



AUTOMAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS EM ESTUFAS GRÍCOLAS

Regina Maria Peixoto Daltro¹ e Oberdan Rocha Pinheiro²

¹SENAI SIMATEC, E-mail: reginadaltro@linuxmail.org

²SENAI SIMATEC, E-mail: oberdan.pinheiro@fieb.org.br

AUTOMATION FOR FOOD PRODUCTION IN GRICULTURAL STOVES

Resumo: Este artigo é o resultado de uma pesquisa interdisciplinar sobre os processos agrícolas em estufas de cultivo, onde foram levantadas as necessidades ambientais e fisiológicas dos vegetais cultivados, além do desenvolvimento e implantação do protótipo de automação de baixo custo, através da tecnologia de prototipagem eletrônica, Arduino, seus componentes, *shields* e controle de equipamentos no manejo de cultivo, unificando os conhecimentos para uma coleta de dados baseada nas variáveis ambientais levantadas para medição, análise, controle e apoio a tomada de decisões na produção de alimentos em estufas agrícolas de cultivo proporcionando um aumento na produtividade e as vantagens competitivas da automação dos processos e acionamento de equipamentos, além da interoperabilidade, comunicação e acesso web remoto e a utilização de protocolos de comunicação TCP/IP e 4-20ma, possibilitando uma interconexão com sensores inteligentes, servidores, componentes, a disponibilidade destes dados para o controle e monitoramento da produção agrícola em estufas agrícolas de cultivo.

Palavras-Chaves: *Sistemas microprocessados; Automação; estufas agrícolas;*

Abstract: This article is the result of an interdisciplinary research on the agricultural processes in greenhouses where the environmental and physiological needs of cultivated vegetables were raised, as well as the development and implantation of the prototype of low cost automation through electronic prototyping technology, Arduino, its components, shields and equipment control in crop management, unifying the knowledge for a data collection based on environmental variables raised for measurement, analysis, control and support decision making in food production in agricultural cultivating greenhouses providing an increase in productivity and the competitive advantages of automating processes and triggering equipment, as well as interoperability, communication and remote web access, and the use of TCP / IP and 4-20ma communication protocols, enabling interconnection with intelligent sensors, servers, components available of these data for the control and monitoring of agricultural production in agricultural.

Keywords: *Microprocessor systems; Automation; Agricultural greenhouses;*



1. INTRODUÇÃO (TIMES NEW ROMAN / ARIAL 12, Deve começar na segunda página)

A agricultura convencional é descrita como um conjunto de técnicas de produção surgidas em meados do século XIX, apontada como a segunda revolução agrícola, e sustentada pelo lançamento dos fertilizantes químicos por [1] e [2].

A expansão da agricultura convencional ocorreu no pós-guerra, com o emprego de sementes manipuladas geneticamente para o incremento da produtividade, vinculada ao emprego de agroquímicos (agrotóxicos e fertilizantes) e de maquinaria agrícola. Dessa forma, o agricultor tornou-se dependente por tecnologias/recursos/capital de setor industrial, além disso, por causa de fluxo unidirecional que leva a deterioração do ambiente e à descapitalização, gerando uma situação insustentável ao longo prazo [3].

Em concomitante, já existem organizações no mundo que visam à responsabilidade na sustentabilidade da cadeia de produção de alimentos, na qualidade e ao combate a fome. Na cidade de São Paulo, a busca por alimentos orgânicos reforçam o surgimento de agricultores urbanos, que usam os pequenos espaços urbanos para o cultivo de plantas em apartamentos, denominados na agricultura urbana e Peri urbana de cultivo *indoor*. Dessa forma, agricultores urbanos e Peri urbanos tornaram-se uma tendência nos centros urbanos, utilizando como base um manejo de cultivo em ambientes protegidos, e conseqüentemente o início de projetos de Hortas Comunitárias como: a Organização Cidades Sem Fome que desenvolve estufas agrícolas com tecnologia que utiliza materiais alternativos para essas hortas. Bem como, o projeto de fazendas vertical em um prédio de 30 andares criado por Dickson Despommier, uma tendência que virou solução para alguns problemas atuais das cidades, como: a superpopulação, a escassez de alimentos e a emissão de CO_2 no meio ambiente.

As estufas agrícolas são uma maneira sustentável de contornar os efeitos catastróficos das interferências climáticas e a utilização excessiva e prejudicial de agrotóxicos e são construídas com diversos materiais e com coberturas transparentes que permitam a passagem da luz solar para o crescimento e desenvolvimento das plantas podendo ser classificadas em relação ao controle dos parâmetros meteorológicos como: climatizadas, semiclimatizadas e não climatizadas [4]. Porém, as estufas não climatizadas e semiclimatizadas são as que possuem maior viabilidade econômica e podem ser utilizadas no processo exploração comerciais, pois não necessitam de energia transformada e a sua utilização é condicionada a aplicação de transformação de fatores físicos da própria natureza do ambiente.

As estufas climatizadas no Brasil são utilizadas restritamente por instituições de ensino e pesquisa, pois oferecem altos custos para implantação, o que a torna inviável economicamente. A maioria das estufas agrícolas existentes, não são climatizadas, mesmo assim ainda possuem vantagens com relação ao cultivo convencional como: colheitas frequentes e precoces,



qualidade dos produtos, lucratividade, maior controle de pragas e doenças, economia de insumos, economia de recursos, conservação do solo [5]. Vale ressaltar, a importância dos conhecimentos técnicos para cumprir com as exigências ambientais como: localização, temperaturas predominantes (amplitude), período chuvoso, predominância de ventos, culturas adjuntas e permanência de uma mesma cultura [6].

A interconexão de equipamentos e monitoramento das variáveis ambientais é facilitada pela integração do ambiente de produção agrícola com o Arduino. Segundo [7], o microcontrolador Arduino com seus shields e outros dispositivos através de portas seriais e analógicas, tem funcionalidades estendidas e licença de hardware e software ambos de código aberto, estando liberados a licença de uso em códigos, projetos, esquema livremente, porém sem autorização apenas do uso da sua marca. Existem muitas placas clones no mercado baseada em Arduino que são conectados dispositivos (LEDs, Display de LCD ou IHM, interruptores, motores, sensores, módulos, conectividade, ou até mesmo, a internet, onde pode enviar e receber dados [7]. Através de pinos de entrada e saída que atuam controlando e executando coisas através de conexões estabelecidas com os demais elementos da eletrônica. As suas entradas analógicas (estado ligado ou desligado) e digitais permitem a conexão de uma maior variedade de sensores, dentre outros e sua alimentação pode ser disponibilizada por conexões USB, por adaptadores CC de tensão com baterias que podem variar entre 7,5 e 12v.

O software está conectado ao Arduino Uno através da porta virtual COM, implementada pelo driver do chip FTTDI (emulador de serial TTL para USB), que está ligado ao pino "0" e pino "1" do microcontrolador Atmega 328. Constituem a porta serial UART TTL RX, TX respectivamente. O Host (servidor de aplicação) está conectado ao Arduino Uno via cabo USB.

Através das suas portas seriais e analógicas, o Arduino pode ter suas funcionalidades estendidas através da utilização de Shields (escudos), placas de circuito com outros dispositivos (por exemplo, receptores GPS, displays de LCD, Ethernet, Sensores, etc). Os Shields são opcionais, e dependem da ideia do projeto a ser desenvolvido, eles simplesmente estendem os pinos até o topo de suas próprias placas de circuito para facilitar o acesso e adição dessas novas funcionalidades do Arduino e podem também ser interligados utilizando um componente denominado protoboard cuja função é interligar Shields e demais componentes ao Arduino, promovendo conectividade e alimentação entre os dispositivos na placa denominada de protoboard e até com outras placas de modo a adequá-las a projetos ainda maiores e complexos. Entre os dispositivos conectados estão os sensores que são dispositivos eletroeletrônicos que tem a característica de transformar em sinal elétrico de uma grandeza física que está relacionada a uma ou mais propriedades do material de que ele é feito o sensor [8].

1.1.S Sensores, processos agrícolas e variáveis ambientais

1.1.1. Sensor de Luminosidade: LDR



O sensor *Light Dependent Resistor* - LDR é um componente eletrônico, um resistor dependente de luz, que varia a sua resistência de acordo com a incidência luminosa a qual é submetido. Assim, quanto maior a luminosidade menor a resistência elétrica e quanto menor for a incidência de luz maior a sua resistência elétrica [9]. Na figura 21, estão relacionados todos os componentes eletrônicos necessários para a implantação do sensor de luminosidade em um ambiente.

A alimentação da *protoboard* está representada pelo conector vermelho ligado no pino 5V e o conector azul no pino GND. Entre eles é utilizada uma resistência de 4.7k para proteção do sensor LDR que se conecta através do pino amarelo a porta analógica A0.

1.1.2. Sensor de Umidade Relativa do Ar e temperatura: DTH11

O sensor DTH11 é um sensor de Temperatura e Umidade relativa do ar, que proporciona medir temperaturas de 0o C a 50o C e a umidade entre 20 a 90%. Sua precisão é de 2° e para umidade de 5%. Possui sinal digital em uma saída calibrada e com tecnologia estável e confiável. Um microcontrolador de 8 bits garante encapsulamento do módulo e alta performance, além de um elemento resistivo NTC que traz uma excelente medição e anti-interferência. Os coeficientes de calibração são armazenados na memória do programa OTP, tornando-o rápido em tamanho reduzido chegando a transmitir sinais até 20 metros [9].

1.1.3. Sensor de Umidade do Solo: Grove Moisture Sensor

O Moisture Sensor é utilizado para aferir a umidade do solo, ele mede o índice de água no solo onde é inserido. Ele é constituído por duas sondas revestidas por uma camada de ouro para resistir a oxidação e de um módulo para sua integração com o Arduino. Essa medição é realizada através do princípio da resistência elétrica, que aplicada nas sondas e a depender da dificuldade que essa corrente encontre pode variar da quantidade de água encontrada [9]. Quanto maior for à resistência, mais seco estará o solo, visto que a água é um excelente condutor de eletricidade.

1.1.4. Softwares

Dessa forma, é enviado um conjunto de instruções, passo a passo, denominado de *sketches* (rascunho, ou esboço), realiza-se o *upload* da programação pela IDE Arduino que executa as instruções interagindo com o que estiver conectado [8].

2. METODOLOGIA (TIMES NEW ROMAN / ARIAL 12)



Para simulação do ambiente protegido, foram necessários materiais, equipamentos e métodos no intuito de garantir o controle do ambiente de acordo com as especificações para cultivo.

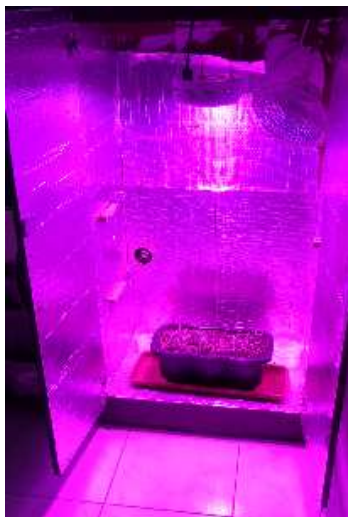


Figura 1. Montagem da estufa agrícola.

Os processos agrícolas levantados são: controle de temperatura, umidade relativa do ar, luminosidade, irrigação. Nesse ambiente, os valores das variáveis serão coletados pelos sensores DHT11 e LDR e através da interface de programação IDE do Arduino foi realizada a codificação do protótipo com a programação dos componentes e sua integração, proporcionando: a leitura dos sensores, a configuração da rede, a instalação do *webserver* e a interface de controle web usada para monitoramento das variáveis (Tabela 1).

Tabela 1. Variáveis

Levantamento de dados				
Processos agrícolas	Variáveis Ambientais	Sensores Ambientais	Acionamentos	Sensores /Acção
Controlar Luminosidade	Luminosidade	Sensor LDR	Lampadas/ Sombreamento /Dampers	Relê
Controlar Temperatura	Temperatura Relativa		Ventilação	Relê
Controlar Umidade Relativa	Umidade Relativa	DTH11	Nebulizadores	Relê
Controlar Irrigação	Umidade do Solo	Moisture Sensor	Bombas/Válvulas	Relê
Controlar Fertilização			Bombas/Válvulas	Relê
Controlar PH	PH	Atlas Scientific Ph Industrial		



Para controle da iluminação na estufa, foi utilizado o temporizador para acionamento e desligamento do painel de LED UFO Plants, além da utilização de cor reflexiva nas paredes da estufa de cultivo para uma melhor difusão da iluminação no ambiente.

Foi instalado na parte superior da estufa um ventilador como exaustor, jogando para fora o ar quente e embaixo, outro ventilador jogando o ar frio para dentro, realizando a renovação de ar no ambiente, além de outro ventilador para auxiliar nos dias quentes.

A utilização da técnica de nebulização através de borrifadores, além da presença de recipientes com água para estimular o processo de evapotranspiração e controle da umidade no ambiente. Para o controle da irrigação foi utilizado o sensor de umidade de solo, que percebe o solo seco e envia dados para o acionamento do relé que liga e desliga a solenoide e a liberação da água. Foram utilizados os seguintes materiais com valores aproximados para construção do protótipo e automação de alguns processos: Quantidade Equipamentos Processos e Valores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO (TIMES NEW ROMAN / ARIAL 12)

O presente estudo objetivou analisar a viabilidade do desenvolvimento de um sistema de automação agrícola indoor, baseado no Arduino. Durante os cinco meses do período de cultivo do pimentão Rubi Gigante, a espécie apresentou os seguintes estágios evolutivos, representados pela Figura 2 a seguir.

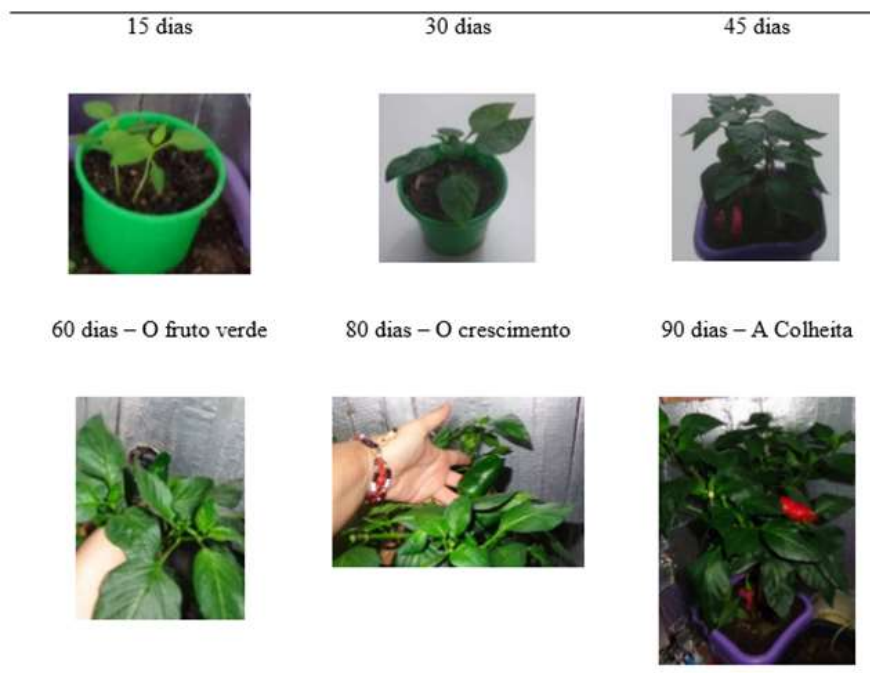


Figura 2. Estágios Evolutivos



Como resultado deste artigo, foi criada uma estufa indoor para simulação do sub clima propício ao cultivo do pimentão e a utilização do protótipo de automação para o controle das variáveis: temperatura, umidade do solo, umidade relativa do ar e luminosidade.

Os resultados obtidos foram positivos sobre o cultivo do pimentão em ambiente protegido foi bem-sucedido até sua colheita. O plantio do pimentão totalizou três meses de cultivo na estufa levando a resultado foi bem satisfatório, porém a produtividade não atende a necessidade de consumo, apesar da área de produção ter sido menor comparada a capacidade de iluminação de 4m² do painel de LED, a sua utilização foi uma excelente opção sua iluminação, visto que, não gera muito calor ao ambiente, além de prover um crescimento da planta constante, simulando a luz do sol com muita eficiência e contribuindo para o controle da temperatura que variou na faixa de 20° a 30° C enquanto que a umidade relativa do ar entre 37% a 67%.

Ambos os valores dentro das condições especificadas pelo fabricante das sementes. Nessas condições, o pimentão foi crescendo saudável, porém a temperatura ultrapassou os 30°, foi nítida a mudança de estado da planta com o esmorecimento das suas folhas e a necessidade de uma irrigação mais frequente. No controle da temperatura, o acionamento do ventilador interno fez reduzir a temperatura em 1° C, porém com o acionamento do painel de LED, a temperatura aumenta 1° C, balanceando a temperatura do ambiente.

Vale ressaltar, a necessidade de contingência para a iluminação da estufa, considerando a utilização de dois painéis de LED no caso de falha de um deles, o outro assumirá imediatamente sua função sem prejudicar a saúde da planta e o controle da luminosidade. A utilização de luz artificial compromete economicamente a viabilidade do projeto, porém a utilização dessa solução em um ambiente de estufa externa com estratégias de iluminação natural e com produção em larga escala justifica o investimento realizado. Os resultados obtidos com a solução proporcionaram a percepção quanto à necessidade de uma climatização da estufa indoor, no caso de uma cultura com especificações climáticas muito aquém do clima da região. Em relação ao clima, quanto maior for o nível de climatização, maior os custos com desenvolvimento do protótipo, tornando a solução inviável economicamente em uma produção de pequena escala. Isso porque, os custos com investimentos em materiais e equipamentos chegam a R\$ 938,00 reais em uma estufa indoor de até 4m². Porém justifica-se a sua automação quando se trata do cultivo indoor em instituições de ensino e pesquisa; em pequena escala não tem garantia de retorno financeiro ao investimento empregado. Por fim, conclui-se que o desenvolvimento do protótipo de automação vide a solução no ambiente de simulação foi satisfatória. Os valores fornecidos pela sua interface proporcionaram um maior controle do ambiente simulado, com a integração perfeita dos componentes e sensores do protótipo físico, além, do monitoramento das variáveis ambientais em interface Web, o possibilitou o controle dessas variáveis e as ações proativas em prol da qualidade de vida do pimentão.



4. CONCLUSÃO

No desenvolvimento deste artigo ocorreram alguns entraves, sendo o primeiro destes correspondentes à falta de recursos financeiros para o projeto, o que impossibilitou a automação de todos os processos agrícolas indoor. Além disso, as dificuldades para compra dos componentes e shields do Arduino, material específico, encontrados somente em sites de compra internacionais que levam muito tempo para chegar. Durante os experimentos na estufa indoor, o painel de LED parou de funcionar, o pimentão ficou dois dias sem luminosidade, havendo a necessidade de retirada da cultura do ambiente protegido para receber luz do sol natural, visto que já estava sentindo as consequências da falta de luminosidade. Diante deste fato, foi necessária a manutenção do painel com a troca da sua fonte de alimentação de 45V, mediante uma sobrecarga de energia, conforme Figura 27, porém sua entrega foi demorada, levando a aquisição de um outro painel de LED como plano de contingência para caso de falha de um dos painéis, aumentando os custos do projeto.

Diante deste fato, foi necessária a manutenção do painel com a troca da sua fonte de alimentação de 45V, mediante uma sobrecarga de energia, porém sua entrega foi demorada, levando a aquisição de um outro painel de LED como plano de contingência para caso de falha de um dos painéis, aumentando os custos do projeto.

5. REFERÊNCIAS (TIMES NEW ROMAN / ARIAL 12)

¹ AGROBIO **Associação Portuguesa de Agricultura Biológica**. O que é a agricultura biológica. 2011.

² BOLZANI, C. A. M. **Residências inteligentes: um curso de domótica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.

³ CARARO, D. C.; **DUARTE, S. N. Injeção de CO² e lâminas de irrigação em tomateiro sob estufa**. Hortic. Bras., Brasília, v. 20, n. 3, Sept. 2002.

⁴ CERAUP/UEM. Centro de Referência em Agricultura Urbana e Periurbana. **Horta Comunitária: agricultura urbana e periurbana**. 2009

⁵ DIAS, C. L. de A; PIZZOLATO, N. D. **Domótica: Aplicabilidade e Sistemas de Automação Residencial**, 2010.



⁶ FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R.; BERLATO, M.A. & OLIVEIRA, A.C.B. **Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso de estufa plástica.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 1, p.51-62, 1993.

⁷ LEAL, M. A. de A.; CAETANO, L. C. S.: FERREIRA, J. M. **Estufa de baixo custo: modelo PESAGRO-RIO.** 2ed. Niterói: PESAGRO, 30 p., 2006.

⁸ MARTINS, G.M. **Princípios da Automação Industrial.** UFSM-Universidade Federal de Santa Maria- Centro de Tecnologia, departamento de Eletromecânica e Sistemas de Potência, 2007.

⁹ PURQUERIO, L.F.V.; TIVELLI, S.W. **Manejo do ambiente em cultivo protegido.** Manual técnico de orientação: projeto hortalimento. São Paulo: Codeagro, 2006.