

# Sistema Automático para Aproveitamento da Água das Chuvas

Kauann Jacome de Oliveira<sup>1</sup>, Gleimy Ferreira Brasil<sup>1</sup>, Pedro Thiago Valério de Souza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharias e Tecnologia – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

Caixa Postal 15.064 – 59.900.970 – Pau dos Ferros – RN – Brasil

{kauannjacome, gleimy.brasil}@hotmail.com pedro.souza@ufersa.edu.br

**Abstract.** *This work presents a prototype of automation with low cost for rainwater harvesting systems, as well as utilization of the water used for a domestic irrigation system. The designed system is implemented with an ATmega 328p microcontroller. The project has a human-machine interface (HMI) allowing user interaction with the entire system, allowing manual control of the system. As results a model is presented, in order to represent in scale the proposed system, and analysis of the system in hypothetical situations. From the obtained results, it is possible to implement this system in a conventional residence.*

**Resumo.** *Este trabalho apresenta um protótipo de automação com baixo custo para sistemas de aproveitamento da água da chuva, bem como utilização da água aproveitada para um sistema de irrigação doméstico. O sistema projetado é implementado com um microcontrolador ATmega 328p. O projeto conta com uma interface homem-máquina (IHM) possibilitando a interação do usuário com todo o sistema, possibilitando o controle manual do sistema. Como resultados é apresentado uma maquete, de forma a representar em escala o sistema proposto, e análise do sistema em situações hipotéticas. A partir dos resultados obtidos, verifica-se a possibilidade de implementação desse sistema em uma residência convencional.*

## 1. Introdução

A água é uma substância com o valor imensurável para a sobrevivência de toda a vida presente na terra. Segundo [Grassi 2001] de todo recuso hídrico disponível no planeta, 97,5% está na forma salgada, portanto indisponível para o consumo humano. Apesar do Brasil apresentar uma abundante disponibilidade de recursos hídricos [ANA 2018], este recurso encontra-se distribuído de forma heterogênea. A escassez de água poderá alcançar inclusive regiões com abundância desse recurso, devido a contaminação dos aquíferos e a falta de obras de saneamento básico para a coleta e tratamento de esgotos [Brasil 2018].

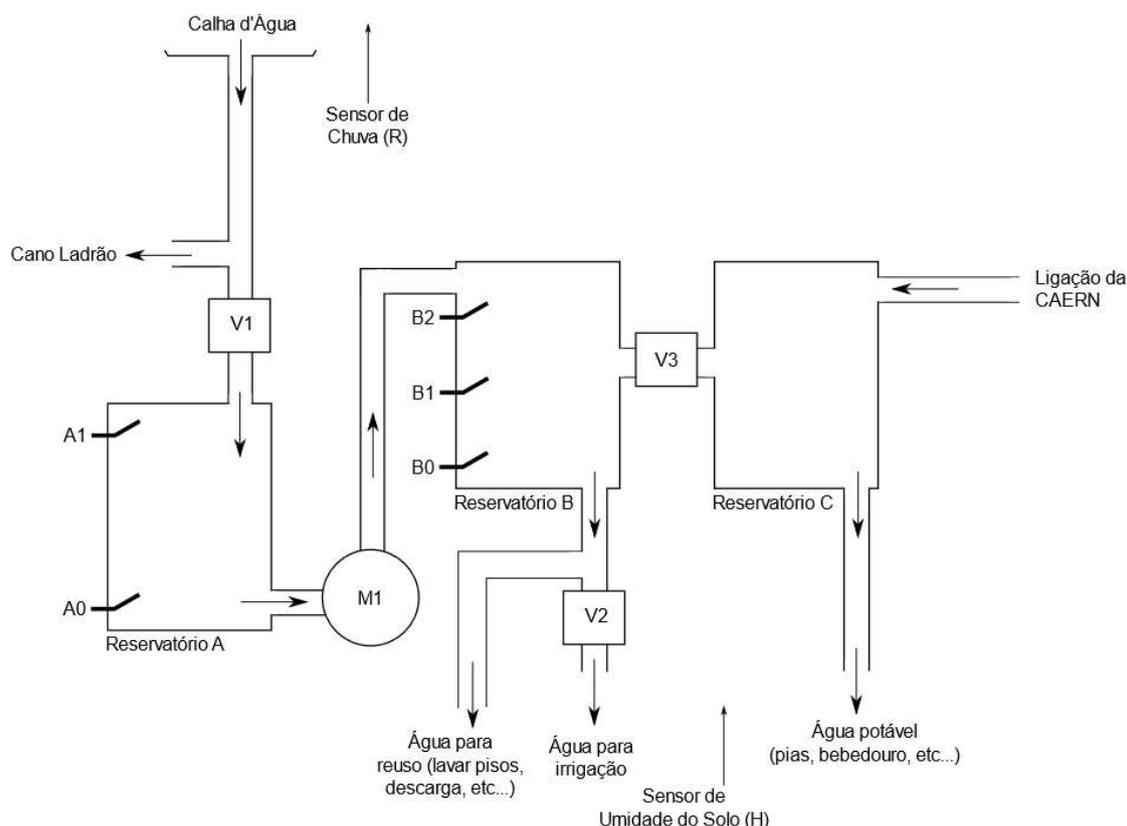
Diante disso, se faz necessário criar métodos de aproveitamento dos recursos hídricos e de reduzir o consumo de água potável em uma residência. Uma proposta que vem ganhando muita notoriedade, principalmente em ambiente urbanos, consiste no aproveitamento de água das chuvas [Unesco 2018] [ONU 2018]. Nesse caso, a água da

chuva seria utilizada em fins não-potáveis, como irrigação e para lavar pisos [Santos and Oliveira 2014]. O objetivo consiste em diminuir o uso de água potável, que seria utilizada apenas para os fins no qual ela é estritamente necessária.

Diante disso, neste trabalho, tem-se como objetivo projetar um sistema automático para reaproveitamento de águas das chuvas, bem como a integração com um sistema de irrigação doméstico. O sistema desenvolvido contará com uma interface homem-máquina (IHM), possibilitando a interação do usuário com todo o sistema, de forma a otimizar o uso da água potável e não potável. Associado a esse sistema, será desenvolvido um sistema de irrigação automático, que utiliza a água reaproveitada, visando diminuir os gastos e desperdícios.

## 2. Sistema de Reaproveitamento Proposto

O diagrama de sistema proposto neste trabalho é apresentado na Figura 1 abaixo, sendo composto pelas seguintes entidades:



**Figura 1. Diagrama do sistema proposto.**

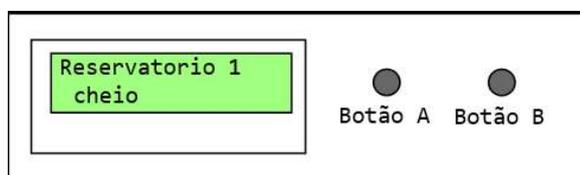
- (i) Reservatório A: Reservatório é destinado a captação das águas da chuva;
- (ii) Reservatório B: Reservatório superior armazena a água destinada para fins não potáveis e como fonte para um sistema de irrigação doméstico;
- (iii) Reservatório C: Reservatório é destinado ao armazenamento da água potável, advinda do sistema de distribuição de água;
- (iv) Válvula solenoide 1 (V1): Essa válvula tem como objetivo permitir a passagem de água da chuva para o reservatório A. O objetivo é descartar a primeira água

da chuva, que geralmente possui impurezas sólidas, que podem prejudicar o perfeito funcionamento do sistema [Magalhães 2011];

- (v) Válvula solenoide 2 (V2): Essa válvula libera a passagem de água para o sistema automático de irrigação;
- (vi) Válvula solenoide 3 (V3): Essa válvula permite a passagem de água potável do reservatório C para o reservatório B, na situação de ausência de chuvas. O objetivo é que o reservatório B nunca fique vazio, mesmo em períodos prolongados de seca;
- (vii) Motor de bombeamento (M1): Motor que bombeia a água do reservatório A para o reservatório B;
- (viii) Sensor de nível A1: sensor que determina o nível máximo permitido para o reservatório A;
- (ix) Sensor de nível A0: sensor que determina o nível mínimo para o reservatório A.
- (x) Sensor de nível B2: sensor que demarca o nível máximo para o reservatório B;
- (xi) Sensor de nível B1: sensor que demarca o nível máximo de água permitido ao reservatório B, caso este seja enchido através do reservatório C;
- (xii) Sensor de nível B0: sensor que demarca o nível mínimo permitido ao reservatório B;
- (xiii) Sensor de chuva (R): sensor que indica a presença ou ausência de chuvas.
- (xiv) Sensor de umidade do solo (H): Esse sensor tem como objetivo determinar se o solo a ser irrigado está seco ou úmido;

Neste trabalho, implementou-se um sistema de controle, utilizando um microcontrolador ATmega 328p, de forma a automatizar o diagrama de sistema proposto na Figura 1. O sistema deve permitir que o usuário alterne entre o controle automático ou controle manual das operações.

A interface homem-máquina implementada nesse trabalho permite ao usuário do sistema obter informações do funcionamento do sistema, bem como realizar algumas configurações. Neste caso a interface consiste em um *Display* LCD, associado a dois botões, conforme apresentado na Figura 2.



**Figura 2. Interface homem-máquina utilizada no trabalho.**

O *Display* LCD apresenta informações sobre o funcionamento do sistema, tal como o status dos reservatórios (cheio, nível intermediário ou vazio), das válvulas do sistema (aberta ou fechada) e do motor de bombeamento (ligado ou desligado). Os Botões A e B servem para realizar configurações no sistema. Neste caso o Botão A troca a função apresentada no *Display*, ao passo que o Botão B realiza o ajuste da função atualmente apresentada.

### 3. Funcionamento do Sistema

#### 3.1. Regra de controle automático para a válvula V1

O comportamento para a válvula V1 pode ser descrito por uma máquina de estados finitos, com diagrama de transições entre estados apresentados na Figura 3.

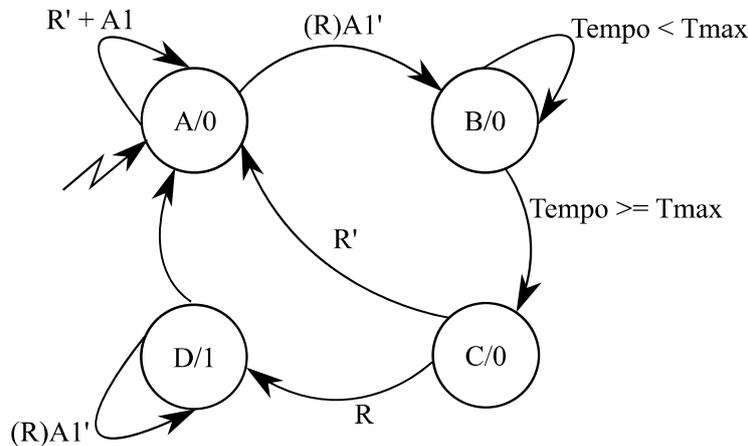


Figura 3. Máquina de Estados para controle da válvula V1.

Inicialmente a válvula V1 encontra-se fechada. Detectada a presença de chuvas (quando  $R=1$ ) e o reservatório A não esteja completamente cheio ( $A1=0$ ), o sistema deve esperar um tempo máximo, determinado por  $T_{max}$ , antes de abrir a válvula V1. Este tempo é necessário para realizar o descarte da primeira água das chuvas. Após esse tempo, a válvula permanece aberta até que a chuva pare ou o reservatório A fique completamente cheio.

#### 3.2. Regra de controle automático para o motor M1

O comportamento para o motor M1 pode ser regida por uma máquina de estados finitos, com diagrama de transições entre estados apresentados na Figura 4.

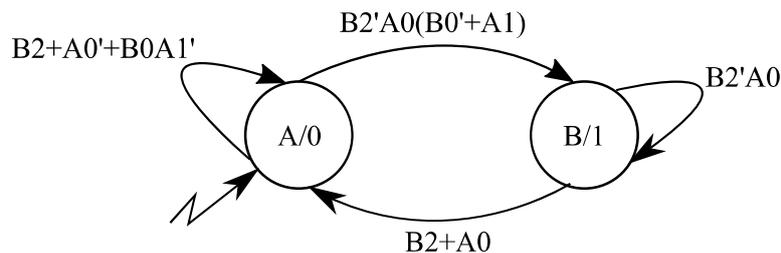


Figura 4. Máquina de Estados para controle do motor M1.

Pela análise da Figura 4, nota-se que o motor M1 será ligado caso o reservatório B esteja completamente vazio e houver um nível mínimo de água presente no reservatório A. Uma segunda situação em que o motor pode ser ligado é quando o reservatório A estiver completamente cheio. Após ligado, o motor permanecerá dessa forma até que o reservatório B for completamente cheio ou nível mínimo do reservatório A seja atingido.

### 3.3. Regra de controle automático para a válvula V2

O comportamento para a válvula V2 pode ser regida por uma máquina de estados finitos, com diagrama de transições entre estados apresentados na Figura 5. Nesse caso H1 e H0 correspondem a dois níveis de umidade de solo pré-estabelecidos e, portanto, são sinais digitais.

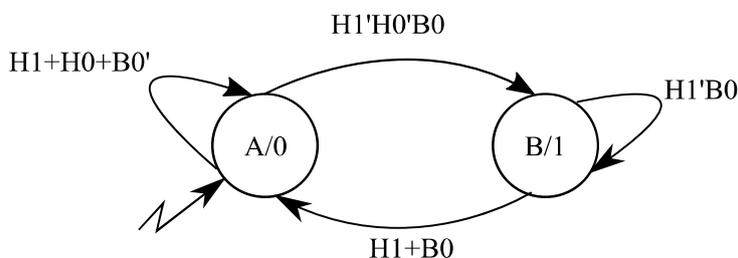


Figura 5. Máquina de Estados para controle da válvula V2.

Analisando a Figura 5, observa-se que o solo será irrigado quando este estiver completamente seco e houver um nível mínimo de água no Reservatório B. Após iniciada a irrigação, essa permanecerá até que o solo fique completamente úmido ou o nível mínimo do reservatório B for atingido.

O sensor de umidade utilizado gera uma medida analógica H. Os valores de H1 e H0 podem ser obtidos da medição H a partir da regra apresentada na Tabela 1. Os valores Hmax e Hmin correspondem aos valores analógicos medidos pelo sensor correspondentes a, respectivamente, o solo completamente seco e completamente úmido e são obtidos de forma empírica.

Tabela 1. Regras de Determinação de H1 e H0.

Valor Medido de H	H1	H0	Correspondência com o solo
$H \geq H_{max}$	0	0	Seco
$H_{min} \leq H < H_{Max}$	0	1	Intermediário
$H < H_{min}$	1	1	Úmido

### 3.4. Regra de controle automático para a válvula V3

O comportamento para a válvula V3 pode ser regida por uma máquina de estados finitos, com diagrama de transições entre estados apresentados na Figura 6.

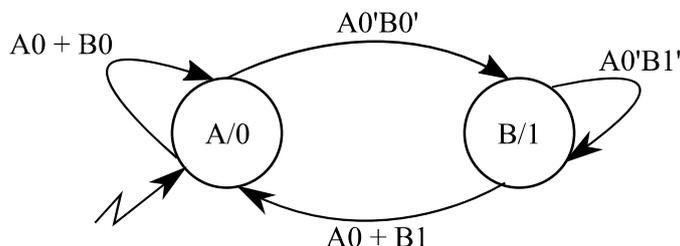


Figura 6. Máquina de Estados Finito para Válvula V3.

Analisando a Figura 6, observa-se que a válvula V3 será acionada quando não houver água no Reservatório A e o Reservatório B estiver completamente vazio. Após acionada a válvula, está permitirá a passagem de água do Reservatório C para o

Reservatório B enquanto o nível demarcado por B1 não for atingido ou o Reservatório A atingir o nível mínimo.

### **3.5. Regras de controle manual**

O sistema projetado permite o controle manual de todas as válvulas e dos motores. Todavia, com o objetivo de preservar o bom funcionamento do sistema, algumas regras de controle manual foram implementadas:

- (i) Não é possível ligar o motor M1 com o Reservatório A completamente vazio;
- (ii) Não é possível ligar o motor M1 com o Reservatório B completamente cheio;
- (iii) Não é possível irrigar com o Reservatório B completamente seco;

Caso alguma dessas condições ocorra, é retornado ao usuário uma mensagem de erro, informando que a devida operação não pode ser realizada.

### **3.6. Tratamento da Leitura dos sensores**

Neste trabalho, implementou-se algumas regras de tratamento da leitura de sensores. Toda vez que o sistema apresenta um erro na leitura dos sensores, o sistema bloqueia toda ação do controle automático ou manual e na interface homem-máquina do sistema é apresentada uma mensagem de erro. O sistema só retorna a suas tarefas usuais quando ele é resetado, a partir um comando externo, fornecido pelo usuário.

Neste trabalho foram implementadas algumas regras para o tratamento da leitura dos sensores:

- (i) É impossível que o sensor A1 acuse nível lógico ALTO quando o sensor A0 acuse nível lógico BAIXO;
- (ii) É impossível que o sensor B1 acuse nível lógico ALTO quando o sensor B0 acuse nível lógico BAIXO;
- (iii) É impossível que o sensor B2 acuse nível lógico ALTO quando o sensor B1 ou sensor B0 acuse nível lógico BAIXO.

## **4. Resultados e Discursões**

### **4.1. Elaboração da maquete do sistema**

De forma a verificar o funcionamento do sistema proposto foi confeccionada uma maquete de madeira compensada, apresentada na Figura 7. A maquete representa uma residência, aonde será instalado o sistema de aproveitamento da água da chuva proposto nesse trabalho.

Na maquete foram utilizados reservatórios de plástico para facilitar a instalação dos sensores. Os reservatórios superiores têm capacidade de armazenamento de 17 litros e o inferior com 24 litros. De forma a simular o comportamento da calha, foi instalado um pequeno funil, preso lateralmente na maquete por uma fita *Hellerman*. Internamente ao funil está acoplado o sensor de presença de chuvas. Na base inferior da maquete foi instalado um vaso representando um jardim para ser irrigado. A interligação entre os recipientes foi realizada através de mangueira flexível.



**Figura 7. Maquete que representa o sistema proposto.**

#### **4.2. Análise prática da maquete**

Inicialmente o sistema foi configurado para operar em modo automático. Em um primeiro teste foi adotado a situação em que o reservatório A está completamente cheio e o reservatório B está vazio. Neste caso observa-se que o motor é acionado, levando água do reservatório A para o reservatório B. Observa-se que o motor permaneceu ligado enquanto o nível máximo para o reservatório B não foi atingido.

Considerando essa situação dos reservatórios, foi simulado um processo de irrigação da plantação. Nos testes, de forma a manter um maior controle do sistema, o sensor de umidade do solo foi substituído por um potenciômetro. Ajustando-se o potenciômetro para obtermos um valor correspondente a um solo seco, observa-se que o sistema permite a passagem de água por meio da válvula 2, realizando a irrigação do sistema. Após um certo período de irrigação, ajustou-se o potenciômetro para um valor correspondente a um solo úmido. Neste caso, observa-se que a válvula 2 é bloqueada, impedindo a passagem de água para a irrigação.

Finalizado esse teste, seguiu-se com uma nova situação, em que secou-se os reservatórios A e B. Neste caso, como o reservatório A e B estão completamente secos, observou-se que a válvula V3 é acionada, de forma a permitir a passagem de água do reservatório C para o reservatório B. Após a água atingir o nível indicado por B1, a válvula V3 é bloqueada.

Dando continuidade aos testes, foi simulado a presença de chuva, colocando água no funil da maquete. Neste caso observou-se que o sistema passou algum tempo para liberar a passagem de água pela válvula 1, correspondente ao descarte da primeira chuva. Após esse tempo, dado que a chuva permaneceu, nota-se que a válvula 1 é liberada, e o reservatório A inicia a captação. Nessa situação, foi testado que a chuva se prolongue até que o nível máximo do reservatório A seja atingido. Nesse caso, o sistema bloqueia a passagem de água pela a válvula 1 e a água em excesso é descartada.

#### **5. Conclusões**

Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de criar um protótipo de um sistema automático de aproveitamento de águas das chuvas para uso doméstico e irrigação. A partir da análise dos resultados obtidos na maquete, verifica-se que os objetivos propostos para este o trabalho foram atingidos. Diante desses resultados alcançados, é

possível obter a redução da utilização de água potável para fins menos nobres, consequentemente contribuir para a redução da conta de água.

Como trabalhos futuros pode-se citar:

- (i) Desenvolver um sistema de controle pelo smartphone que possibilite a comunicação via a internet.
- (ii) O acréscimo de filtros ou até mesmo tanques de desinfecção por adição de substância químicos, de maneira que o sistema possa controlar a quantidade produto adicionado;
- (iii) Implementar o sistema em outra plataforma de *Hardware*.

### Referências

- ANA (2009). No rumo de mudança. Disponível em: <[http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/fatosetendencias/edicao\\_2.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/fatosetendencias/edicao_2.pdf)>. Acesso em: 04 novembro. 2018.
- Brasil, G. F. (2018). Automação e Monitoramento de Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais para Utilidades Não Potáveis. Trabalho de Conclusão de Curso: UFERSA, Pau dos Ferros, RN.
- Grassi, M. T. (2001). As Águas do Planeta Terra. Edição Especial, mai. 2001.
- Magalhães, L. R. L (2011). Automação e Controle em Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva para Fins não Potáveis. Trabalho de Conclusão de Curso, UniCEUB, Brasília, DF.
- ONU (2018). Pacto Global da ONU lança relatório sobre desperdício de água em redes de distribuição do Brasil. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pacto-global-da-onu-lanca-relatorio-sobre-desperdicio-de-agua-em-redes-de-distribuicao-do-brasil/>>. Acesso em: 05 novembro. 2018.
- Santos, M. P., Oliveira, J. K. C (2014). Automação de baixo custo para reservatório de água. Revista Principia, nº 25.
- UNESCO (2018). 2018-2028 - Década Internacional para Ação, Água para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/about-this-office/prizes-and-celebrations/2018-2028-international-decade-for-action-water-for-sustainable-development/>>. Acesso em: 01 novembro. 2018.