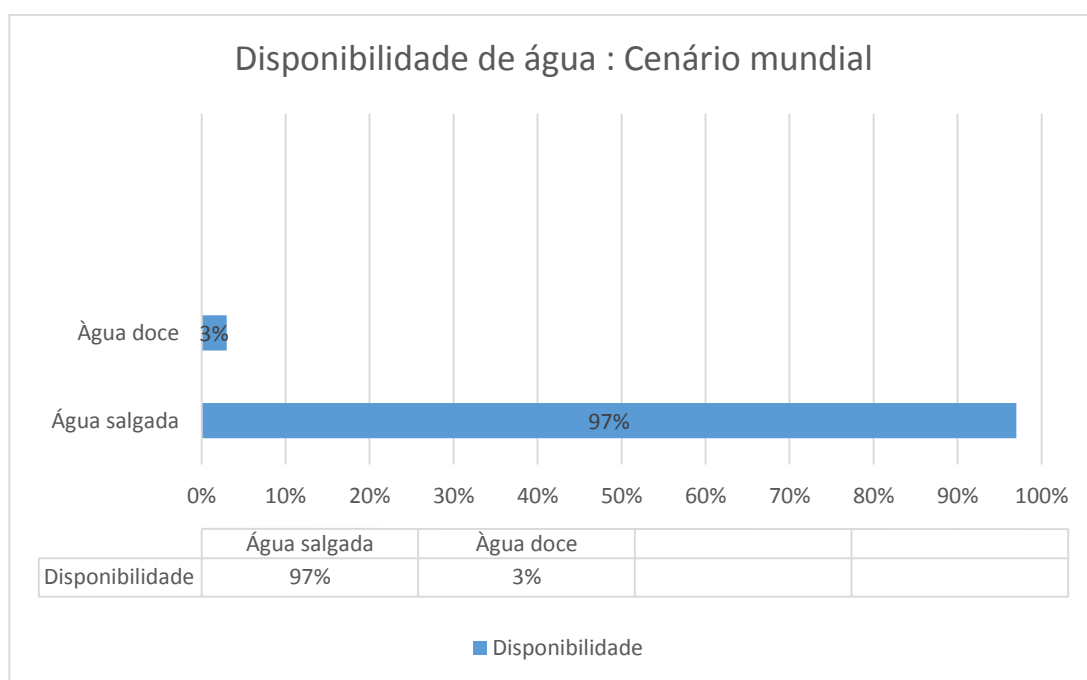
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivo	3
1.1.1 Objetivo Geral	3
1.1.2 Objetivo específico	3
1.2 Método de pesquisa	3
2. REFERENCIAL TEORICO	5
2.1 Recursos Hídricos	5
2.2 Automação Residencial	5
2.3 Níveis de automação	6
2.4 Benefícios da automação residencial	7
2.5 Visão geral do sistema de automação	7
3. SISTEMA PROPOSTO	9
3.1 Visão geral do projeto	9
3.2 Sensores, atuadores e microcontrolador	12
3.2.1 Controlador lógico	12
3.2.2 Motor bomba	13
3.2.3 Válvula solenoide	14
3.2.4 Relé	15
3.2.5 Sensor de nível	16
3.2.6 Sensor de chuva	16
3.3 Regras de controle	17
3.3.1 Regra de controle para válvula 1	17
3.3.2 Regra de controle para o motor	19
3.3.3 Regra de controle para válvula 2	20
3.4 Maquete do projeto	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
5.1 Trabalhos futuros	24
REFERÊNCIAS	25

1. INTRODUÇÃO

A água é um elemento de suma importância para a sobrevivência de todos os seres vivos da terra, tornando-se assim um recurso vital para a consistência de todo ecossistema terrestre. De acordo com Grassi (2001), a água ocupa quase toda superfície do planeta, cerca de 71% de toda superfície, subdivididos basicamente em água salgada dos oceanos e água doce dos rios, solos, lagos e riachos. De toda a porcentagem que cobre o globo, 97% dela é de água salgada, ou seja, indisponível para o consumo. Apenas 3% corresponde a água doce, em que sua grande parte é distribuída de forma a não possibilitar o seu uso, como por exemplo, nas geleiras, no subsolo ou em regiões de difícil acesso. Desta maneira, resta apenas uma pequena parcela de todo este bem para o consumo, cerca de 0,23% de toda água do planeta. A Figura 1 apresenta a divisão entre água salgada e água doce no planeta.

Figura 01: Distribuição de água no planeta

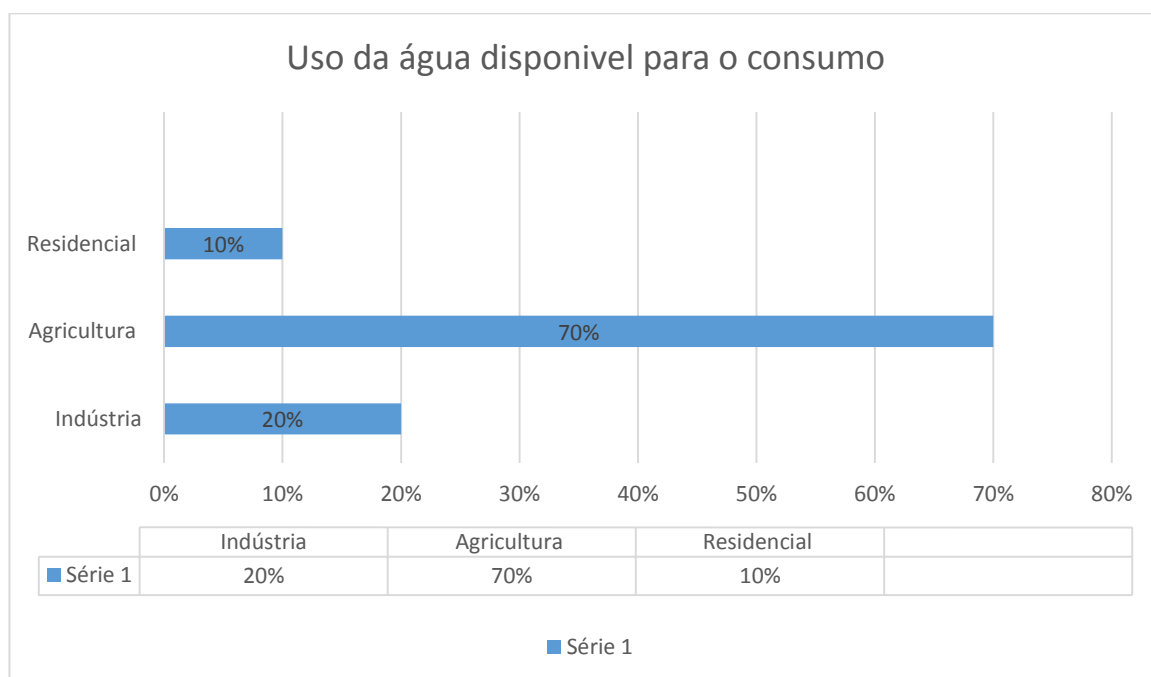


Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 2 mostra a utilização da parcela de 0,23% de toda a água disponível para o consumo no mundo. Nota-se que boa parte do consumo deve-se as atividades industriais e agricultura. O consumo correspondente a uma residência, embora menor que as outras atividades, corresponde a 10% de todo o consumo de água potável no planeta.

Ainda segundo Grassi (2001), conforme citado por Magalhães (2011) a água é um fator de extrema importância para o desenvolvimento social desde o antigo Egito 5.000 a.c., onde se descobriu que o cultivo dos alimentos dependia diretamente da água utilizada para este fim. Como resultado desta melhor forma de sobreviver, muitas civilizações desenvolveram-se nas proximidades dos rios, buscando suprir suas necessidades domésticas e agrícolas.

Figura 02: Uso da porcentagem de água doce disponível para o consumo



Fonte: <https://www.crq4.org.br>

É notório que, a distribuição de água no planeta propícia para o consumo é bastante irregular, levando em consideração também o crescente consumo deste bem e o aumento da sua degradação, podemos dizer que estes fatores são os principais problemas para a escassez de água hoje no mundo.

Quando falamos no aumento do consumo de água, adentramos em um fator importantíssimo para esta elevação, que é o desperdício. Diante das circunstâncias aqui relatadas, é necessário que haja uma maior conscientização da população, pois, a água não é um bem inesgotável, desse modo, é importante que sejam tomadas medidas para sua melhor utilização, tanto para o aproveitamento quanto para sua preservação.

Numa residência existe diversas ações que podem ser automatizadas visando a redução do consumo de água, tais como o aproveitamento de água pluviais e o controle de

níveis de água em caixa d'água, realizando um controle e aproveitamento automatizado, proporcionando uma melhor utilização deste bem.

Diante disso, o presente trabalho busca propor um sistema automatizado de aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis, visando diminuir o uso da água potável. O sistema é implementado utilizando um microcontrolador ATmega 328p, da família AVR, diminuindo bastante o custo de implementação. O sistema foi avaliado considerando um protótipo, com escalas reduzidas.

O interesse do presente estudo se dá devido à relevância que este tema apresenta para a sociedade e também por apresentar uma série de vantagens e benefícios na utilização de água com segurança, conforto, economia, acessibilidade e sofisticação.

Como o protótipo aqui proposto, buscar a melhor maneira de utilizar este recurso de fins potáveis ou não, promovendo a sustentabilidade ambiental e uma redução considerável no valor da conta de água da rede que abastece a residência. Podemos ver que é de grande relevância o desenvolvimento deste projeto, pois enfrenta um dos grandes fatores que influenciam para a escassez deste bem, que é o desperdício do uso inadequado e por perdas técnicas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

- Desenvolver um sistema de controle para aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis.

1.1.2 Objetivo específico

- Realizar um levantamento sobre os sistemas de aproveitamento de águas pluviais;
- Fazer um estudo sobre os sistemas de controle, automação residencial e sistemas digitais;

1.2 METODOLOGIA DE PESQUISA

A pesquisa foi baseada numa revisão bibliográfica em artigos, dissertações e site na internet, com abordagem qualitativa. Dados foram coletados, firmados nas bases citadas

anteriormente, que contribuíram para a condução e evolução da temática proposta. Também será criado um protótipo com finalidade de avaliar a eficiência do projeto.

- Critérios de inclusão: Artigos e texto que abordam assuntos como automação residencial, água no planeta e estudos sobre linguagem C.
- Critérios de exclusão: Fontes inseguras e artigos não gratuitos.

O seguinte sistema de automação residencial é constituído por uma integração entre um subsistema de aproveitamento de água e o abastecimento externo de água potável, tudo orientado por um microcontrolador.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta os conceitos teóricos fundamentais para o entendimento do trabalho. Primeiramente realiza-se um estudo sobre os recursos hídricos disponíveis no planeta. Logo em seguida, apresenta-se os conceitos fundamentais sobre os processos de automação, em particular, a automação residencial. Em seguida, apresenta-se os níveis existentes de automação residencial. Por fim, apresenta-se uma visão geral de um sistema de automação, detalhando os blocos elementares do sistema.

2.1 RECURSOS HÍDRICOS

Segundo Tomaz (2009) “O primeiro registro que se tem do uso de água de chuva é verificado na pedra Mohabita, data de 830 a.C, que foi achada na antiga região de Moad, perto de Israel”. Ainda de acordo com Tomaz (2009) o aproveitamento de água de chuva não deve receber o termo de reuso, pois, este termo é utilizado para água que já foi utilizada pelo homem de alguma forma, lavagem de mãos, bacia sanitária, lavagem de roupas, banhos e etc.

Conforme Tundisi (2014, p.15)

Antes da existência do Homo sapiens no planeta Terra a água era utilizada exclusivamente para manter o funcionamento dos ecossistemas. A presença da espécie humana, o desenvolvimento da agricultura (sobretudo da agricultura irrigada) e da indústria, e a diversificação dos usos múltiplos da água introduziram novos tipos de apropriação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, produzindo estresse hídrico (conflito crescente entre os diversos usos de água) ou escassez de água (desequilíbrio entre disponibilidade e demandas).

O Brasil em termos de disponibilidade de água é um país privilegiado, com 12 % das reservas de água de todo o mundo e cerca de 28 % da disponibilidade sul-americana. De toda a água disposta no Brasil, 72% está localizada na bacia amazônica, o rio Amazonas despeja no oceano Atlântico cerca de 175 milhões de litros por segundo. Diante da abundância de água em nosso país, não podemos esquecer que o crescimento populacional brasileiro, que faz com que o risco de escassez ainda nos atinja. (VICTORINO, 2007, p.21).

2.2 AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Na presença dos problemas e riscos provenientes da má utilização de água, devemos adequar os meios que nos traga benefícios e soluções com relação ao problema da falta deste

recurso de grande importância para a vida do planeta. Um tema que vem ganhando bastante ênfase no âmbito residencial, é a automação de sistemas com finalidade de aproveitar águas pluviais, substituindo tarefas manuais e rotineiras por mecanismos automáticos.

De acordo com Silva (2009), “o conceito de automação pode ser definido de maneira simplificada, como sendo, qualquer sistema que substitua ou facilite o esforço muscular e mental do homem através de soluções práticas e rápidas, proporcionando assim uma série de vantagens e benefícios, entre eles: segurança, conforto, economia, acessibilidade, entretenimento e sofisticação”.

Segundo Pinheiro (2017), “automação residencial tem por finalidade minimizar a intervenção do homem nas rotinas da vida contemporânea, tornando a vida no lar mais prática, segura e confortável, sem deixar de lado o aspecto pessoal e familiar necessário a um ambiente agradável”.

Segundo Diniz (2016) “Na automação os controladores são equipamentos responsáveis pelo controle de um processo ou parte dele, através de algoritmos de controle específicos [...]”. O microcontrolador é a parte programável de todo o sistema implementado, funcionando como uma das principais partes da automação do projeto proposto neste trabalho.

De acordo com Carmo (2005) a utilização de microcontroladores na automação de projetos facilita bastante, pois diversos componentes eletrônicos com grande número de outros componentes podem ser facilmente substituídos por apenas um microcontrolador. Diminuindo o custo e compactando o circuito do sistema (apud SANTOS e OLIVEIRA, 2014).

2.3 NÍVEIS DE AUTOMAÇÃO

Quando relacionamos o assunto automação voltado para residências, podemos definir três níveis de automação neste ramo: autônomos, integrados e inteligentes.

- **Sistemas autônomos**

Também conhecidos como sistemas independentes, pode ser definido por um sistema que liga e desliga um dispositivo específico de acordo com seu ajuste. Outra característica destes sistemas é que cada um é tratado de forma independente, não há uma interação com outro dispositivo.

- **Sistemas inteligentes**

Neste sistema o proprietário utiliza-o de acordo com a sua necessidade, ou seja, o produtor pode ser personalizado para atender diversas situações. Desta forma o sistema se torna um gerenciador e não um controlador remoto, que depende da comunicação entre todos os outros subsistemas para o seu desempenho e possuem arquitetura descentralizada, ou seja, tem-se vários controladores interconectados que enviam informações entre eles.

- **Sistemas integrados**

Este nível de automação possui uma arquitetura centralizada, isto é, um controlador envia e recebe as informações dos atuadores e sensores ligados a ele. Teremos assim vários subsistemas integrados ao controlador com uma limitação no funcionamento adequado dos dispositivos.

2.4 BENEFÍCIOS DA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

De acordo com Diniz (2016), na área residencial pode ser observado uma gama de benefícios neste setor. Benefícios estes, que trazem uma maior praticidade e flexibilidade na rotina residencial, possibilitando uma maior facilidade através de soluções práticas e rápidas. Um dos benefícios de grande relevância que a implementação deste sistema propicia é uma maior acessibilidade em diversas tecnologias no ambiente residencial, no referente projeto fazendo uma utilização de um sistema integrado com diversos tipos de equipamentos. Agindo ainda de forma eficiente na simplificação das atividades diárias, como o fato de eliminar rotinas de ligar e desligar chaves para o abastecimento de água potável e diminuindo a chance da residência ficar sem água para o uso necessário.

Em termos de economia, podemos destacar o melhor aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis propiciando um uso mais consciente para a água potável, que economicamente é de grande relevância na redução de gastos e desperdícios.

2.5 VISÃO GERAL DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO

Uma arquitetura geral de um sistema de automação é apresentada na Figura 3 abaixo. O sistema de automação, via de regra, pode ser dividido em três blocos elementares: os sensores, a plataforma de processamento e os atuadores.

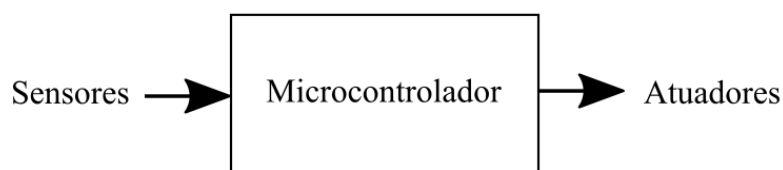
Segundo Sedra (2009), sensores são dispositivos que são capazes de converter um sinal mecânico, como voz, por exemplo, em uma representação análoga em sinal elétrico. Os sensores são particularmente úteis para medir variáveis do ambiente, que serão utilizadas no sistema de automação proposto. Neste trabalho, conforme ainda será detalhado, foram utilizados sensores de nível tipo boia lateral e um sensor de chuva.

A plataforma de processamento, por sua vez, é responsável por processar os sinais obtidos pelos sensores, gerando informação que agiram sobre o ambiente controlado. Via de regra, as plataformas de processamento podem ser microcontroladores ou microprocessadores. Neste trabalho, a plataforma de processamento é um microcontrolador da família AVR, conforme será detalhado no próximo capítulo.

Silva (2009, p.20) define que os atuadores têm por função “[...] converter os sinais elétricos provenientes das saídas do microcontrolador em outros sinais, normalmente ligando ou desligando algum elemento”. Ou seja, suas características são alteradas de acordo com pulsos elétricos recebidos. Neste trabalho foram utilizados como atuadores válvulas solenoides e bombas, conforme ainda será detalhado.

De forma geral, os atuadores necessitam de uma grande corrente para acionar os dispositivos. Dado que boa parte dos microcontroladores não é capaz de fornecer níveis tão altos de corrente, é necessário realizar uma etapa de interface entre o microcontrolador e os dispositivos atuadores. Neste trabalho essa interface foi realizada com relés, dado a sua alta capacidade de condução de corrente.

Figura 3: Visão Geral de um Sistema de Controle



Fonte: Elaborado pelo Autor.

3. SISTEMA PROPOSTO

Este capítulo apresenta a visão geral do sistema de captação e aproveitamento de águas de chuvas implementado neste trabalho. Inicialmente apresenta-se uma visão geral do projeto, detalhando-se como os blocos fundamentais operam. Logo em seguida, elucida-se os componentes utilizados no trabalho, realizando uma descrição de suas características operacionais. Por fim, apresenta-se as características da maquete de projeto realizada.

3.1 VISÃO GERAL DO PROJETO

Podemos dividir o projeto em duas partes, A Figura 4 demonstra a primeira parte do sistema que é subsistema de aproveitamento, responsável por todo o processo de captação, descarte, distribuição e armazenamento da água pluvial, denominada como água cinza.

- **Captação e Descarte:**

Consiste em toda a coleta da água cinza que vem diretamente do telhado por meio de uma calha, que será acoplada e direcionada por uma tubulação até a cisterna, reservatório 1. Já a parte do descarte tem a função de jogar os primeiros minutos de água fora seguindo as recomendações da NBR 15527/07. Esta norma fornece os requisitos mínimos para o aproveitamento de água de chuva e de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

- **Armazenamento:**

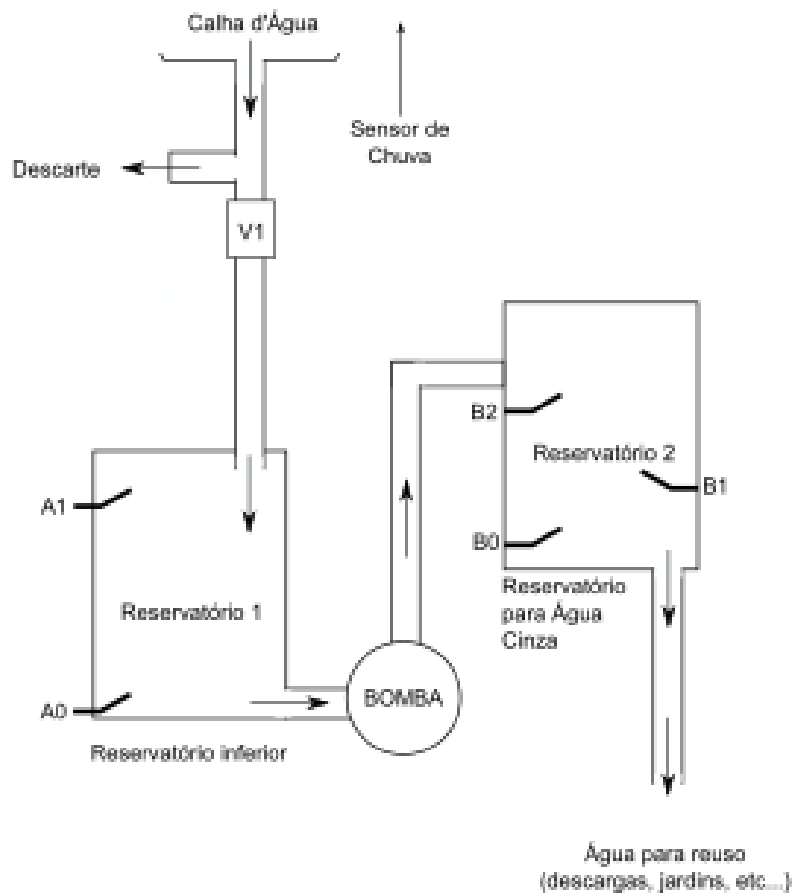
Esta parte do processo estoca toda água coletada pela captação no reservatório 1 de onde será transportada para o reservatório 2 de água cinza, por meio da utilização de uma bomba de 12V. A bomba trabalha de acordo com os sensores de nível do reservatório 1 e os sensores de nível B0 e B2 do reservatório 2.

- **Distribuição:**

Abrange a distribuição da água armazenada no reservatório 2 para fins não potáveis, como na utilização de descargas sanitárias e regar plantas, ou seja, buscando os pontos alternativos da utilização de água potável. Este sistema é totalmente isolado do sistema de água potável ou reservatório 3, pretendendo evitar contaminações para o reservatório 3.

Figura 4: Layout proposto para o sistema

Subsistema de aproveitamento de águas pluviais:

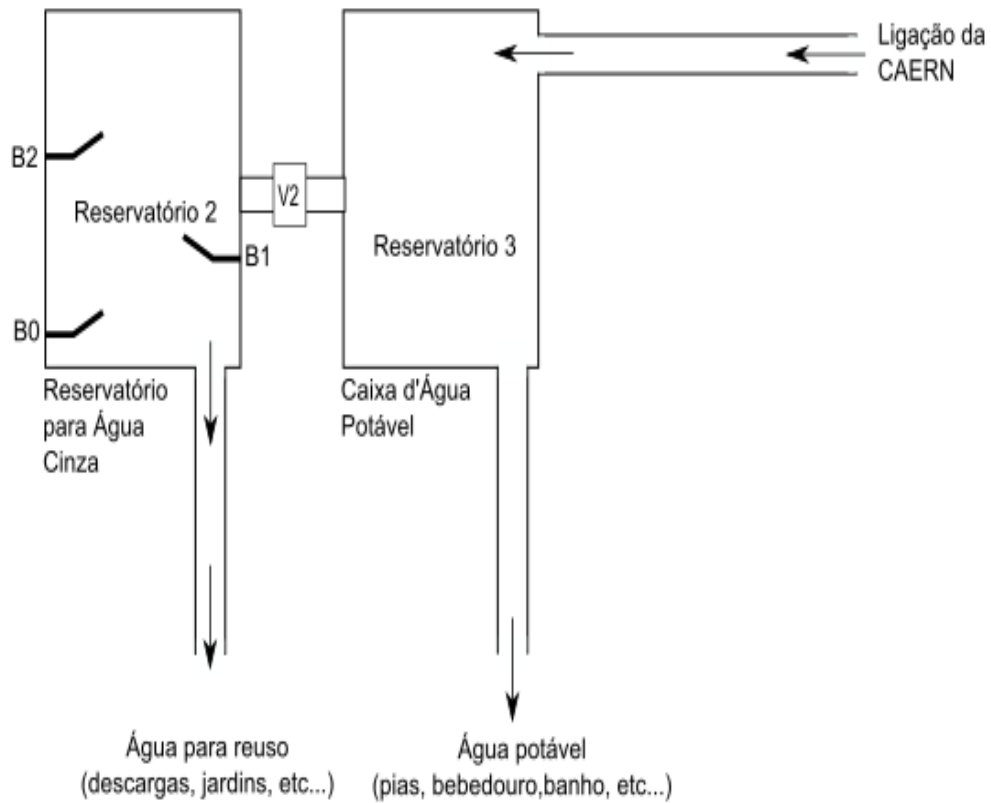


Fonte: Elaborada pelo autor.

A segunda parte ilustrada pela Figura 5, consiste no abastecimento de água potável que alimenta o sistema principal da residência tanto para fins potáveis e não potáveis sempre que o sistema de aproveitamento não suprir a demanda esperada. Os sistemas são interligados por uma tubulação acoplada a uma válvula de solenoide disposta de maneira a impedir que a água volte para o reservatório 3, que executa sua função de acordo com os sensores do reservatório 2. O funcionamento desta válvula é regido pelos sensores de nível A0, do reservatório inferior, e os sensores de nível B0 e B1,, do reservatório para água cinza.

Figura 5: Layout proposto para o sistema

Sistema de abastecimento de água potável:



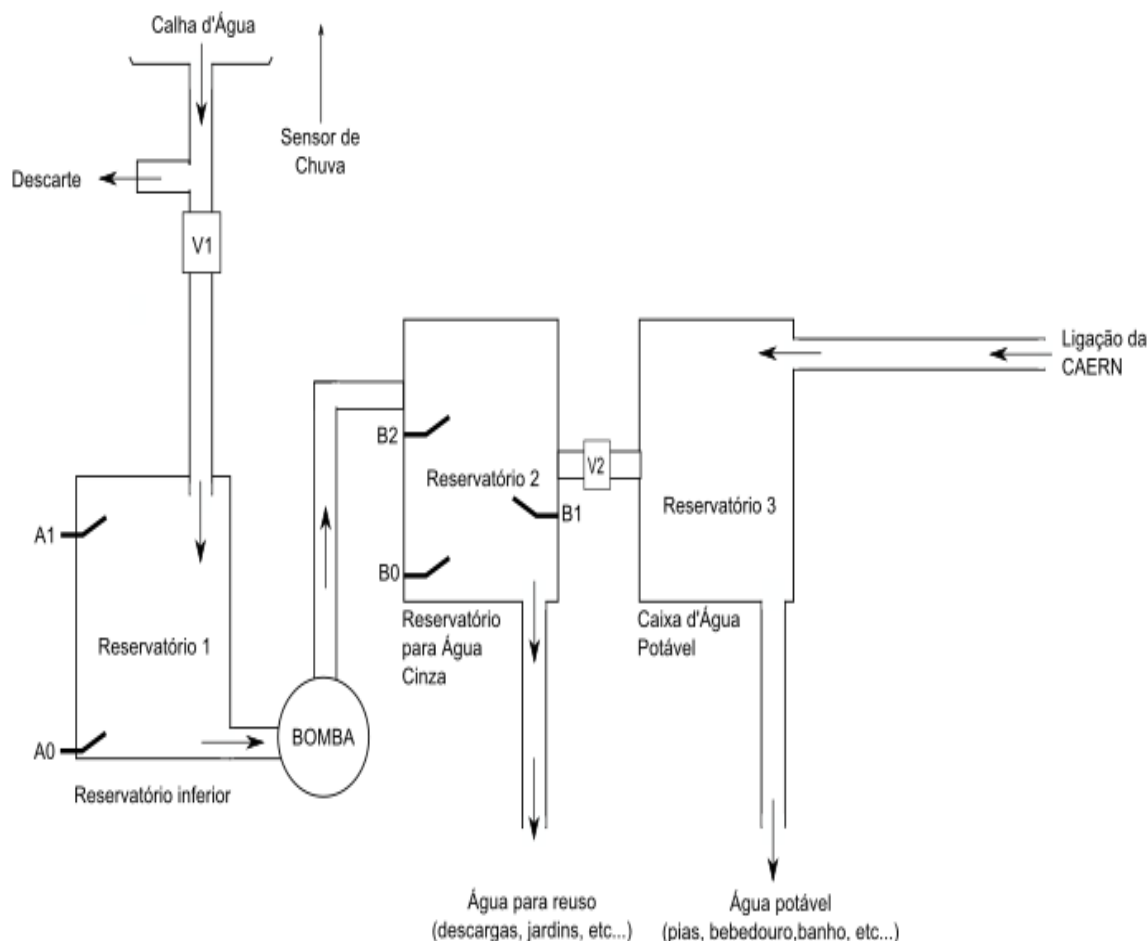
Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 6 demonstra a integração dos dois subsistemas relatados anteriormente garante o funcionamento do projeto como um todo, garantindo também que o reservatório 2 de água cinza nunca fique vazio.

Os reservatórios 1 e 2 que são responsáveis pela captação, armazenamento e distribuição das águas pluviais contam com um sistema de monitoramento de nível através dos sensores de nível tipo boia de medição descontínua, são interligados por uma mangueira acoplada a uma bomba que realiza o bombeamento da água entre o reservatório inferior 1 e o superior 2.

Figura 6: Layout proposto para o sistema

Sistema de aproveitamento de águas pluviais :



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2 SENSORES, ATUADORES E MICROCONTROLADOR UTILIZADO

Nesta seção apresenta-se os sensores, atuadores e o microcontrolador utilizado no projeto.

3.2.1 Controlador logico

Neste trabalho foi utilizado um microcontrolador ATmega 328p, disponível na plataforma Arduino. De acordo com ARDUINO.CC (2014), o Arduino é baseada no microcontrolador ATmega328, contém 14 pinos de entrada/ saída digital, dos quais 6 podem ser utilizados como saídas PWM, mais 6 como pinos de entrada analógicas, um cristal de

quartzo de 16 MHz, uma conexão USB, tensão operacional de 5 volts, entre outras disposições. Na Figura 7 está ilustrado a microcontrolador utilizado no protótipo, onde suas características foram relatadas anteriormente.

Figura 7: Microcontrolador ATmega328p



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2.2 Motor Bomba

Na Figura 8 está ilustrado a bomba utilizada no protótipo, onde suas características serão relatadas posteriormente. A bomba utilizada é tipo de bomba centrífuga submersa sem escova, com tensão nominal de 12 V DC, vida útil de 30.000,00 (trinta mil) horas, baixo nível de ruído e vazão de 240 (duzentos e quarenta) litros por hora com coluna máxima d'água de 3 (três) metros.

Em suma, a bomba fornece energia cinética ao fluido de forma continua por meio do rotor, que está em altas rotações provocando um aumento desta energia que é transformada em energia de pressão, que é responsável pela transferência do fluido. Na figura 02 está ilustrado a bomba utilizada no protótipo, onde suas características foram relatadas anteriormente.

Figura 8: Minibomba de água 12V modelo AD20P-1230C



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2.3 Válvula Solenoide

Na Figura 9 está ilustrado a válvula solenoide utilizada no protótipo, onde suas características serão relatadas posteriormente. Em geral, válvulas solenoides são classificadas de acordo com o número de entradas e saídas. Podendo ser monoestáveis ou biestáveis. Nas monoestáveis contém uma única bobina que quando é passada uma corrente a válvula passa para o seu estado aberta, e a biestável contém duas bobinas uma para cada posição. De acordo com o número de entradas e saídas, e sua classificação com relação ao número de bobinas vai nos mostrar a posição instável ou estável das vias. DINIZ (2016, p.25) relata que estas válvulas são compostas por duas partes funcionais: a parte eletromagnética, composta por um solenoide e um correspondente núcleo móvel, e a segunda parte corresponde a um corpo contendo orifícios de entrada e saída.

Inicialmente sem a passagem de corrente na válvula seu estado é fechado impossibilitando a passagem do fluido no seu interior. O funcionamento da bobina na válvula é resultado da passagem de uma corrente elétrica que percorre a bobina gerando uma força no centro da bobina solenoide que resulta na movimentação do embolo da válvula abrindo a mesma.

Figura 9: Válvula solenóide



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2.4 Relé

A Figura 10 mostra o modulo relé 5V utilizado no protótipo, contém 8 canais, se tornando uma opção para fazer vários acionamentos, possibilitando também o acionamento de cargas 220V DC, como equipamentos eletrônicos e motores com auxílio de um microcontrolador sem a necessidade de montar circuitos com relés, transistores, conectores e etc. Sua tensão de operação 5V DC, permitindo controlar cargas de 220V AC, contendo ainda LED indicador de status, tempo de resposta entre 5 (cinco) e 10 (dez) milissegundos.

Figura 10: Modulo relé



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2.5 Sensor de nível

A Figura 11 apresenta um dos sensores de nível foram utilizados no projeto, estes sensores tem a finalidade de monitorar a altura do plano de água nos reservatórios envolvidos no protótipo. O sensor utilizado é classificado como um sensor magnético, conta com uma boia horizontal fornecendo indicações de nível alto ou baixo, seu funcionamento é realizado por meio de uma chave magnética, quando a boia horizontal estiver elevada o sistema entra em curto, fazendo com que o microcontrolador responda a este sinal físico de acordo com a função que o mesmo foi programado.

Este tipo de sensor pode ser utilizado como chave de acionamento para um sistema de bombeamento que é muito comum na utilização em sistemas de automação residencial voltado para o reuso ou aproveitamento de água, além da função de indicador de nível. Dentre os tipos de medição de nível o sensor utilizado é de medição descontínua, empregada para fornecer indicações de nível apenas quando alcançar certos pontos. (DINIZ,2016)

Figura 11: Sensor de nível lateral magnético



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2.6 Sensor de chuva

A Figura 12 mostra o sensor de chuva que foi utilizado no protótipo, contendo uma tensão de funcionamento de 5V, corrente de trabalho menor que 20 (vinte) mA, uma alta sensibilidade e um sinal de tensão de saída entre 0 e 3,5V. Este sensor é um dispositivo eletrônico com grande utilidade em projetos de automação residencial e robótica. Tem como tarefa detectar a presença de água ou umidade em um determinado ambiente, seu funcionamento se dar por incidência de água sobre o sensor que irá conduzir uma tensão entre as trilhas da placa fazendo assim a detecção. O comportamento lógico apresenta o estado alto (nível lógico um) quando o ambiente está seco na saída do sensor, e estado baixo (nível lógico zero) quando tem a presença de água. Esta placa é toda revestida com um tratamento de níquel contra oxidação, melhorando a condutividade, desempenho e durabilidade.

Figura 12: Sensor de nível de água e chuva



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.3 REGRAS DE CONTROLE

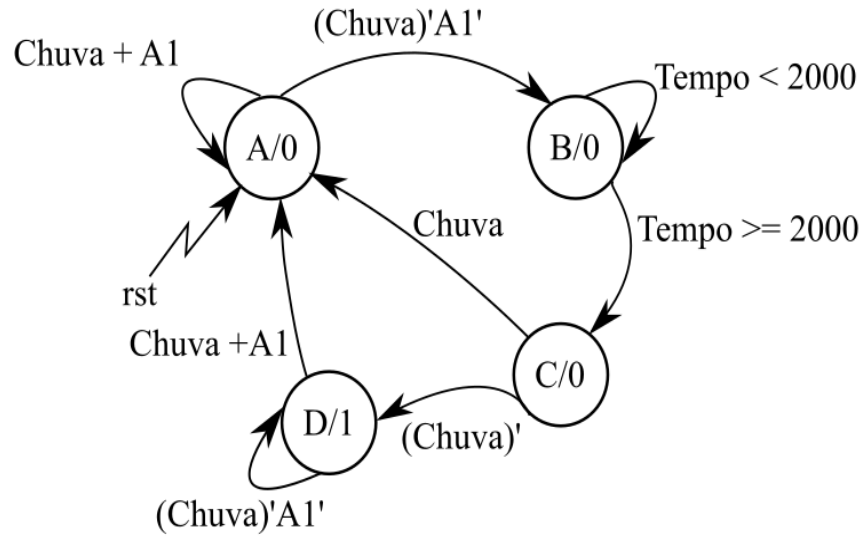
Nesta seção, descreve-se as regras de controle utilizadas para os atuadores no projeto. Na modelagem das regras de controle, foram utilizadas máquinas de estados finitos, dado a simplicidade deste método de modelagem.

3.3.1 Regra de Controle para a Válvula 1

Para a automação da captação e descarte, funcionalidade realizada pela válvula 1, foi utilizado dois dispositivos sensores: o sensor de chuva e o sensor de nível A1. Esse sistema de controle opera sobre a válvula solenoide 1.

O funcionamento da válvula solenoide pode ser descrito por uma máquina de estados finitos, com o diagrama de temporização apresentado na Figura 13. O objetivo do diagrama proposto é realizar um sistema de captação de água de chuva automático, de forma que a água seja captada toda vez que houver chuvas e o reservatório inferior não estiver cheio, realizando o descarte da água da primeira chuva, que geralmente não é propícia para consumo.

Figura 13: Diagrama de transições de estado para o controle da válvula 1.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Analisando a Figura 13, observa-se que Válvula 1 no estado desligada, será ligada caso as seguintes situações ocorram:

- O Sensor de nível A1 acusar nível lógico baixo (ou seja, reservatório 1 não está completamente cheio) **e**;
- O Sensor de chuva acusar nível lógico baixo (ou seja, detecta chuva no ambiente) **e**;
- O Tempo de chuva for maior ou igual a 2000 milissegundos (tempo determinado no código para simular a lavagem das telhas e calhas determinadas na lei, que pode ser facilmente alterado).

Caso contrário, a válvula 1 permanecerá desligada.

Por sua vez, a válvula 1 permanecerá desligada caso as seguintes situações ocorram:

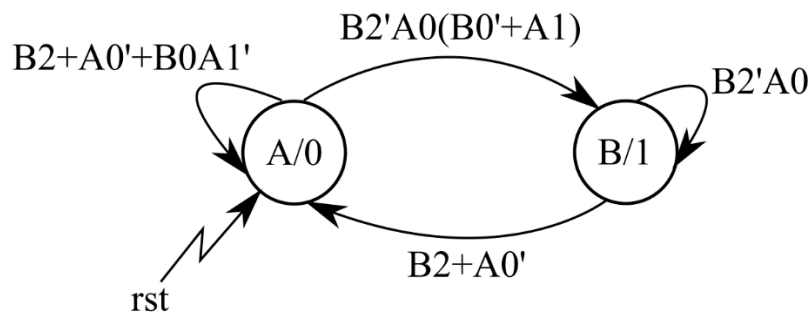
- O Sensor de nível A1 acusar nível lógico alto (ou seja, reservatório 1 está completamente cheio) **ou**;
- O Sensor de chuva acusar nível lógico alto (ou seja, não detecta chuva no ambiente);

Caso contrário, a válvula 1 permanecerá ligada.

3.3.2 Regra de Controle para o Motor

Para a parte que compete ao armazenamento e distribuição da água que vem diretamente da chuva, teremos a utilização de cinco atuadores auxiliando a automação do sistema de armazenamento desta água. Os atuadores são os dois sensores de nível do reservatório 1 e outros dois do reservatório 2, no reservatório 2 será utilizado para esta etapa do sistema o sensor superior B2 e o inferior B0 e ainda uma bomba que transfere a água cinza do reservatório 1 para o 2. O funcionamento da bomba depende de três sensores envolvidos nesta etapa do projeto, são eles os atuadores A0, B2 e B0. Quando a bomba se encontra desligada a condição para que ela ligue é que o sensor A0 esteja em seu nível alto e o sensor B0 em seu nível baixo, tendo como condição de para a elevação do sensor B2 e o nível baixo do sensor A0, ou seja, quando o reservatório 2 estiver completamente cheio ou o reservatório estiver vazio. Que podemos comprovar pela máquina de estado da bomba representada na Figura 14.

Figura 14: Diagrama de transições de estados para o controle da bomba.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Pela a análise da Figura 13, nota-se que a bomba estando desligada, será ligada caso:

- O Sensor de nível B2 acusar nível lógico baixo (ou seja, reservatório 2 não está completamente cheio) e;
- O Sensor de nível A0 acusar nível logico alto (ou seja, o reservatório 1 não está completamente vazio) e;
- O Sensor de nível B0 acusar nível lógico baixo (ou seja, o reservatório 2 estiver completamente vazio) ou o sensor A1 acusar nível lógico alto (ou seja, o reservatório1 estiver completamente cheio)

Caso contrário, a válvula 1 permanecerá desligada.

Por sua vez, a bomba estando ligada, permanecerá ligada caso:

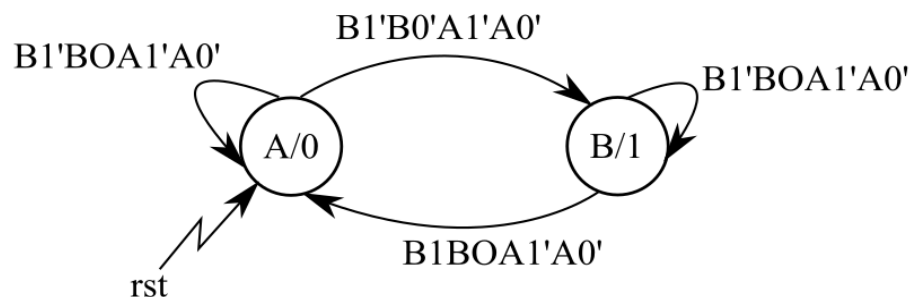
- O Sensor de nível B2 acusar nível lógico baixo (ou seja, reservatório 2 não está completamente cheio) e;
- O Sensor de nível A0 acusar nível lógico alto (ou seja, o reservatório 1 não está completamente vazio) e;

Caso contrário, a bomba será desligada.

3.3.3 Regra de Controle para a Válvula 2

Na situação em que o sistema de aproveitamento de águas pluviais estiver vazio, foi feito o ligamento entre os dois reservatórios superiores de forma a suprir a demanda das duas caixas. Esta ligação foi realizada com uma mangueira conectada a uma válvula solenoide normal fechada, que será aberta quando os sensores dos reservatórios 1 e 2 indicarem nível baixo de ambos. Quando isso acontecer a válvula abre e permite a passagem da água do sistema de abastecimento principal da residência, voltando a fechar-se quando o sensor intermediário e o inferior do reservatório 2 indicarem nível alto, ou seja, quando tiver um nível de água suficiente para suprir a demanda esperada aplicada em fins opcionais do seu uso como descargas, lavar calçadas, regar jardins e etc..... Que podemos comprovar pela máquina de estado da válvula 2 representada na Figura 15.

Figura 15: Diagrama de transições de estados para o controle da válvula 2.



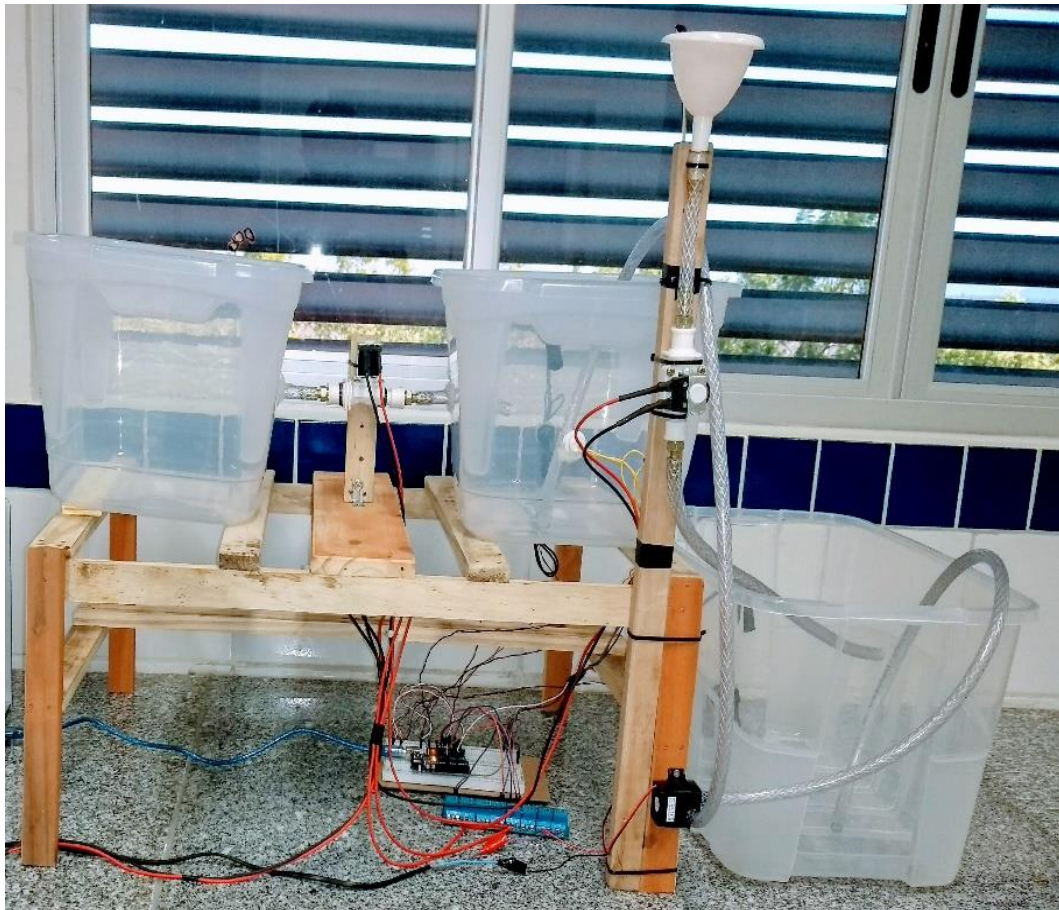
Fonte: Elaborada pelo autor.

Analisando a Figura 15, nota-se que a Válvula 2 no estado desligada, será ligada caso os Sensores de nível A1, A0, B1 e B0 acusar nível lógico baixo (ou seja, reservatório 1 e reservatório 2 estão completamente vazios). Por sua vez, a Válvula 2 no estado ligada, será desligada caso os Sensores de nível B1 e B0 acusar nível lógico alto e os sensores A1 e A0 acusar nível lógico baixo (ou seja, reservatório 1 está completamente vazio e o reservatório 2 está em seu nível intermediário).

3.4 MAQUETE DO PROJETO

Inicialmente foi feita uma base de madeira com uma largura de 42 cm, comprimento de 70 cm e altura 28 cm, com o objetivo de simular o desnível entre os reservatórios e também servir como suporte de fixação para os outros elementos do sistema, como a bomba, as válvulas solenoide e a calha juntamente com o sensor de chuva. Os reservatórios superiores têm capacidade de armazenamento de 17 (dezesete) litros e o inferior com 24 (vinte e quatro) litros.

Figura 16: Protótipo



Fonte: Elaborada pelo autor.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente na elaboração do código foi feita uma análise de todas as situações possíveis para todos os dispositivos baseados em alguns conceitos de sistemas digitais, que possibilitou uma maior facilidade e praticidade na implementação do código. Nessa etapa do projeto foram encontradas muitas dificuldades, devido à pouca experiência com linguagem C e programação. Ressaltando que foram sanadas mediante aos procedimentos de testes na própria protoboard, fazendo simulações com LEDs para representar tanto as válvulas solenoides quando a bomba, onde foi possível obter um maior entendimento do procedimento e visualizar com maior facilidade os possíveis erros.

A primeira simulação foi realizada com os reservatórios 1 e 2 completamente vazios, imaginando o período em que não se tem chuvas frequentes. Nesta situação, todos os sensores de nível estão indicando nível baixo e o sensor de chuva não está detectando umidade, fazendo com que a válvula solenoide 2 passe do estado normal fechada, para o estado aberta, possibilitando a passagem de água potável do reservatório 3 (reservatório de abastecimento principal da residência) para o reservatório 2 de uso não potável, observando assim, o funcionamento do que foi proposto para esta situação. Foi verificado dois problemas no protótipo nesta situação, um deles foi que a válvula ativada não possibilitou a passagem de água esperada e o outro foi um vazamento na mangueira que liga os dois reservatórios que participam situação citada anteriormente.

Ainda na mesma situação dos reservatórios, foi simulado a presença de chuva, colocando água na calha simulada por um funil, podendo assim verificar a parte da captação das águas pluviais, juntamente com o funcionamento da válvula solenoide 1 do sistema. No momento que o sensor de chuva detectou a chuva, foi observado que se passou um tempo determinando no código para simular o tempo que é necessário para a limpeza do telhado. Logo em seguida, houve a abertura da válvula solenoide 1, possibilitando o armazenamento de água no reservatório 1. A medida que este reservatório foi subindo seu nível até atingir o sensor de nível inferior A0, observou-se que a bomba foi acionada e a válvula solenoide 2 passou para seu estado normal fechada, resultado satisfatório e esperado de acordo com as funções implementadas no código em anexo. Diante do procedimento feito anteriormente foi possível visualizar uma falha, no momento em que o reservatório 1 começa a encher chegando perto do nível sensor A0 foi observado que as oscilações da água fazem com que o sensor de nível A0 fique também oscilando seu estado, ligando e desligando a bomba já que o estado de transição da mesma depende deste sensor quando o reservatório 2 estiver vazio.

Dando continuidade nos testes na mesma situação mencionada anteriormente, foi simulado que a chuva se prolongue até que o nível de água do reservatório 1 atinja o sensor de nível superior A1, situação em que o reservatório ficou completamente cheio e permaneceu chovendo. Observando que no momento que o sensor superior passa para seu nível lógico alto, passa um tempo de dois segundos determinado pela programação do código por meio de um delay, para que a água termine de escoar e a válvula solenoide 1 age de forma a impedir a passagem de água para o reservatório de armazenamento inferior. Nestas condições, a bomba ainda continua ligada, já que como foi mencionado anteriormente para que ela continue ligada depende do nível do sensor inferior A0 do reservatório 1 e do sensor superior B2 do reservatório superior 2, nível lógico alto e nível lógico baixo respectivamente.

Para finalizar os testes, foi simulado a seguinte situação: os dois reservatórios que fazem parte do sistema de captação completamente cheios, o que resulta no desligamento da bomba, efetivando o funcionamento proposto para esta situação.

Por fim, avalia-se positivamente o funcionamento do protótipo apresentado, uma vez que cumpriu todas as funções para as diferentes situações do sistema como um todo. Não se pode menosprezar as dificuldades do trabalho, mas que foram vencidas com êxito.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos do presente trabalho foram atingidos com sucesso, mediante a montagem e o funcionamento do protótipo de forma satisfatória com que foi previsto inicialmente para o aproveitamento de águas pluviais. Controlado pelo microcontrolador Atmega 328p e programado para realizar os procedimentos de captação, armazenamento e distribuição da água para fins menos nobres, como descargas sanitárias, regar jardins e lavar calçadas. Outro fator que podemos destacar, é a transição entre os sistemas no período de seca, não deixando de suprir a demanda do reservatório 2 para fins menos nobre, quando isso ocorre, alcançando novamente o que foi proposto no escopo deste projeto.

Portanto, conclui-se que de fato o protótipo contribui para a redução na utilização de água potável, trazendo também um maior conforto e praticidade para as rotinas residenciais, que consequentemente contribui para a redução da conta de água.

Podemos constatar que, a aplicação do projeto com os conhecimentos das engenharias, pode nos proporcionar sistemas automatizados mais eficientes e seguros. Vale ressaltar que o projeto ficará à disposição da universidade, como proposta de estudos futuros e aprimoramentos do mesmo.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

- Desenvolver interface com usuário;
- Fechar a maquete com a finalidade de embutir toda a parte do circuito;
- Colocar um painel de LEDs indicando o nível de cada reservatório;
- Colocar um sensor de nível no reservatório de abastecimento principal afim de monitorá-lo;
- Desenvolver uma técnica para evitar os vazamentos entre os reservatórios

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Jonathan Fábio Nascimento; SOARES, Rayan Pinheiro. **SICONF – SISTEMA AUTOMATIZADO PARA CONTROLE DE NÍVEL DE ÁGUA E FLUXO DE AR.** 5 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Mostra Nacional de Robótica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Jequié, 2017.

DINIZ JÚNIOR, José Geraldo. **SISTEMA AUTOMATIZADO DE REUSO DE ÁGUAS PLUVIAIS E RESIDUAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS.** 2016. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecatrônica, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

MAGALHÃES, Lilia Rodrigues Lucas. **AUTOMAÇÃO E CONTROLE EM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS.** 140 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Computação, Uniceub, Brasília, 2011.

PINHEIRO, José Maurício Santos. **BENEFÍCIOS DA AUTOMAÇÃO PREDIAL.** Eletrocalhas, 17 Fever, 2017. Disponível em: <<http://www.eletrocalhas.com.br/blog/157-2/>>. Acesso em: 22 maio, 2018.

SILVA, Danise Susy da. **DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE RESIDENCIAL.** 2009. 51 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

SANTOS, Maraiza Prescila dos; OLIVEIRA, José Kleber Costa de. **AUTOMAÇÃO DE BAIXO CUSTO PARA RESERVATÓRIOS DE ÁGUA.** Instituto Federal de Educação, ciência e Tecnologia da Paraíba, Campos Cajazeiras, 2014.

TOMAZ, Plinio. **APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA DE COBERTURA EM AREA URBANA PARA FINS NÃO POTÁVEIS.** 8.ed.São Paulo: Saraiva, 2009. 13 p. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_conservacao/capitulo8.pdf>. Acesso em: 15 maio. 2018.

TUNDISI, José Galizia. **RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL: problemas, desafios e estratégias para o futuro.** 2014. Disponível em: <<http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-5923.pdf>>. Acesso em: 18 maio. 2018.

VICTORINO, Célia Jurema Aito. **PLANETA ÁGUA MORRENDO DE SEDE: UMA VISÃO ANALÍTICA NA METODOLOGIA DE USO E ABUSO DOS RECURSOS HÍDRICOS.** Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Edipucrs, 2007.

GRASSI, M. T. **AS ÁGUAS DO PLANETA TERRA.** Edição Especial, mai. 2001.

TOCCI, Ronald J.; WIDMER, Neal S.; MOSS, Gregory L. **SISTEMAS DIGITAIS: PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES.** 11ª ed. São Paulo: Pearson, 2011.