



ESTUFA AUTOMATIZADA UTILIZANDO ARDUINO

Felipe Machado Romeros^{*1}, Carine Flávia Reis¹, Victor Gonçalves L. C. Amorim¹, Carlos Renato Borges dos Santos¹ e Ana Flávia Peixoto de Camargos¹

¹IFMG - Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* Formiga

Resumo - Este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um protótipo de uma estufa automatizada utilizando o microcontrolador Arduino. A estufa controla e mede os parâmetros de temperatura e luminosidade e mede umidade em seu interior. Os parâmetros a serem controlados podem ser especificados pelo usuário. No caso da temperatura, pode-se definir a temperatura mínima e máxima na estufa dentro da faixa de 23°C e 32°C, respectivamente. Para a luminosidade, o controle é feito de acordo com o horário do dia, também pré-determinada pelo usuário. Quando a temperatura está diferente da estipulada pelo usuário, um sistema de aquecimento ou ventilação é acionado em conjunto com um alerta visual na tela do *display* utilizado. A cada ajuste de temperatura os dados são armazenados na memória EEPROM. A elaboração deste trabalho permitiu adicionar recursos inteligentes a uma estufa, proporcionando ao usuário dados armazenados e acionamento automatizado que comumente não é disponível nas estufas tradicionais.

Palavras-Chave- Automação, Estufa, Luminosidade, Microcontrolador, Temperatura, Umidade.

AUTOMATED GREENHOUSE USING ARDUINO

Abstract - This paper aims to present the development of a prototype of an automated greenhouse using the Arduino microcontroller. The greenhouse controls and measures the parameters of temperature, luminosity and humidity inside. The parameters to be controlled can be specified by the user. In the case of temperature, it is possible to set the minimum and maximum temperature within the range of 23°C and 32°C, respectively. For a luminosity, the control is done according to the time of day, it is also pre-defined by the user. When the temperature is different from that one specified by the user, a heating or a ventilation system is activated and a visual alert is displayed on the appropriated screen. At each temperature adjustment, the data are stored in EEPROM memory. The development of this paper allowed to add intelligent resources to a greenhouse, providing to the user stored data and automated control,

^{*}felipemagaletrica@gmail.com

what normally is not available in traditional greenhouses.

Keywords - Automation, Greenhouse, Humidity, Microcontroller, Temperature, Luminosity.

I. INTRODUÇÃO

A população mundial vem aumentando gradativamente ao longo dos anos. Um dos principais motivadores deste crescimento é a maior expectativa de vida da população. Tendo em vista tal desdobramento, deve-se salientar que haverá maior necessidade de demanda de muitos itens, inclusive os alimentícios [1].

Pensando neste sentido, os produtores rurais têm cada vez mais investido para encontrar formas de aumentar a produção, bem como torná-la independente das mudanças climáticas, evitando a influência das más condições ambientais, como por exemplo: granizo, geadas e demais adversidades que levam a perda de grande parte do cultivo.

As estufas são uma alternativa bastante vantajosa quando se deseja controlar o ambiente em que a planta se encontra. Dentre os parâmetros que podem ser controlados, pode-se citar: temperatura, umidade, ventilação, luminosidade, dentre outros.

Para maior comodidade do produtor, outra vantagem de se ter uma estufa é que ele pode observar as condições ambientais remotamente através de computadores ou aplicativos de celular, por exemplo. A partir do conhecimento prévio dos parâmetros, o produtor pode realizar alterações ou então acionar algum sistema, como por exemplo, o de irrigação ou da ventilação. Além disso, alarmes podem ser inseridos para indicar ao produtor alguma anormalidade e assim, ele então pode tomar decisões necessárias para o bom funcionamento do sistema [1].

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo criar um protótipo de uma estufa de baixo custo, onde as variáveis significativas dentro do processo de plantio são controladas de forma automática. Para isto, foi utilizada a plataforma Arduino na qual foi interligada a sensores instalados dentro da estufa, onde serão realizadas a medição e o controle da temperatura e luminosidade, bem como a medição da umidade [2]. Através das informações oriundas dos sensores, é possível acionar um sistema automático de ventilação, a fim de proporci-

onar um ambiente amistoso e propício para o cultivo eficiente de plantas.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

Várias pesquisas têm sido realizadas para implantar controle automático e monitoramento em tempo real de estufas. Isso para que o produtor tenha comodidade e qualidade no cultivo de algumas plantas. Alguns trabalhos correlacionados com o presente artigo serão abordados a seguir.

O trabalho de [3] realizou o controle de uma estufa automatizada voltada para pequenos e médios produtores rurais de hortaliças, visando a qualidade do produto e a utilização de uma tecnologia de baixo custo para melhorar a competitividade no mercado. Eles utilizaram um protótipo com a tecnologia Android e Arduino para realizar o controle de umidade, temperatura e luminosidade da estufa. Assim, o produtor poderia monitorar e controlar a estufa em tempo real por meio de um aplicativo instalado em *smartphone*.

O trabalho de [1] utilizou a tecnologia Raspberry PI ao conectar na internet para realizar o controle de uma estufa automatizada. Neste trabalho os parâmetros a serem controlados foram a abertura de cortinas laterais e a realização de irrigação. Além disso, fizeram a coleta de dados como: umidade do solo, temperatura e luminosidade. Tais parâmetros poderiam ser observados e controlados utilizando a plataforma Arduino e armazenados em um banco de dados MySQL presente no Raspberry, através de comandos remotos via celular ou página da web.

Os autores de [4] propuseram o controle dos principais parâmetros de uma estufa por meio de uma rede de sensores sem fio (RSSF). Neste caso, realizou-se uma rede de sensores sem fio de forma hierárquica, onde nesta hierarquia os sensores ficaram no nível mais baixo, os roteadores no nível intermediário e o nó coordenador no nível mais alto.

O trabalho de [5] realizou o controle de um sistema automatizado e microcontrolado para estufa de largas escalas. Foram controlados e monitorados parâmetros como: temperatura e umidade do ar por meio da abertura de teto retrátil da estufa. A umidade do solo também foi monitorada e controlada por meio de um sistema de irrigação. Eles realizaram também um comparativo entre os parâmetros no interior da estufa com o ambiente externo.

O trabalho de [6] criou uma estufa automatizada que é controlada através de uma página na web. O sistema foi feito em módulos, o qual utilizou-se o sistema operacional Ubuntu 12.04 e o Arduino para a realização do controle dos sensores e atuadores.

Os autores de [7] fizeram o controle de temperatura em um protótipo de uma estufa utilizando a realimentação por sensores, cujo monitoramento foi realizado via aplicativo móvel, por meio do protocolo *WebSocket*. Os resultados foram comparados a um controlador PID (Proporcional Integrativo Derivativo) e *split range*.

No tópico a seguir serão apresentados a metodologia e os materiais utilizados para a confecção da estufa automatizada, bem como os equipamentos utilizados para controlar as variáveis de processo. O presente trabalho utilizou o microcontro-

lador Arduino Mega [2].

A. Materiais

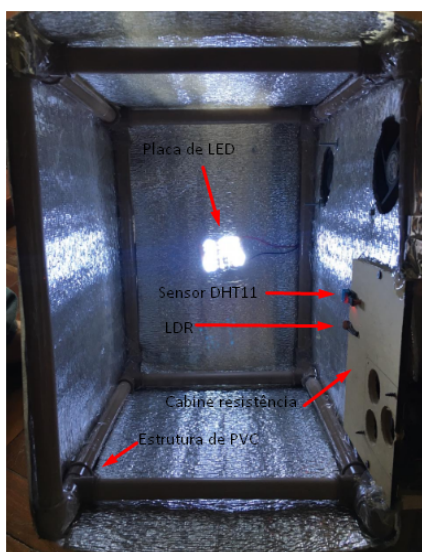
Os materiais utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa são os relacionados a seguir:

- Display Nokia 5110;
- RTC DS 1307;
- Chave táctil;
- Resistores 330 Ω e 10 k Ω ;
- Bornes de 2 e 3 pinos;
- Placa de LED;
- TIP 41;
- Isolador óptico 4N33;
- Base para CI com 6 pinos;
- Relé 5 V NO/NC;
- Barra de pinos macho e fêmea;
- Placa de fenolite;
- Arduino MEGA 2560;
- Sensor DHT11;
- LDR;
- Cano, joelho e "T" de PVC 1/2 polegada;
- Isolante térmico;
- Cooler 12 V/1,7 W;
- Fita metálica;
- Cabos conectores 0,75 mm;
- Lâmpada halógena;
- Bocal E27;
- Parafusos e porcas, dentre outros.

B. Metodologia

Inicialmente, para o desenvolvimento do protótipo da estufa, utilizou-se uma estrutura tipo cubo feita em PVC. A estrutura foi toda fechada com o isolante térmico para simular uma estufa real, tal como ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Parte interna da estufa.



O Arduino utilizado foi o MEGA 2560, tal como ilustrado na Figura 2. Ele é uma pequena placa de microcontrolador que contém uma conexão USB, tornando possível a ligação com um computador. Ele é uma plataforma de computação física de fonte aberta, com base em uma placa simples de entrada/saída [2].

Figura 2: Arduino Mega 2560.



Para a medição de temperatura e umidade, o sensor DHT11 foi acoplado na parte interna da estufa. Ao ler a temperatura, o sistema interpreta a temperatura atual em relação à faixa de temperatura configurada pelo próprio usuário, inicialmente. Estes valores são gravados na EEPROM (memória cujos valores são mantidos quando a placa Arduino é desligada) e podem ser modificados a qualquer tempo. Caso fique abaixo da faixa especificada, o sistema liga a resistência (lâmpada halógena), que foi acoplada na parte externa da estufa, e um cooler colocado na "cabine de aquecimento" para ventilar o ar quente do recipiente da lâmpada para dentro da estufa. Quando a temperatura chegar em seu nível adequado, a resistência é desligada. Se a temperatura exceder a faixa adequada, o sistema de refrigeração será ligado, sendo neste caso um segundo cooler que foi colocado na parte de cima da estufa, o qual tem como objetivo retirar o ar quente que é menos denso. Também foi acoplado um terceiro cooler, colocado na parte inferior da estufa, que possui a função de injetar ar na temperatura ambiente no sistema. A umidade é somente monitorada pelo usuário, podendo ser visualizada em tempo real no *display*.

Na parte de iluminação da estufa utilizou-se o resistor LDR (Resistor Dependente de Luz), pois varia linearmente sua resistência elétrica em função da intensidade luminosa sobre ele. Essa iluminação também deve ser controlada para o correto funcionamento e preservação do plantio. Quanto maior a luminosidade emitida, menor será a resistência do LDR. A luminosidade foi controlada da seguinte forma: na fase de crescimento vegetativo, uma planta fica geralmente 18hs sob iluminação e 6hs na escuridão. Sendo assim, a placa de *led*, acoplada na parte superior da estufa, fica acesa de 6hs até às 00hs, sendo o restante do tempo apagada.

Para que a luminosidade simule a iluminação normal durante o dia, a placa de *led* tem sua intensidade alterada conforme o horário, mantendo e respeitando a relação de tempo estabelecido. Esse controle de intensidade é realizado no Arduino via porta PWM (modulação por largura de pulso) o qual tem a função de alterar o tempo em que o circuito fica ligado e desligado, controlado assim a potência e a intensidade da iluminação.

O Arduino trabalha com níveis baixos de tensão (3,3V e 5V) e então foi necessário isolar o microcontrolador da parte de potência que alimenta os *coolers* (12V) e a lâmpada halógena (tensão da rede elétrica). Para isso utilizou-se o isolador óptico 4N33.

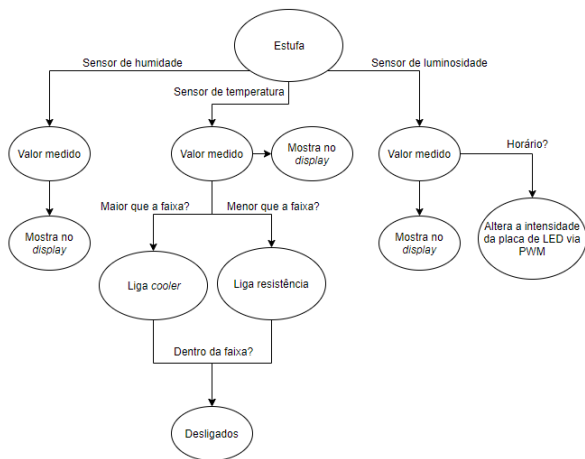
Para facilitar a interatividade do usuário com o sistema de controle, foi implementado um menu via *display*. O usuário pode escolher o processo que deseja interagir. As opções no menu principal são:

- TEMP MAX (temperatura máxima);
- TEMP MIN (temperatura mínima);
- INT. LUZ (intensidade da luz);
- LEITURAS;
- *DISPLAY*.

Nos itens "TEMP MIN" e "TEMP MAX" o usuário pode escolher a faixa de temperatura em que a estufa pode trabalhar, sendo no mínimo 23°C e máximo 32°C. Ao escolher a opção "INT. LUZ", o *display* mostra um gráfico da variação da intensidade luminosa durante o dia. No item de "LEITURAS", o usuário consegue visualizar os valores de temperatura, luminosidade e umidade medidos em tempo real. Já no campo "*DISPLAY*", o usuário pode escolher a luminosidade do próprio *display*. O *display* do telefone Nokia 5110 foi escolhido para mostrar a visualização das opções, pois permite melhor resolução e implementação. Para navegar no MENU do celular três botões foram utilizados, sendo dois deles para subir e descer a posição de selecionar algum item e, o outro, para selecionar de fato a opção desejada.

Em suma, o projeto segue o fluxograma apresentado na Figura 3.

Figura 3: Fluxograma de controle da estufa.



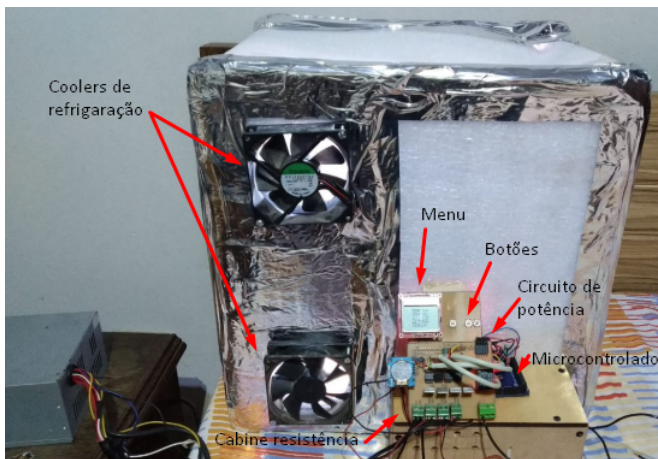
Após a metodologia apresentada, os resultados serão apresentados com algumas medições realizadas, assim como as dificuldades encontradas.

III. RESULTADOS

A. Montagem e disposição dos componentes

Após a montagem do protótipo, a parte externa da estufa pode ser visualizada na Figura 4 e a parte interna na Figura 1, com a indicação de todos os componentes.

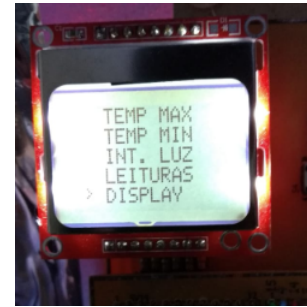
Figura 4: Parte externa da estufa.



B. Medições

A interatividade do usuário com o sistema de controle para escolher a opção desejada pode ser visualizada na Figura 5. Neste caso, pode-se visualizar o *display* do telefone Nokia 5110 com todas as opções pré determinadas.

Figura 5: MENU de interação da estufa.



Nas Figuras 6, 7 e 8 são apresentadas as medições em tempo real das grandezas de temperatura, umidade e luminosidade, respectivamente, ao escolher a função "LEITURAS" do MENU.

Figura 6: Medição da temperatura em °C.



Figura 7: Medição de umidade em %.



Figura 8: Medição de luminosidade.



Figura 9: Gráfico de luminosidade vs tempo.



Ao selecionar a opção "INT. LUZ" pode-se observar o gráfico da variação da intensidade da luz durante o dia, tal como ilustrado na Figura 9.

C. Funcionamento

Para verificar o funcionamento do controle da estufa na parte de temperatura, um teste foi realizado. A temperatura em tempo real, no momento do teste estava em 26°C. Para analisar se o funcionamento está correto, a temperatura mínima foi aumentada para 27°C, de modo que a resistência fosse ligada para esquentar a estufa. E isso aconteceu de fato, até que a temperatura aumentasse até a faixa adequada. Para o sistema de resfriamento, a temperatura máxima foi alterada abaixo da temperatura de tempo real, no caso 26°C, de modo que os *coolers* de resfriamento fossem ligados. E isso de fato aconteceu até que a temperatura diminuísse até as faixas adequadas e estabelecidas no programa.

A iluminação foi observada sob dois ângulos, quais sejam: observação do usuário da mudança da intensidade luminosa durante mudança de horário, bem como verificação dos dados via gráfico. Em todos os casos obteve-se êxito. No caso da umidade, verificou-se a leitura oriunda dos sensores instalados na estufa em tempo real.

Verificou-se também que o tempo de estabilização da temperatura dentro das faixas pré estabelecidas pelo usuário dependiam muito da temperatura ambiente, sendo que esta influi de forma direta na mudança de temperatura interna da estufa, principalmente na parte de refrigeração.

D. Dificuldades encontradas

Durante o desenvolvimento do projeto, algumas dificuldades foram encontradas. Na montagem do protótipo, a maior dificuldade foi encontrada para definir o melhor *design* que representasse a estufa de forma real. Já na programação, a maior dificuldade foi encontrada no desenvolvimento do MENU, pois a navegação com os 3 botões de acesso ao MENU foi difícil de ser implementada, bem como desenvolver a lógica de controle de todas as funções.

IV. CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento deste projeto, foi possível implementar uma estufa de baixo custo que foi automatizada com intuito de melhorar a vida cotidiana dos produtores, ao utilizar o microcontrolador Arduino. Foi possível medir dentro da estufa a temperatura, a luminosidade e a umidade. Todos estes parâmetros puderam ser especificados e controlados pelo usuário, através de uma tela de *display* do telefone Nokia 5110 (interface gráfica). Ajustar o controle foi a parte mais trabalhosa e que demandou mais tempo, pois foi necessária muita programação e detalhes preestabelecidos para que todos os parâmetros pudessem ser monitorados em conjunto. Isso foi im-

portante pois foi possível criar uma interface gráfica de fácil manuseio para o produtor rural, sem muita complexidade na manipulação dos botões de controle. Assim, estas implementações de baixo custo foram utilizadas para melhorar as rotinas do dia a dia dos produtores, sem a necessidade de grandes investimentos.

REFERÊNCIAS

- [1] LOUREIRO, J. F.; BRITO, R. C.; FAVARIM, F.; TODT, E. "Automação de estufa agrícola integrando hardware livre e controle remoto pela internet". *R. Comput. apl. agroneg., Medianeira*, v. 1, n. 1, p. 38-55, jun 2018. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbqv/article/view/3744>>. Acedido em: maio 2019.
- [2] S. Monk. *Programação com Arduino II: Passos avançados com sketches*. Bookman Editora, 2015. (Tekne). ISBN 9788582602973. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=yC6UBQAAQBAJ>>.
- [3] D.G. Fernandes; E. Preuss; T.L. Silva. *Sistema automatizado de controle de estufas para cultivo de hortaliças*. Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação, Departamento de Tecnologia da Informação. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Campus Frederico Westphalen – RS, 2017.
- [4] H.V.Sampaio; S. Motoyama. *Projeto e Implementação de um Sistema de Monitoramento de uma Estufa Agrícola de Larga Escala Utilizando Rede de Sensores Sem Fio*. Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP). Programa de Mestrado em Ciências da Computação, 2016.
- [5] F.A. Fonseca; L. Schmitz. *Sistema microcontrolado para estufas*. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.
- [6] B.M. Capelli. *Desenvolvimento de uma estufa controlada e monitorada remotamente*. Monografia. Graduação em engenharia de computação. Escola de engenharia de São Carlos da universidade de São Paulo. São Carlos, 2014.
- [7] O.L.D. Santos; J.D.S. Júnior; M.R.M. Neves. "Sistema de Controle de Temperatura para uma Estufa com Monitoramento via Aplicativo". *RCT Revista de Ciência e Tecnologia*. V.3, n.4. Universidade Federal de Roraima (UFRR). Boa Vista – RR – Brasil, 2017.
- [8] V.H. Marangoni; H.R. Moreira; P.S. Souza. "Automação de estufas agrícolas utilizando sensores e arduino". *6ª Jornada Científica e Tecnológica e 3º Simpósio de Pós-Graduação do IFSULDEMINAS*. 04 e 05 de novembro de 2014. Pouso Alegre, MG, 2014.