



Artigo

# Sistema Automático para Aproveitamento da água das Chuvas

Kauann Jacome de Oliveira <sup>[1]</sup>, Gleimy Ferreira Brasil <sup>[2]</sup> e Pedro Thiago Valério de Souza <sup>[3]</sup>

<sup>[1]</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido; kauannjacome@hotmail.com

<sup>[2]</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido; gleimy.brasil@hotmail.com

<sup>[3]</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido; pedro.souza@ufersa.edu.br

*Recebido:* 14/06/2020;

*Aceito:* 09/08/2020;

*Publicado:* 11/09/2020.

*Resumo:* Este trabalho apresenta um protótipo de automação com baixo custo para sistemas de aproveitamento da água das chuvas, 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 também o controle manual do sistema. Como resultado é apresentado uma maquete em escala reduzida, de forma a representar em escala o sistema proposto e analisar as situações hipotéticas. A partir dos resultados obtidos, verifica-se a possibilidade de implementação desse sistema em uma residência convencional.

*Palavras-chave:* Automação Residencial; Aproveitamento; Água.

*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 a result, 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.

*Key-words:* Home Automation; Utilization; Water.

---

## 1. INTRODUÇÃO

A água é uma substância com o valor imensurável para a sobrevivência de toda a vida presente na terra. Segundo [3] de todo o recurso hídrico disponível no planeta, 97,5% está em forma salgada, portanto indisponível para o consumo humano. Apesar do Brasil apresentar uma abundante disponibilidade de recursos hídricos [1], este recurso encontra-se distribuído de forma heterogênea. A escassez de água poderá alcançar inclusive regiões com abundância desse recurso, devido à contaminação dos aquíferos e à falta de obras de saneamento básico para a coleta e tratamento de esgotos [2].

Diante disso, se fez 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 ambientes urbanos, consiste no aproveitamento de águas das chuvas [7] [5]. Nesse caso, a água da chuva seria utilizada em fins não-potáveis, como irrigação e para lavar pisos [6]. 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 aproveitamento das águas de chuva, bem como a integração com um sistema de irrigação doméstico. O sistema desenvolvido contará com uma interface homem- máquina (IHM), que possibilita a interação do usuário com todo o sistema, de forma a otimizar o uso de toda a água potável e não potável. Associado a esse sistema, foi desenvolvido um sistema de irrigação automático, que utiliza a água aproveitada, visando diminuir os gastos e desperdícios.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

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

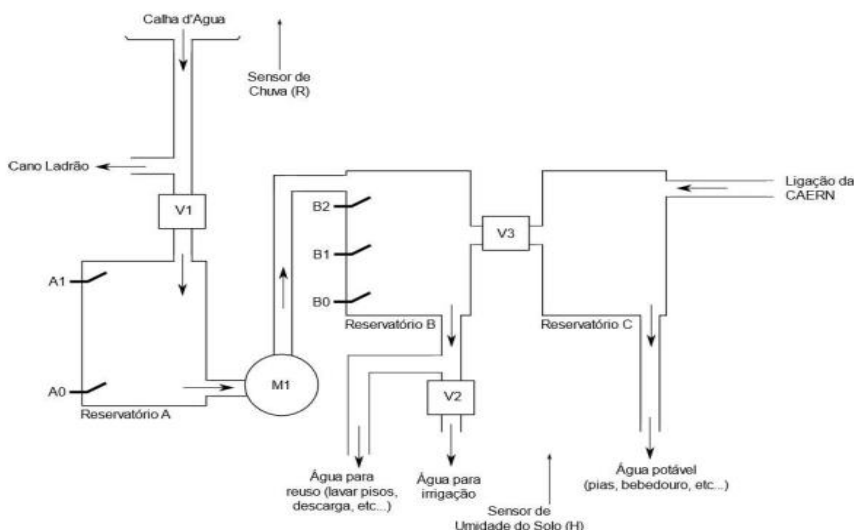


FIGURA 1. Diagrama do sistema proposto.

- 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 doméstica;
- iii. Reservatório C: Reservatório é destinado ao armazenamento da água potável, advindo do sistema de destruição 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 da água não potável 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 bombear 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 chuva;
- xiv. Sensor de humidade do solo (H): Esse sensor tem como objetivo determinar se o solo a ser irrigado está seco ou úmido;

Neste trabalho, implementa-se um sistema de controle utilizando um microcontrolador ATmega328p, de forma a automatizar o diagrama do sistema proposto na figura 1. O sistema deve permitir que o usuário altere 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, conforma apresentado na Figura 2.

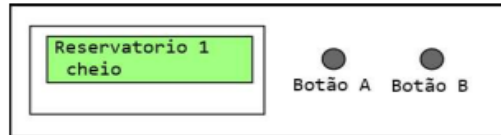


FIGURA 2. Interface homem-máquina utilizado.

O display LCD apresenta informações sobre o funcionamento do sistema, tal como o status dos reservatórios (nível cheio, 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 do 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.

2.1. Funcionamento do sistema

2.1.1. Regra de controle automático para a válvula 1 V1

O comportamento para a válvula 1 pode ser descrito por uma máquina de estados finitos com diagramas de transições entre estados apresentados na Figura 3.

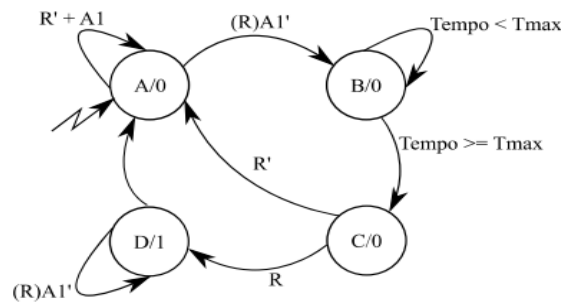


FIGURA 3. Máquina de estados para controle da válvula V1.

Inicialmente a válvula V1 encontra-se fechada. Detecta 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. Após esse tempo, a válvula permanece aberta até que a chuva pare ou o reservatório A fique completamente cheio.

2.1.2. Regra de controle automático para o motor M1

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

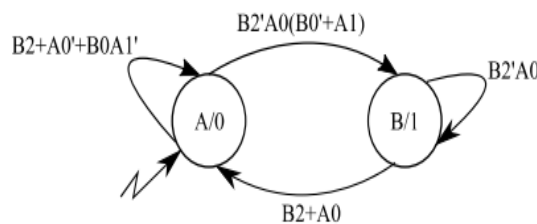


FIGURA 4. Máquina de estados para controle do motor M1.

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.

### 2.1.3. Regra de controle automático da válvula V2

O comportamento para a válvula V2 pode ser regida pela 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.

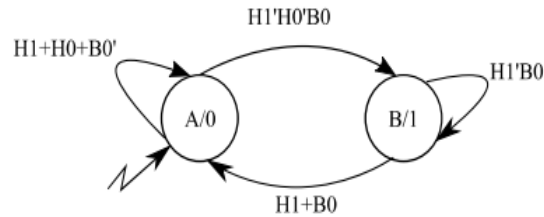


FIGURA 5. Máquina de estados para controle da válvula V2.

Analisando a figura 5, observa-se que o solo será irrigado quando estiver completamente seco e houver 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 correspondente 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

### 2.1.4. Regra de controle automático da 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.

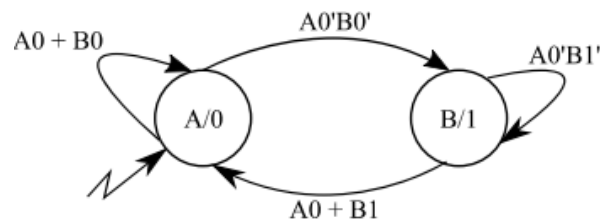


FIGURA 6. Máquina de estados para controle da válvula V3.

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, esta 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.

### 2.1.5. 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, infirmando que a devida operação não pode ser realizada.

#### 2.1.6. Tratamento de leitura dos sensores

Neste trabalho, implementou-se algumas regras de tratamento da leitura de sensores. Toda vez que o sistema apresenta um erro de leitura dos sensores, o sistema bloqueia toda a 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 de 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 logico ALTO quando o sensor A0 acusar nível logico BAIXO;
- ii. É impossível que o sensor B1 acuse nível logico ALTO quando o sensor B0 acusar nível logico BAIXO;
- iii. É impossível que o sensor B2 acuse nível logico ALTO quando o sensor B1 ou sensor B0 acuse nível logico BAIXO

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. 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, onde será instalada 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 tem 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 por fita Hellerman. Internamente ao funil foi acoplado um sensor de chuva. Na base inferior da maquete foi instalado um vaso representando um jardim a ser irrigado. A interação entre os recipientes foi realizada através de uma mangueira flexível.



FIGURA 7. Maquete que representa o sistema proposto.

#### 3.2. 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 irrigação do sistema. Após um certo período de irrigação, ajustou-se o potenciômetro para um valor correspondente ao solo úmido. Neste caso, observa-se que a válvula 2 é bloqueada, impedindo a passagem de água para a irrigação.

Finalizando esse teste, seguiu-se com uma nova situação, em que os reservatórios A e B estão vazios. Neste caso, como os reservatórios 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 foi observado que o sistema passou algum tempo para liberar a passagem de água pela válvula V1, correspondente ao descarte da primeira chuva. Após esse tempo, dado que a chuva permaneceu, nota-se que a válvula V1 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 atingindo. Nesse caso, o sistema bloqueia a passagem de água pela válvula V1 e a água em excesso é descartada.

#### 4. CONCLUSÃO

A partir da análise dos resultados obtidos na maquete, verifica-se que os objetivos propostos foram atingidos, mediante a montagem e o funcionamento do protótipo de forma satisfatória com que foi previsto inicialmente. Controlado pelo microcontrolador Atmega 328p e programado para realizar os procedimentos de captação, armazenamento e distribuição das águas para fins menos nobres. Outro fator que se destaca é a transição entre os sistemas no período de seca, não deixando de suprir a demanda do reservatório B para fins menos nobres, alcançando novamente o que foi proposto no escopo do projeto.

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

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos pelo financiamento externo por parte do Professor Me. Pedro Thiago Valério de Souza e pelo financiamento da UFERSA-Campus Pau dos Ferros.

#### REFERÊNCIAS

- [1] ANA (2009). No rumo de mudança. Disponível em: <[http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/fatsetendencias/edicao\\_2.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/fatsetendencias/edicao_2.pdf)>. Acesso em: 27 maio 2020.
- [2] 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.
- [3] Grassi, M. T. (2001). Às Águas do Planeta Terra. Edição Especial, maio. 2001.
- [4] 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.4
- [5] ONU (2018). Pacto Global da UNO 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: 29 maio 2020.
- [6] Santos, M. P., Oliveira, J. K. C. (2014). Automação de baixo custo para reservatório de água. Revista principia, nº 25.
- [7] UNESCO (2018). 2018-2028- Década Internacional para Ação, água para p Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <