



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA

ESCOLA DE INFORMÁTICA APLICADA

Sistema de Irrigação de Plantas em Ambientes Residenciais

Helânio Rodrigues Batista

Orientador

Alexandre Correa

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

MAIO DE 2014

Sistema de Irrigação de Plantas em Ambientes Residenciais

Helânio Rodrigues Batista

Projeto de Graduação apresentado à Escola de
Informática Aplicada da Universidade Federal do
Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO) para obtenção do
título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Aprovada por:

[NOME DO ORIENTADOR] (UNIRIO)

[NOME DO PRIMEIRO INTEGRANTE DA BANCA]

[NOME DO SEGUNDO INTEGRANTE DA BANCA]

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL.

MAIO DE 2014

Agradecimentos

A minha mãe e a todas as pessoas que me ajudaram nesse jornada.

Ao meu amigo Valério pela paciência e disponibilidade para me ensinar sobre o mundo da eletrônica, conhecimento sem o qual esse projeto não seria possível.

RESUMO

O projeto consiste na produção de um sistema de irrigação automático com uma interface Web para a irrigação de plantas. Como principal plataforma, será utilizada o Arduino, à qual serão adicionados alguns componentes eletrônicos e mecânicos.

A irrigação das plantas será feita de duas formas, ambas utilizando reservatórios alimentados pelo sistema. A primeira é a capilar, ou seja, a água passará para o solo através de um condutor, madeira ou barbante, que está em contato com o reservatório de água abaixo do vaso de planta. A segunda é por gotejamento, na qual o reservatório terá uma válvula que permite a passagem de uma pequena quantidade de água que gotejará no vaso de planta.

O sistema possibilita a irrigação de vários vasos de plantas, sendo o limite dependente do fornecimento de água, em até seis níveis de altura. Cada nível conterà um reservatório com um sensor de nível de água e fornecerá água para os vasos ligados a ele. O sistema garante a presença da quantidade necessária de água nos reservatórios de cada nível. Também é possível acompanhar as irrigações por uma interface web que exibe informações como o tempo em que o sistema está ativo, a temperatura, a umidade, a data da última irrigação em cada sensor e o número de ativações em cada sensor. Também é possível configurar certos parâmetros do sistema pela interface web, tais como: a data, status (ativado ou desativado) de cada sensor de nível de água. Outra característica da solução são dois displays lcd integrados ao sistema que mostram as mesmas informações apresentadas pela interface web.

Palavras-chave: Arduino, Automação, Irrigação.

ABSTRACT

The aim of the project is the creation of an automatic irrigation system, with a Web interface, to provide the necessary water supply for plants. The Arduino will be utilized as the main platform, and the whole irrigation system will make use of some electronical and mechanical components as well. The irrigation will be made in two different ways, both utilizing reservoirs fed by the system itself. The first way is capillar, i. e., the water is transferred to the soil through the use of a conductor - wood or thread - which is in contact with the water reservoir beneath the plant pot. The second way is through "dropping", in which the reservoir will have a valve that allows the passage of a slight amount of water, which drops onto the plant.

The system enables the irrigation of multiple plants at up to six height levels - its limitations depending on the water supply. Each one of these "height levels" will have its own reservoir with a water level sensor and will supply water to the pots which are connected to it. The system will guarantee that there is always water in the reservoirs at each level.

It will also be possible to monitor the irrigation through a Web interface which will exhibit informations such as: for how long the system is active, its temperature, humidity, date of the last irrigation at each sensor and the number of activations at each sensor. It is also possible to configure certain system parameters through the Web interface, such as the date, and activate or deactivate a water level sensor. Yet another feature are the two lcd displays integrated to the system, which show the same informations exhibited by the Web interface.

Keywords: Arduino, Automation, Irrigation.

Índice

1 Introdução.....	8
1.1 Motivação	8
1.2 Objetivos.....	8
1.3 Organização do texto.....	8
2 Requisitos	9
2.1 Ambiente.....	9
2.2 Forma de Irrigação	11
2.3 Acompanhamento.....	15
2.4 Sumário dos Requisitos do Sistema	15
2.5 Soluções Existentes	15
3 Projeto da Solução	17
3.1 Tecnologias Utilizadas	17
3.1.1 Arduino	17
3.1.2 Eletrônica	20
3.2 Visão Geral da Solução	22
3.3 Subsistema de Irrigação - Hardware	24
3.4 Software.....	28
3.4.1 Módulo dos Sensores.....	28
3.4.2 Módulo do Display	29
3.4.3 Módulo de Monitoramento Remoto	30
4 Conclusão	33
4.1 Contribuições	33
4.2 Limitações.....	33
4.3 Trabalhos futuros	33
4.4 Considerações Finais	33
Referências Bibliográficas	35

Índice de Figuras

Figura 1 - Exemplo de plantação vertical.....	10
Figura 2 - Exemplo de irrigação por capilaridade	13
Figura 3 - Exemplo de irrigação por gotejamento	14
Figura 4 - Detalhe da irrigação por gotejamento	14
Figura 5 - Arduino UNO	18
Figura 6 - Arduino Mega 2560	18
Figura 7 - Módulo Ethernet para Arduino.....	19
Figura 8 - Módulo LCD Nokia 5110	19
Figura 9 - Comparação das versões do Arduino.....	20
Figura 10 - Módulo Rele	22
Figura 11 - Reed Switch.....	22
Figura 12 - Placas para entrada de inputs.....	24
Figura 13 - Módulo hidráulico visão interna.....	26
Figura 14 - Módulo hidráulico visão externa	26
Figura 15 - Diagrama módulo hidráulico	27
Figura 16 - Exemplo dos interligados e do sensor.....	27
Figura 17 - Informações dos displays	29
Figura 18 - Páginal web visão geral.....	31
Figura 19 - Página visão administrativa.....	32

1 Introdução

1.1 Motivação

O cultivo de plantas em ambientes urbanos é um desafio, pois nem sempre é possível garantir os suprimentos necessários para mantê-las vivas. Boa parte desse problema advém do pouco tempo disponível para cuidar das plantas. Como os responsáveis pelo seu cultivo possuem rotinas atarefadas, é grande a probabilidade da planta ficar sem água por falta de rega, o que, além de matar as plantas, desmotiva as pessoas a continuarem o cultivo de plantas em suas casas e apartamentos.

O curso de Sistemas de Informação permite que os alunos utilizem as competências e conhecimento adquiridos ao longo da formação acadêmica em diversas áreas para resolver diferentes tipos de problemas. O presente trabalho tem como motivação apresentar uma solução para o problema da irrigação de plantas em ambientes urbanos, onde as pessoas costumam se esquecer de regar suas plantas nos momentos em que elas necessitam.

1.2 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver um sistema de informação que seja capaz de auxiliar as pessoas no cultivo de plantas por meio de um controle automatizado da irrigação das plantas.

1.3 Organização do texto

O presente trabalho está estruturado em capítulos e, além desta introdução, será desenvolvido da seguinte forma:

- Capítulo II: apresenta o problema que o projeto pretende solucionar e os requisitos desejáveis que uma possível solução deve atender.
- Capítulo III: Elabora uma solução para o problema apresentado e descreve o que foi realizado para alcançá-la.
- Capítulo IV: Reúne as considerações finais, assinala as contribuições do projeto e sugere possibilidades de melhorias futuras.

2 Requisitos

Este capítulo descreve o problema de forma mais detalhada e apresenta os requisitos do sistema, isto é, o que um sistema de irrigação precisa fazer para que ele possa manter as plantas abastecidas de água, considerando que o cultivo ocorre em ambientes residenciais (casas e apartamentos). É importante observar que o projeto de um sistema para ambientes desse tipo envolve requisitos que normalmente não são encontrados em sistemas comuns de irrigação, como aqueles utilizados em jardins, por exemplo.

Este capítulo está estruturado da seguinte forma: a seção 2.1 descreve as características gerais do ambiente considerado para o sistema de irrigação; a seção 2.2 apresenta as diferentes formas de irrigação que podem ser utilizadas; a seção 2.3 discute as necessidades de informação do usuário em relação ao sistema; e a seção 2.4 sumariza os requisitos do sistema. Vale resaltar que todas as plantas apresentadas nas imagens ao longo do projeto foram utilizadas para testar o sistema desenvolvido.

2.1 Ambiente

A proposta deste trabalho é desenvolver um sistema de irrigação que possa ser utilizado em apartamentos e casas, onde geralmente as plantas são cultivadas em um espaço reduzido. Por esse motivo, é importante considerar que a plantação pode ser verticalizada (Figura 1). Plantações desse tipo são mais adequadas para ambientes pequenos, já que a limitação de espaço em largura pode ser compensada pelo espaço vertical disponível. Portanto, o sistema de irrigação terá que levar água para vasos que podem estar em alturas diferentes, o que significa que a pressão da água deve ser suficiente para irrigar as plantas no nível mais alto, ao mesmo tempo em que não pode ser forte a ponto de alagar as plantas no nível mais baixo.



Figura 1 - Exemplo de plantação vertical

Um sistema de irrigação automática deve ser capaz de detectar quando uma planta está precisando de água. É importante observar que uma planta pode precisar de água quando outra ainda não precisa, e que água em excesso pode matar uma planta. Portanto, o sistema, além de ser capaz de saber quando uma planta precisa de água, deve

garantir o abastecimento de água adequado para as plantas, considerando que a quantidade de água necessária para cada planta pode ser diferente em um determinado instante do tempo.

Como o ambiente considerado para o cultivo consiste em casas ou apartamentos, onde as plantas ficam localizadas em varandas, janelas ou outros lugares expostos ao sol, nem sempre haverá uma saída de água (torneira) próxima aos vasos. Dessa forma, o sistema deverá ser capaz de captar água de uma saída de água, caso exista alguma próxima, ou operar com um reservatório de água abastecido pelo usuário de tempos em tempos. A forma de abastecimento de água (saída de água ou reservatório) está relacionada com a capacidade de irrigação do sistema, ou seja, o número de vasos que o sistema será capaz de irrigar. No caso da utilização de uma saída de água como uma torneira, o número de vasos que podem ser irrigados pelo sistema é praticamente ilimitado. Entretanto, quando o abastecimento for realizado por meio de um reservatório, a quantidade de vasos atendidos pelo sistema dependerá da capacidade do reservatório (ex: 20 litros).

2.2 Forma de Irrigação

A forma de irrigação mais utilizada em cultivo de plantas é a irrigação por superfície, na qual a água é despejada no solo e se infiltra na terra por gravidade (Hernandez, 2014). Quando o plantio é feito em vasos, a água não absorvida escorre pelo fundo do vaso. Embora esse tipo de irrigação seja o mais utilizado pelos sistemas automáticos para irrigações de jardins e hortas, ele não é a solução mais adequada para o ambiente descrito na seção anterior pelos seguintes motivos:

- a) necessidade de limitar o número de vasos: na irrigação por superfície aplicada em vasos, é difícil não ter que limitar o número de vasos que o sistema poderá alimentar, pois cada vaso deve estar ligado individualmente ao sistema para garantir que cada um receba somente a quantidade de água de que necessita. Dessa forma, o tamanho físico do sistema e a complexidade de instalação cresce na proporção do número de vasos que precisam ser alimentados.
- b) escoamento de água: o escoamento de água pelo fundo do vaso também é um problema, pois o acúmulo de água parada pode causar dengue, além de ser bastante complicado fazer com que o excedente de água caiba dentro do limite suportado pelo prato que retém água no fundo do vaso. Nessa situação, o ideal é

ter uma drenagem em cada vaso, o que requer muito espaço, não sendo, portanto, viável em ambientes pequenos.

c) dificuldade para se determinar o momento em que a planta deve ser irrigada: no método de irrigação por superfície, esse momento pode ser determinado de duas formas. A primeira é fazer a irrigação programada, isto é, irrigar as plantas por um período de tempo em um ou mais momentos programados ao longo do dia. O problema dessa abordagem é que fatores como o clima e as espécies de plantas são determinantes para a frequência de irrigação, fazendo com que ela não seja constante. Sendo assim, irrigar sempre a mesma quantidade de água nos mesmos horários pode não atender às necessidades de todas as plantas. A segunda forma é medir a umidade da terra de cada vaso para saber quando uma planta necessita de água. Para essa abordagem funcionar, além de ser necessário conhecer previamente a quantidade de vasos, o número de fios e de conexões com o sistema para cada sensor de umidade necessário para um grande número de vasos inviabilizaria sua instalação em um apartamento.

Duas formas de irrigação podem ser utilizadas para satisfazer os requisitos do sistema e as necessidades das plantas. A primeira, e a principal, é a irrigação por capilaridade, onde cada vaso tem um reservatório acoplado na sua parte inferior contendo água que passa ao solo por um condutor como madeira ou barbante (Figura 2). Através da forte coesão da água e da absorção das raízes, a água sobe do reservatório para o vaso. À medida em que as raízes vão se desenvolvendo, elas descem pelo condutor até atingir a água no reservatório, passando a captar a água diretamente. Essa forma de irrigação oferece vantagens como: a) satisfazer, de forma adequada, as diferentes demandas por água de cada planta; b) eliminar a necessidade de conhecer previamente o número de vasos que o sistema alimentará. Como na irrigação por capilaridade a própria planta capta a água, basta o sistema garantir o abastecimento de água no reservatório de cada uma, eliminando a necessidade de tratar fatores de influência como clima e espécie de planta. O uso de um reservatório para cada vaso permite que seja possível irrigar tantos vasos quanto forem colocados sem a necessidade de modificar o sistema, pois cada reservatório está ligado ao outro de forma que a água escoe por todos. Dessa maneira, basta o sistema manter um reservatório abastecido, pois a água passará para todos os demais reservatórios conectados. A única limitação é que a altura do nível de água deve ser a mesma em todos os reservatórios.



Figura 2 - Exemplo de irrigação por capilaridade

A segunda forma de irrigação é por gotejamento (Figuras 3 e 4), onde é utilizada uma válvula que permite a passagem de uma pequena quantidade de água que fica gotejando no vaso, umedecendo o solo. Esse método é uma alternativa para os casos em que a irrigação por capilaridade não possa ser empregada, como, por exemplo, quando uma planta não se adapta bem ao sistema capilar. O gotejamento também não requer o conhecimento prévio do número de vasos a serem alimentados, pois basta acoplar as válvulas em uma mangueira de forma que cada válvula fique sobre um vaso, ficando o sistema responsável por manter um reservatório para abastecer os gotejadores. Entretanto, essa forma de irrigação requer um certo conhecimento sobre a necessidade de água de cada planta para que o gotejamento em cada vaso possa ser feita com a frequência adequada.



Figura 3 - Exemplo de irrigação por gotejamento



Figura 4 - Detalhe da irrigação por gotejamento

2.3 Acompanhamento

Ainda que a irrigação seja feita de forma automática, o usuário responsável pelas plantas precisa acompanhar o processo de forma a saber, por exemplo, quando as suas plantas foram irrigadas, quantas irrigações foram feitas, dentre outras informações. Considerando que o perfil típico do usuário atendido pelo sistema corresponde a pessoas com rotinas atarefadas, exigir do usuário a observação direta das plantas diariamente não é uma opção viável. Sendo assim, é necessário oferecer uma forma do usuário visualizar informações relevantes que o auxiliem no cuidado de suas plantas como, por exemplo, a umidade do ar, a temperatura e o histórico de irrigações realizadas.

Outro requisito ligado ao acompanhamento das atividades do sistema é a forma de acesso. Prover informações por meio de uma interface visível apenas no local do plantio não é suficiente. Essas informações devem estar acessíveis ao usuário ainda que ele esteja fisicamente distante do local de cultivo. Em casos de viagens, por exemplo, é importante garantir que as informações continuem ao alcance dos usuários.

2.4 Sumário dos Requisitos do Sistema

- Irrigar de forma automática um conjunto de vasos em um ambiente residencial (apartamentos ou casas).
- Irrigar plantas que podem estar posicionadas em alturas diferentes.
- Determinar o momento adequado para irrigar as plantas.
- Irrigar as plantas com a quantidade adequada de água.
- Permitir a consulta remota da situação atual do ambiente (temperatura e umidade do ar).
- Permitir a consulta remota da situação atual das plantas monitoradas (última irrigação realizada).

2.5 Soluções Existentes

Atualmente não existem muitas soluções disponíveis para irrigação automatizada em ambientes residenciais que consigam atender as necessidades para o cultivo em ambientes pequenos com número variado de vasos e acompanhamento remoto. A maioria das soluções disponíveis no mercado são sistemas aplicados a

jardins, que não atendem as necessidades apresentadas. Existem projetos, alguns utilizando o Arduino, que conseguem solucionar de forma parcial os problemas citados, mas possuem limitações como:

- fazem a irrigação medindo a umidade da terra, mas não trabalham com um número variável de vasos;
- irrigam temporalmente de forma a prover a mesma quantidade de água para todas as plantas, não considerando fatores como o clima e as diferentes espécies que produzem variações na demanda de água de cada planta;
- não oferecem recursos de acompanhamento remoto (Tyler, 2014).

O projeto de Marcelo Moraes (Moraes, 2014) é bem interessante, mas por utilizar apenas a medição de umidade da terra para irrigar, gera a necessidade de mudanças significativas no sistema para que um novo vaso possa ser acrescentado. Para um usuário com pouca disponibilidade de tempo, é inviável realizar essas alterações ainda mais se não possuir conhecimento técnico. O mesmo ocorre com o projeto do Tyler (Tyler, 2014). Já o trabalho apresentado pelo Dillon Nichols (Nichols, 2014) faz a irrigação temporalmente restringindo a heterogeneidade de espécies cultiváveis. Não foi observado em nenhum dos trabalhos analisados algum acompanhamento remoto ou interação com o usuário diferente de displays.

3 Projeto da Solução

O capítulo anterior descreveu as funcionalidades necessárias para o sistema e com base nelas este capítulo descreve como elas foram implementadas. A seção 3.1 apresenta uma visão geral das tecnologias utilizadas para que se tenha um bom entendimento do que foi construído. A seção 3.2 apresenta a solução em termos gerais, enquanto a seção 3.3 detalha a parte hidráulica que possibilita a irrigação. A seção 3.4 descreve os aspectos de implementação do software desenvolvido.

3.1 Tecnologias Utilizadas

Esta seção descreve os principais recursos utilizados na construção da solução.

3.1.1 Arduino

Arduino é uma plataforma de prototipação eletrônica, *open source*, baseada em hardware e software, onde é possível desenvolver várias automações que envolvam sensores, microcontroladores, motores e outros componentes, por meio de uma interface programável e portas eletrônicas digitais e analógicas. As portas digitais funcionam de forma binária, e a sua utilização como porta de entrada ou saída é definida por código. Já as portas analógicas recebem uma voltagem que varia de 0 a 5 volts que é mapeada para valores de 0 a 1023. Para a programação do software embarcado na plataforma, utilizou-se a linguagem C/C++ em uma IDE própria para a plataforma, compatível com vários sistemas operacionais.

Uma das grandes vantagens do Arduino é a possibilidade de abstrair um hardware complexo através da programação passada para ele. Outro fator que torna essa plataforma muito útil é a grande quantidade de módulos disponíveis. Esses módulos de hardware podem ser acoplados ao Arduino de modo a oferecer funcionalidades extras por meio de utilização de bibliotecas próprias. Existem diversos tipos de módulos como, por exemplo, módulo para conexão com rede Ethernet, comunicação sem fio entre dispositivos, memória externa, displays, tecnologia GSM e muitos outros. A comunidade de desenvolvimento é bem ampla e a existência de boa documentação de

apoio fazem com que a plataforma seja muito boa para o desenvolvimento de soluções baseadas em hardware e software. A seguir as Figuras 5, 6, 7 e 8 mostram, respectivamente, o Arduino nas versões UNO e Mega 2560, o módulo Ethernet e o display Nokia 5110, utilizados na solução desenvolvida neste projeto.

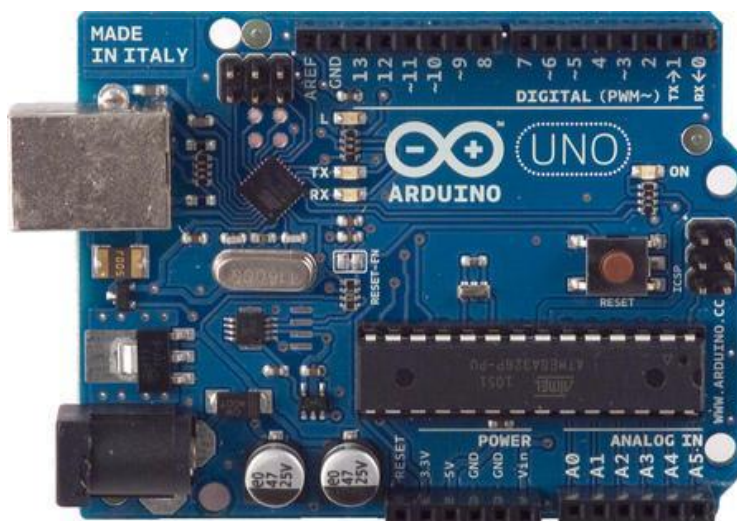


Figura 5 - Arduino UNO



Figura 6 - Arduino Mega 2560

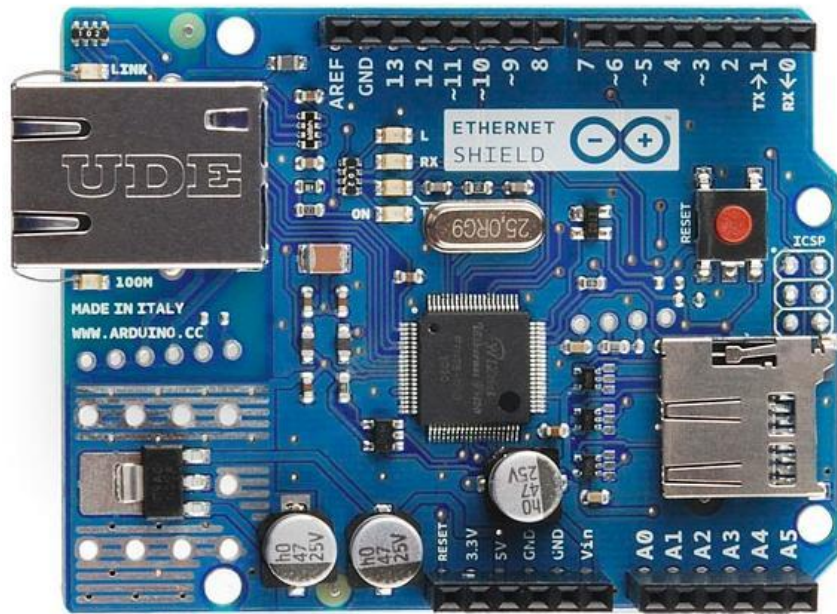


Figura 7 - Módulo Ethernet para Arduino



Figura 8 - Módulo LCD Nokia 5110

O sistema utiliza duas versões do Arduino, o UNO e o Mega 2560, um módulo Ethernet para conexão com a internet que possui entrada para SDcard e dois displays LCD Nokia 5110. Em princípio, apenas a versão UNO seria utilizada, mas o hardware disponível para essa versão se mostrou insuficiente. A memória SRAM de 2kB não atendia as necessidades do sistema e, por isso, foi adotada a versão Mega 2560, que possui 8KB de memória SRAM. Em termos de hardware, a segunda versão adotada bastaria, mas devido a uma incompatibilidade entre as bibliotecas dos módulos utilizados, foi necessário o uso das duas versões ao mesmo tempo para que o sistema funcionasse com todos os componentes. A Figura 9 apresenta a comparação entre algumas das versões do Arduino. Mais detalhes sobre a utilização das versões são descritos na seção 3.4.

Name	Processor	Operating Voltage/Input Voltage	CPU Speed	Analog In/Out	Digital IO/PWM	EEPROM [KB]	SRAM [KB]	Flash [KB]	USB	UART
Uno	ATmega328	5 V/7-12 V	16 Mhz	6/0	14/6	1	2	32	Regular	1
Due	AT91SAM3X8E	3.3 V/7-12 V	84 Mhz	12/2	54/12	-	96	512	2 Micro	4
Leonardo	ATmega32u4	5 V/7-12 V	16 Mhz	12/0	20/7	1	2.5	32	Micro	1
Mega 2560	ATmega2560	5 V/7-12 V	16 Mhz	16/0	54/15	4	8	256	Regular	4

Figura 9 - Comparação das versões do Arduino

3.1.2 Eletrônica

O sistema faz uso de componentes eletrônicos para o acionamento de válvulas que fazem o controle da irrigação, sendo que o próprio Arduino foi integrado com esses componentes por meio de um circuito eletrônico. Para um melhor entendimento de como o projeto foi realizado, é necessária uma noção básica da eletrônica utilizada. Essa seção apresenta, de forma simplificada, os componentes utilizados e a sua interação com o sistema.

O circuito eletrônico que interliga todos os componentes pode ser entendido como o fluxo da energia elétrica que perpassa condutores e componentes seguindo do pólo negativo para o positivo. Ao passar por um componente, a energia elétrica pode sofrer variações de acordo com as propriedades de cada componente, e essa variação

possibilita atingir os resultados esperados. A tensão, dentre as propriedades que variam em um circuito, é a responsável pela lógica que conduzirá a aplicação, e tem como medida a voltagem. Da mesma forma que um computador utiliza uma voltagem baixa e outra alta para representar fisicamente o sistema binário, o circuito utilizado no sistema aplica esse mesmo princípio para conduzir operações lógicas. Por exemplo, no Arduino é possível acender diferentes leds de acordo com a variação de voltagem que chega por uma porta de entrada analógica. São definidas faixas de valores correspondentes à voltagem aplicada na porta de entrada e quando uma faixa é atingida, uma porta de saída digital é acionada. Então, se na porta analógica chegar uma voltagem de 2 a 3 volts, uma porta digital irá liberar uma voltagem de 5 volts para acender um led, enquanto a voltagem na porta de entrada estiver na faixa estabelecida. É dessa forma que se pode acionar válvulas ou outros componentes a partir de sinais recebidos de um sensor ou por algum evento programado.

Dos componentes utilizados, o relé (Figura 10) e o *reed switch* (Figura 11) são fundamentais para o funcionamento do sistema. O primeiro é responsável por ligar equipamentos com voltagem mais elevada a partir de um impulso digital que é de baixa voltagem. Combinando esse módulo com o Arduino, é possível acender uma lâmpada a partir do acionamento de uma porta digital. O módulo relé funciona como um interruptor que, ao invés de ser pressionado, é ativado pelo Arduino. O *reed switch* é uma ampola de vidro em que há duas hastes de metais paralelas que não se encostam a não ser que seja aplicado um campo magnético sobre elas. Quando as hastes se juntam, permitem a passagem de energia elétrica. Esse componente gera impulsos digitais na aproximação de um ímã, e é utilizado no sistema como um sensor para medir o nível de água em um reservatório. A partir de uma bóia magnética, um *reed switch* localizado na parte inferior do reservatório gera um impulso quando o nível de água atinge a sua posição e o mesmo ocorre para o outro *reed switch* localizado na parte superior.



Figura 10 - Módulo Rele

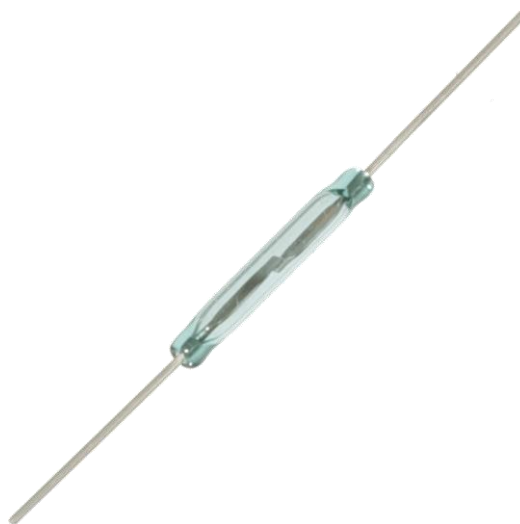


Figura 11 - Reed Switch

3.2 Visão Geral da Solução

O sistema pode ser dividido em dois subsistemas principais: o subsistema de irrigação e o subsistema de monitoramento remoto.

O subsistema de irrigação é responsável pela irrigação automática dos vasos e consiste em um módulo físico que contém toda a parte hidráulica responsável pelo controle de água e sua dispersão para os vasos de planta. A esse módulo é acoplado um outro módulo que contém a parte de controle e informações do sistema.

O subsistema de monitoramento remoto fornece informações ao usuário para auxiliá-lo no monitoramento do processo de irrigação, sem que ele precise estar constantemente no local do cultivo para saber o que está acontecendo. A partir de uma página web, que poderá ser acessada de qualquer navegador, o usuário tem acesso às informações fornecidas pelo sistema. A umidade, a temperatura, o número de irrigações efetuadas, a data da última irrigação, o status dos sensores de nível de água, a data corrente e o tempo que o sistema está ativo são as informações que podem ser obtidas por meio dessa página. Para um acesso local mais rápido, essas informações também são apresentadas em dois displays LCD no local do cultivo. A interface web também proporciona uma interação de duas vias, já que o usuário pode fornecer dados de controle ao sistema como a data inicial, o tempo de timeout de cada sensor, e o seu status.

Para prover as informações de que o sistema necessita, alguns módulos de hardware são utilizados: a parte web utiliza um módulo Ethernet em conjunto com o Arduino. O sensor DTH11 é utilizado para medir a umidade e a temperatura do ar. São utilizados dois displays LCD Nokia 5110 para a visualização das informações. Também foram confeccionadas duas placas para a entrada de leituras dos sensores de nível de água, uma para o de nível baixo e a outra para o alto. As placas, apresentadas na figura 12, tem como objetivo direcionar seis entradas analógicas para apenas uma, fazendo uma divisão por faixa de voltagem. Dessa forma são utilizadas apenas duas portas analógicas do Arduino ao invés de 12.

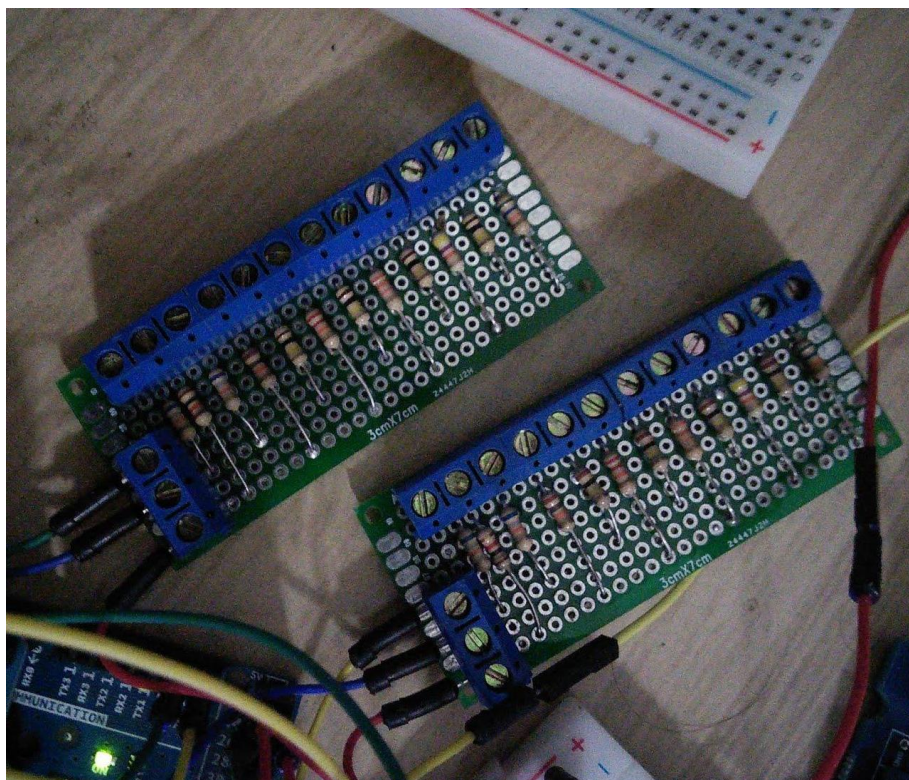


Figura 12 - Placas para entrada de inputs

3.3 Subsistema de Irrigação - Hardware

Essa seção apresenta a parte hidráulica desenvolvida (Figuras 13 e 14) baseada nos requisitos propostos. A Figura 15 contém um diagrama com o esquema de acionamento das válvulas e da bomba. O sistema faz a irrigação das plantas utilizando água proveniente de uma torneira ou de um reservatório, quando uma saída de água não estiver disponível. Para o uso do reservatório, o sistema conta com uma bomba de água que é acionada quando existir a necessidade de regar as plantas. O usuário pode ativar ou desativar essa funcionalidade. O sistema permite a irrigação por capilaridade e por gotejamento, considerando um cultivo vertical sem um limite predefinido para o número de vasos de planta. Para isso, o sistema conta com seis válvulas que controlaram o acionamento de água para a irrigação em seis diferentes níveis de altura.

Na irrigação capilar, em cada nível de altura os vasos possuem reservatórios localizados na parte inferior que são interligados de forma que a água passe de um reservatório para outro. Em cada nível de altura, o nível de água dos reservatórios é controlado por um sensor que monitora os níveis mínimo e máximo de água nos reservatórios. O sistema tem a capacidade de trabalhar com até seis níveis de altura. Em

cada altura, o nível de água em todos os reservatórios dos vasos será igual. Para adicionar um vaso ao sistema, basta interligar o seu reservatório a outro que já esteja ligado ao sistema.

Na irrigação por gotejamento, há apenas um reservatório por nível de altura ao qual é conectada uma mangueira com gotejadores que faz a irrigação dos vasos. Da mesma forma como na irrigação por capilaridade, a por gotejamento também possui um sensor por nível de altura. Portanto, cada nível de altura terá um sensor que controla o nível de água que é mantido por uma válvula e poderá conter tantos vasos quantos forem possíveis de abastecer baseado no fornecimento de água dado ao sistema. Isso se aplica para ambas as formas de irrigação. A Figura 16 mostra um exemplo dos vasos interligados pelo método de capilaridade e o sensor utilizado para medir o nível de água no reservatório utilizado pelo gotejador.

Os sensores de nível de água são construídos a partir de *reed switches*. Cada sensor contém dois deles que são acionados por uma boia magnética que fica flutuando no reservatório. O sensor é formado por um canudo cuja altura define o nível de água que será monitorado. Na parte inferior do canudo há um *reed switch* para fornecer ao sistema a sinalização de nível baixo de água, enquanto que o *reed switch* localizado na parte superior fornece a sinalização de nível alto de água. Essas sinalizações são responsáveis pelo acionamento e desligamento das válvulas.

As válvulas utilizadas no sistema para o controle da irrigação são do tipo solenoide. Essas válvulas são acionadas eletricamente, liberando ou não a passagem de água. Elas são facilmente encontradas nas torneiras com acionamento automático em banheiros de shopping centers. Na indústria, essas válvulas são amplamente utilizadas não só para o controle de fluxo de água mas também para o de gás.

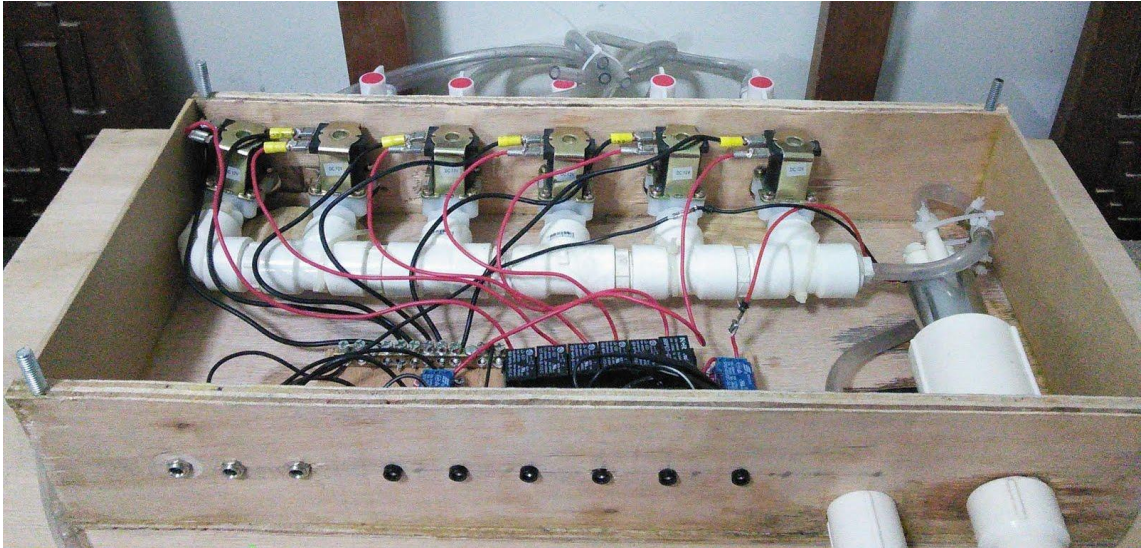


Figura 13 - Módulo hidráulico visão interna

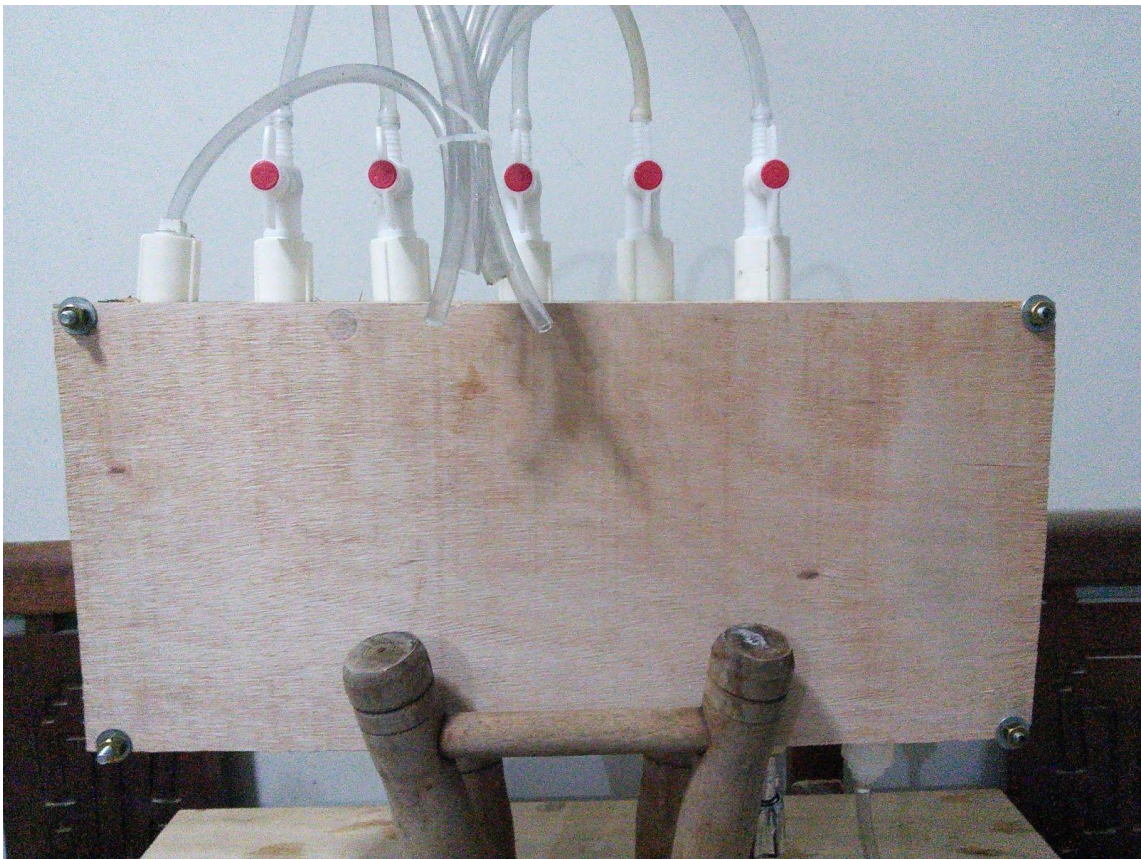


Figura 14 - Módulo hidráulico visão externa

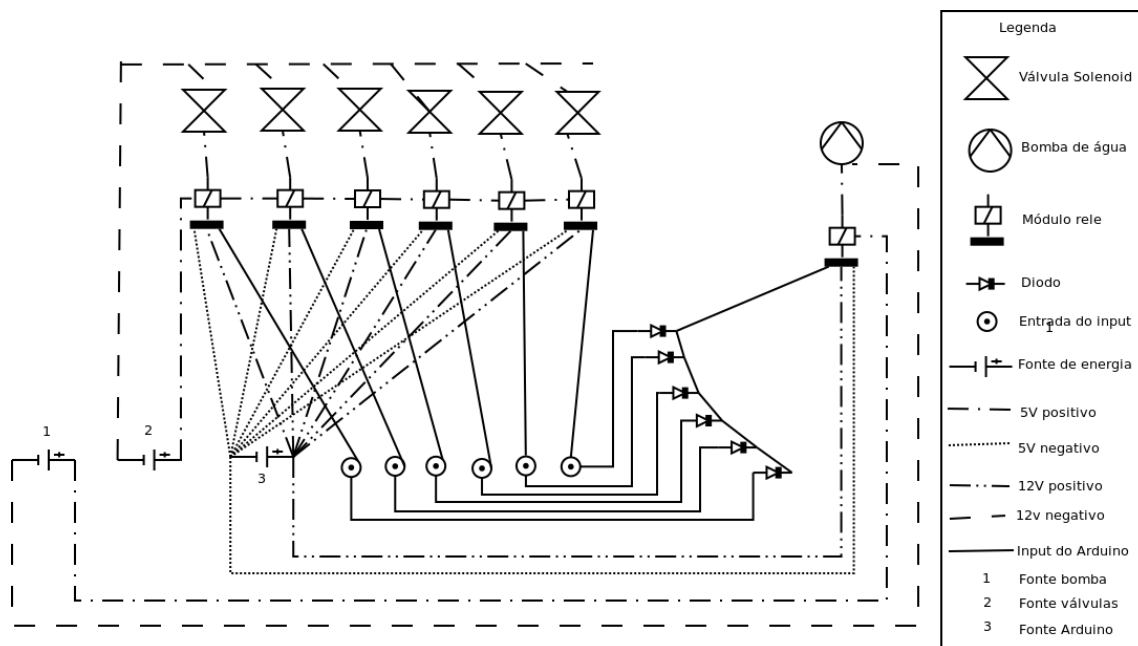


Figura 15 - Diagrama módulo hidráulico



Figura 16 - Exemplo dos interligados e do sensor

3.4 Software

Toda a lógica de controle do sistema foi implementada utilizando a linguagem de programação C com o uso de várias bibliotecas fornecidas pela plataforma do Arduino. Esta seção descreve os aspectos de implementação dos três principais aspectos do sistema: módulo de sensores, módulo de displays e monitoramento remoto pela web.

3.4.1 Módulo dos Sensores

Esta seção descreve a implementação referente aos sensores utilizados para o controle do nível de água utilizado no subsistema de controle da irrigação.

Para o controle da irrigação, tudo se inicia com as funções que tratam as sinalizações recebidos pelo sensor de nível de água. No loop que o Arduino fica executando, é verificado se o nível baixo de cada sensor está acionado e, caso esteja, o sistema envia um comando para acionar a bomba de água e a válvula correspondente a esse sensor. O nível alto de cada sensor também é verificado no loop, e, quando estiver acionado, o sistema emite um comando para desativar a sua válvula correspondente e a bomba. Para a segurança do sistema, algumas verificações são feitas em conjunto com as verificações do nível dos sensores. Por exemplo, a irrigação só é acionada para um sensor se ele não estiver ativo. Como o intervalo de tempo entre cada loop onde os sensores verificados é muito curto, é possível que o sistema receba várias vezes uma sinalização de nível baixo até que o nível da água suba. Nesse caso, a válvula e a bomba seriam acionadas sucessivamente gastando um processamento desnecessário e, portanto, essa verificação permite evitar essa situação.

Outros controles feitos são a desativação por temporização e a mudança do status de um sensor. Caso ocorra algum problema com um sensor e a sinalização de nível alto não chegue ao sistema quando uma irrigação estiver em curso, ocorrerá um alagamento. Para evitar esse tipo de situação, a irrigação é desativada após um período de tempo definido pelo usuário, e quando isso ocorrer, o status do respectivo sensor é marcado com erro. Dessa forma, as funções que controlam o acionamento das válvulas e da bomba só fazem a ativação se o status do sensor não estiver com erro.

3.4.2 Módulo do Display

Esta seção descreve a implementação do módulo responsável por exibir nos displays as informações de data, tempo ativo, umidade e temperatura, como aparecem no display esquerdo na Figura 17, além do status, número de irrigações e data da ultima irrigação para cada nível (reservatório), conforme aparecem no display direito na Figura 17. Além disso, esta seção descreve como os dados de umidade e temperatura são obtidas do sensor DTH11.



Figura 17 - Informações dos displays

Para a implementação deste módulo, foram necessárias bibliotecas que não vêm na IDE de desenvolvimento para o Arduino, mas que podem ser encontradas nas comunidades de desenvolvimento sobre o tema. Há um conflito entre a biblioteca utilizada nos displays e a biblioteca do servidor web, fazendo com que elas não possam ser utilizadas ao mesmo tempo. O uso em conjunto faz com que as informações não sejam exibidas nos displays. O problema está na configuração de um controlador que é responsável pelo funcionamento do protocolo SPI (Serial Peripheral Interface) que é utilizado pelo Arduino para fazer a comunicação entre diferentes dispositivos como é o caso do módulo Ethernet e os displays (Arduino, 2014). A solução foi separar as bibliotecas em Arduinos diferentes, a versão UNO ficou com o módulo dos displays e a versão Mega com o resto do sistema. Com essa distribuição, as informações do sistema são obtidas e gerenciadas pela segunda versão e passam para a primeira para serem exibidas nos displays (Arduino 2014).

O DHT11 é um sensor bastante utilizado para medir umidade e temperatura. Para o seu funcionamento, é necessário o uso de um objeto próprio definido na respectiva biblioteca (Arduino, 2014). A partir desse objeto, é possível utilizar as funções disponíveis na biblioteca para obter as leituras de umidade e temperatura.

Os displays utilizados precisam ser configurados antes que as funções que exibem os dados sejam chamadas. Essas configurações definem parâmetros como o tamanho da fonte, contraste e a posição inicial do cursor. Durante o loop de execução, as variáveis que serão exibidas, se forem do tipo numérico, são convertidas para o tipo texto. Além disso, a posição do cursor é sempre definida para garantir a exata posição do texto exibido. Quando as variáveis de exibição estiverem prontas e o cursor estiver na posição correta, funções da biblioteca para exibição das informações podem ser acionadas.

O controle de tempo utilizado pelo sistema foi todo implementado sem a utilização de bibliotecas e correspondem à maior parte da codificação desse módulo. O tempo em que o sistema está ativo é calculado através de uma função própria do Arduino que fornece o tempo em milissegundos que se passou desde o momento em que o controlador foi ligado. A partir dessa informação, são aplicadas funções de cálculo para obter o tempo em dias, horas, minutos e segundos que o sistema está ativo. A data exibida também é calculada utilizando algumas dessas funções, mas inicialmente o usuário fornece as informações de ano, mês, dia, minuto e hora no sistema. Depois que essas informações são fornecidas, o tempo atual é calculado a partir dessa data inicialmente informada..

3.4.3 Módulo de Monitoramento Remoto

Toda a parte responsável pelo acesso e geração da página web com informações sobre o funcionamento do sistema é implementada neste módulo. Para a sua construção foram utilizados o HTML, o Javascript e o CSS do Bootstrap, um framework front-end para o desenvolvimento web que possui elementos e estilos prontos para serem usados. O acesso à página é feito a partir de um servidor embarcado no Arduino conectado à rede por meio de um módulo ethernet utilizado em conjunto. O módulo adicionado, além de prover a conectividade, também conta com um slot SDcard integrado para armazenamento e manipulação de arquivos. Um cartão de memória é usado para armazenar a parte estática da página web e o arquivo com o CSS. O servidor e

manipulação dos arquivos no cartão de memória dependem de bibliotecas próprias para funcionarem que estão disponíveis na IDE do Arduino (Arduino, 2014).

Quando o Arduino é ligado, uma função de preparação faz a configuração do servidor e depois o controlador entra em um loop executando funções predeterminadas. É nessa parte que as funções do módulo web são chamadas e o servidor fica aguardando receber uma requisição. De acordo com os parâmetros provenientes da url na requisição do cliente, o servidor responde com uma das seguintes opções: página web, arquivo CSS ou armazena os dados enviados (data, timeout e status dos sensores) nas suas respectivas variáveis. Para isso, há um tratamento na url da requisição para saber qual ação tomar. As informações dinâmicas, como temperatura, umidade e os dados dos sensores são adicionadas à página durante a montagem da resposta que será enviada para o cliente. Após todos os caracteres que estão no arquivo HTML serem extraídos, as informações dinâmicas são adicionadas ao final formando um novo HTML que será enviado para o cliente. O navegador, através de funções javascript definidas na parte estática da página, coloca as informações dinâmicas em seus elementos correspondentes para serem exibidos. A Figura 18 ilustra como o sistema exibe as informações de temperatura, umidade, data, tempo ativo, número de irrigações, status, tempo de timeout, e a data da última irrigação, enquanto a Figura 19 corresponde a uma página onde o usuário pode fornecer as informações de controle do sistema, timeout, status e a data.



Figura 18 - Página web visão geral

Sistema de Irrigação

Sistema

Administração

Timeout

S1

Milsegundos

S2

Milsegundos

S3

Milsegundos

S4

Milsegundos

S5

Milsegundos

S6

Milsegundos

Alterar

Status

S1

ok=0/erro=1

S2

ok=0/erro=1

S3

ok=0/erro=1

S4

ok=0/erro=1

S5

ok=0/erro=1

S6

ok=0/erro=1

Alterar

Data

Dia

Mês

Ano

Hora

Minuto

Alterar

Figura 19 - Página visão administrativa

4 Conclusão

4.1 Contribuições

O presente projeto apresenta uma solução para o cultivo de plantas em ambientes urbanos em que o usuário não dispõe do tempo necessário para fornecer os cuidados básicos que as plantas necessitam. O sistema, além de prover de forma automática a irrigação das plantas, requisito fundamental para a sua sobrevivência, também fornece ao usuário informações úteis que podem auxiliá-lo no cultivo.

4.2 Limitações

O projeto possui como limitação a segurança ao acesso via web do sistema. A página fica acessível para qualquer um que tenha acesso à rede em que o sistema esteja conectado. Pessoas mal intencionadas poderiam causar danos a partir das configurações disponíveis na página web. A implementação dessa segurança diretamente no sistema pode representar uma grande perda de performance, e por isso não foi abordada no projeto. Uma solução para essa limitação é implementar a segurança na rede à qual o sistema se conecta, e garantir que nenhum usuário mal intencionado possa ter acesso.

4.3 Trabalhos futuros

Algumas possibilidades de melhoria para esse projeto são listadas a seguir.

- A monitoração dos níveis máximos e mínimos atingidos pela temperatura e umidade em um período de tempo definido pelo usuário.
- Acessar as informações de cada sensor a partir de um histórico montado ao longo do tempo em que o sistema esteja ativo.

4.4 Considerações Finais

Com relação à proposta de solução para o cultivo de plantas em ambientes urbanos, podemos concluir que o resultado final é satisfatório, permitindo atingir os resultados esperados. A existência de pontos de evolução não invalidam o uso do

sistema, apenas aprimoram os benefícios alcançados. Outro benefício proporcionado pelo projeto é o conhecimento gerado a partir do uso de tecnologias e plataformas inovadoras.

Referências Bibliográficas

Arduino. A DHT11 Class for Arduino. Disponível em:

<<http://playground.arduino.cc/Main/DHT11Lib#Uz8xqKhdVEI>> Acesso em: 4 de abr. 2014.

Arduino. Interfacing a Serial EEPROM Using SPI. Disponível

em:<<http://arduino.cc/en/Tutorial/SPIEEPROM>>. Acesso em: 10 de abr. 2014.

Arduino. Master Writer/Slave Receiver. Disponível em:

<<http://arduino.cc/en/Tutorial/MasterWriter>>. Acesso em: 20 de abr. 2014.

Arduino. WebServer. Disponível em:

<<http://arduino.cc/en/Tutorial/WebServer#Ux5RIT9dVEI>>. Acesso em: 10 de mar. 2014.

Dillon Nichols. Automatic Garden Waterer. Disponível em:

<http://translate.google.com.br/translate?anno=2&hl=pt-BR&sl=en&tl=pt-BR&u=http://tinkeringetc.blogspot.com.br/2012/08/automatic-garden-waterer-part-2.html&sandbox=0&usg=ALkJrhja9D9Y2BZsaakh4_CL9orPYY3bug>. Acesso em: 03 de jun. 2014.

Fernando Hernandez. Sistemas de Irrigação para Todos os Fins. Disponível em:

<<http://www.agr.feis.unesp.br/sistemas.htm>>. Acesso em: 22 de mai. 2014.

Marcelo Moraes. Arduino Sistema De Irrigação. Disponível em:

<<http://arduinobymyself.blogspot.com.br/2013/09/sistema-de-irrigacao.html>>. Acesso em: 22 de mai. 2014.

Tyler. Automatic Plant Irrigation System. Disponível em: <<http://hapihq.com/turn-on-your-dompelpomp/>>. Acesso em: 22 de mai. 2014.