

UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO

PATRICK TAKAYUKI TAMURA

**PROTÓTIPO PARA CONTROLE DE UMIDADE NA
PLANTAÇÃO DE MORANGOS**

BAURU
2017

PATRICK TAKAYUKI TAMURA

**PROTÓTIPO PARA CONTROLE DE UMIDADE NA
PLANTAÇÃO DE MORANGOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas da Universidade do Sagrado Coração como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia da Computação, sob orientação do Prof. M.e Saulo Silva Coelho.

BAURU
2017

Tamura, Patrick Takayuki

T159i

Protótipo para controle de umidade na plantação de morangos / Patrick Takayuki Tamura. -- 2017.

49f. : il.

Orientador: Prof. M.e Saulo Silva Coelho.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia da Computação) - Universidade do Sagrado Coração - Bauru - SP

1. Irrigação de morangos. 2. Plantação de morango. 3. Controle de irrigação. I. Coelho, Saulo Silva de. II. Título.

PATRICK TAKAYUKI TAMURA

PROTÓTIPO PARA CONTROLE DE UMIDADE NA PLANTAÇÃO DE MORANGOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas da Universidade do Sagrado Coração como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia da Computação, sob orientação do Prof. M.e Saulo Silva Coelho.

Banca examinadora:

Prof. M.e Saulo Silva Coelho
Universidade do Sagrado Coração

Prof. Dr. Elvio Gilberto da Silva
Universidade do Sagrado Coração

Prof. Dr. Thomaz Figueiredo Lobo
Universidade do Sagrado Coração

Bauru, 14 de Maio de 2017.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, aos meus pais que me incentivaram todos os anos que estive na faculdade.

Agradeço ao meu orientador e professor Saulo Silva Coelho que me deu energia para concluir esse trabalho.

Agradeço a minha companheira Raiza Mariana Lanza que acompanhou de perto toda essa jornada.

Enfim, agradeço a todos que fizeram parte, de alguma forma, desta etapa de minha vida.

RESUMO

O trabalho de conclusão de curso é baseado na pesquisa, exploração, resolução e desenvolvimento de formas de controle de irrigação na cultura de morangueiros. Não tem método de irrigação melhor que outro cada um tem suas vantagens e limitações. Assim devemos considerar certos fatores na escolha do método, como a disponibilidade da água, energia e mão-de-obra, a topografia, tipo de solo, custo de implementação e clima. Após identificar o mais adequado método de irrigação será estudado as possíveis soluções de acordo com as necessidades e disponibilidade de recursos como água, que será verificada por meio de um sensor de umidade que ficará nos canteiros, também área de plantação, mão de obra, capital entre outros. A falta de água pode ocasionar crescimento deficiente, folhas murchas, desenvolvimento inadequado. Já o excesso de água pode causar apodrecimento das raízes, lixiviação e posteriormente laterização do solo. Com isso o estudo busca não deixar faltar e nem exceder água a nenhuma das estufas de plantação de morangos, através do controle de um sistema de irrigação e aumentar a confiabilidade em relação a uma terra sempre úmida resultando em um produto final de qualidade superior ao atual, bem como gerando uma economia de água e menor custos com mão-de-obra.

Palavras-chave: Irrigação de morangos. Controle de irrigação. Plantação de morango. Arduíno. Projeto

ABSTRACT

The final paper is based on the research, exploration, resolution and development of forms of automated irrigation in the strawberry plants. It has no irrigation method better than another, each one has its advantages and limitations. Therefore we must consider certain factors in the choice of method, such as availability of water, energy and labor, topography, soil type, implementation cost and climate. After identifying the most appropriate method of irrigation will be studied the possible solutions according to the needs and availability of resources such as water, which will be verified by means of a humidity sensor that will be in each of the flowerbeds, Also plantation area, labor, capital among others. Lack of water can lead to poor growth, wilted leaves, poor development. Excess water can cause root rot, leaching, and hence soil lateralization. Thus, the study seeks to avoid missing or exceeding water in any of the strawberry planting, through the automation of an irrigation system and increase reliability in relation to an ever wet land resulting in a final product of higher quality than the current one , As well as generating water savings and lower labor costs

Keywords: Irrigation in the strawberry plants. Irrigation control. Strawberry planting Arduino. Project.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Plantação de morango no solo com cobertura plástica.....	12
Figura 2 - Plantação de morango no solo sem cobertura sem cobertura plástica.....	13
Figura 3 - Plantação de morango em estufa.....	14
Figura 4 - Sistema Hidropônico.....	15
Figura 5 - Tensiômetro.....	20
Figura 6 – Microcontrolador Arduino Uno.....	23
Figura 7 - Entendendo o programa.....	24
Figura 8 - Sensor de Umidade.....	26
Figura 9 - Preparação dos substratos.....	30
Figura 10 - Irrigação por gotejamento.....	31
Figura 11 - Irrigação por gotejamento.....	31
Figura 12 - Irrigação por gotejamento.....	32
Figura 13 - Timer que aciona a irrigação.....	33
Figura 14 - Caixas d'água.....	33
Figura 15 – Espécies dos morangos.....	34
Figura 16 - Morangos prontos para a colheita e morangos verdes.....	35
Figura 17 – Superfície cor vermelho brilhante.....	35
Figura 18 – Projeto... ..	36
Figura 19 – LED verde aceso, excesso de água.....	39
Figura 20 – LED vermelho, indicando falta de umidade.....	39
Figura 21 – LED do meio assegurando uma boa umidade.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GCC - GNU compiler Collectio

IDE - Integrated Device Electronics

LED - Light Emiting Diode

LED RX - Receive

LED TX – Transmit

RAM - Random Access Memory

ROM - Read Only Memory

USART - Universal Synchronous Asynchronous

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS	11
2.1	OBJETIVO GERAL.....	11
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1	CULTURA DO MORANGO	12
3.2	IRRIGAÇÃO	15
3.2.1	Irrigação por aspersão	17
3.2.2	Irrigação por superfície	17
3.2.3	Irrigação localizada ou microirrigação	18
3.3	MICROCONTROLADORES.....	18
3.4	AUTOMAÇÃO E CONTROLE DE IRRIGAÇÃO	19
3.5	ARDUINO.....	21
3.6	SENSORES	25
3.6.1	Sensor de umidade	26
4	MATERIAL E MÉTODO	28
4.1	FUNCIONAMENTO DO PROCESSO DE IRRIGAÇÃO	28
4.2	DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO	28
4.3	ELABORAÇÃO DO CIRCUITO	28
4.4	FUNCIONAMENTO.....	29
4.5	ANALISE DO PRODUTO	29
4.6	PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO	36
5	RESULTADOS	38
5.1	CALIBRAÇÃO DOS SENSORES.....	38
5.2	RESULTADOS OBTIDOS	38

6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
	REFERÊNCIAS	42
	ANEXOS	46

1. INTRODUÇÃO

A irrigação foi uma das primeiras alterações no ambiente desempenhado pela humanidade. Os primeiros testes de irrigação foram bastante primitivos, mas a relevância do manuseio da água tornou-se claro na agricultura recente. Tribos nômades foram capazes de fixar-se em estipuladas regiões, irrigando terras férteis e, assim, proporcionando rendimento satisfatório para seu mantimento. (PIRES et al., 1999)

Nas civilizações antigas, a irrigação era empregada realizando-se represamentos de água bloqueados por diques. Com a evolução da tecnologia e propagação das mesmas, a irrigação espalhou-se por várias partes do mundo. (PIRES et al., 1999)

O progresso de diversas civilizações antigas pode ser descrito através da ocorrência da irrigação. A irrigação antiga teve como consequência duas grandes influências: suprimento de alimento e aumento de população.

A distribuição da irrigação no Brasil pode ser dividida em três grupos:

- a) irrigação "obrigatória" no Nordeste;
- b) irrigação "facilitada" no Rio Grande do Sul;
- c) irrigação "profissional" nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e parte da região Sul.

A irrigação "profissional" deve ser compreendida como aquela em que o agricultor aplica uma tecnologia de irrigação, procurando certificar, elevar ou sofisticar sua produção. (PIRES et al., 1999)

O solo, como forma de reserva de água para as plantas, é afetado pelas condições de tempo bem como pelo manejo e pelas práticas culturais podendo alterar a dinâmica e a retenção de água nos seus poros.

A retenção de água no solo é controlada por duas forças principais: as forças capilares e as forças de absorção, o que ocorre somente com a quantidade de água necessária para o desenvolvimento de cada cultura.

Entende-se como manejo, no meio da agricultura, as várias atividades feitas no decorrer do procedimento de cultivo de uma plantação, como exemplo: plantação de mudas, contenção de pragas, irrigação e adubação, entre outras. O adequado manejo da irrigação é essencial, pois a escassez de água resulta em plantas murchas ou secas, de modo que a abundância de água resulta em efeitos ruins, a

ponto que a planta apodreça. Nota-se que em todos os casos os resultados são ruins, sendo capaz de arruinar a produtividade.

Hoje em dia no Brasil, embora aparentando 5% aproximadamente de área plantada, culturas irrigadas fornecem, em torno de, 16% total de alimentos e 35% do total de produção. É importante ressaltar que o agronegócio representa 33% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, 42% do total de exportações e 37% do total de empregos (Ministério da Integração Nacional, 2009). Analisando isso, consegue-se perceber a dimensão da agricultura irrigada e como pode ser evoluída através do avanço da tecnologia, que vem evoluindo cada vez mais nas áreas de implantação.

Assim como o processo de evolução da agricultura, muitos trabalhadores ainda utilizam de forma manual, especialmente aqueles que estão começando. Eles devem estar sempre atentos a humidade do solo em que estão plantando. Além de tudo, assim como válvulas e outros artefatos que devem ser acionados de forma manual, ficando assim um bom tempo até conter água suficiente. Todo esse tempo que é gasto neste trabalho manual poderia ser aproveitado em outro tipo de serviço. Em plantações em estufas o tempo gasto fica ainda maior, pois ele trabalha com várias outras estufas, tendo que ligar cada uma das estufas, já que o acionamento de água é individual. É importante ressaltar que as estufas podem conter uma cultura diferente, possibilitando em necessidades diferentes de humidade no solo. Por isso a importância na automação da irrigação.

Esses fatores foram essenciais para buscar a tecnologia com intuito de criar um sistema apto a alertar a irrigação de estufas de maneira autônoma, com mínima interferência humana. O projeto começa com o uso do arduino UNO para colheita de dados captados por um sensor de umidade. Esses dados serão convertidos e transformados em 3 faixa de cores, são elas, verde (solo úmido), vermelho meio (solo moderado) e vermelho da ponta (solo seco).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O estudo busca não deixar que falte água a nenhum dos canteiros da plantação de morangos, através do controle de um sistema de irrigação por meio da umidade e aumentar a confiabilidade em relação a uma terra sempre úmida resultando em um produto final de qualidade

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são:

- a) criar um protótipo para o controle e monitoramento da umidade na plantação de morangos;
- b) garantir uma boa umidade no solo sem escassez ou excesso de água;
- c) reduzir o consumo de água e energia;
- d) possibilitar expansão de forma padronizada;
- e) reproduzir a estrutura do hardware para o controle e ligação dos sensores.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nos itens a seguir, serão apresentados os dados teóricos referentes aos estudos propostos nesse Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

3.1 CULTURA DO MORANGO

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2016, p. 12):

O morangueiro é uma planta herbácea estolonífera, perene, com caule semisubterrâneo, conhecido como coroa (caule modificado). A coroa apresenta um tecido condutor periférico em espiral nos dois sentidos unido às folhas. A medula é proeminente e muito suscetível às geadas.

A cultura do morango é cultivada, no Brasil, em diferentes formas, sendo no solo, com ou sem cobertura plástica (Figura 1 e Figura 2 respectivamente).

Figura 1 - Plantação de morango no solo com cobertura plástica



Fonte: Mathias (2013).

Figura 2 - Plantação de morango no solo sem cobertura plástica



Fonte: Morango... (2013)

Essa técnica utilizada para proteção de canteiros do morangueiro tem o objetivo de preservar o solo, mantendo a umidade, favorecendo o aproveitamento de fertilizantes e qualidade do solo, diminuindo infestação de plantas daninhas, protegendo o morango do contato direto com o solo, entre outras coisas.

Os filmes plásticos são hoje os materiais que mais se utiliza, mas também podem ser feitos com coberturas vegetais mortas, como palhas (ex. aveia, trigo, arroz), bagaço de cana-de-açúcar, casca de arroz, acícula de pinus.

A utilização dessa cobertura plástica pode trazer alguns benefícios em relação à não usar a cobertura, como por exemplo: Antecipar a época de colheita, obter uma maior produtividade, os frutos estarem mais limpos e com uma melhor qualidade, melhor proveito de insumos e fertilizantes, reduz as perdas, entre outras. (REVISTA CAMPO & NEGÓCIOS, 2017)

Essa cultura também pode ser feita em estufas (Figura 3),

Figura 3 - Plantação de morango em estufa.



Fonte: Bortolozzo e Bernardi (2006)

Essa plantação em estufa mostra um sistema semi-hidropônico e denota-se várias vantagens relacionada ao sistema convencional, tais como:

- a) Os tratamentos culturais podem ser feitos em pé, o que contribui para a contratação de mão-de-obra;
- b) o novo ciclo de produção é constituído com a troca do saco plástico e do substrato a cada dois anos, o que ajuda a diminuir a incidência de podridões na cultura. Se ocorrer podridões, retira-se somente o saco infectado e não toda a área de produção;
- c) o sistema protege as plantas do efeito da chuva e auxilia a ventilação, circunstâncias que dificultam a fixação de doenças;
- d) como o risco de doenças é reduzido, a utilização de agrotóxicos pode ser trocado por práticas culturais, uso de agentes de controle biológico e produtos alternativos, diminuindo completamente o risco de contaminação dos frutos, sem atingir o rendimento da produção;
- e) proporciona a produção de frutas com maior qualidade e menor perda por podridão;
- f) o período da colheita pode ser estendido em, pelo menos, dois meses;

Essa cultura também pode ser feita em sistema hidropônico (Figura 4) onde a plantação de morangos nesses sistemas são realizados dentro de estufas altas e sobre um sistema de armação de madeira.

Figura 4 – Sistema Hidropônico



Fonte: (TEC, 2016)

Nesse sistema o cultivo do morango é caracterizado por não precisar de terra, as raízes da planta ficam dentro da água, soluções com fertilizantes são adicionadas à água para alimentar as plantas. Algumas das vantagens desse sistema é que ocupam menos espaço e pode-se ter o clima dentro da estufa controlado o que permite produzir o ano todo, diminui a quantidade de água utilizada, pois possui um sistema fechado e também diminui o uso de agrotóxicos por ser dentro da estufa

A qualidade da água é um fator importante na irrigação do morangueiro, em especial no cultivo protegido, que pode ser utilizado no sistema de gotejamento ou por aspersão ou mesmo no sistema hidropônico. (MIRANDA, 2017)

3.2 IRRIGAÇÃO

Conceitualmente a irrigação representa o conjunto de técnicas destinadas a deslocar a água no tempo ou no espaço para modificar as possibilidades agrícolas de cada região. A irrigação busca a correção a distribuição natural das chuvas.

Segundo Lima et al. (2010, p. 04):

Constituindo uma técnica que proporciona alcançar a máxima produção, em complementação às demais práticas agrícolas, a irrigação tem sido alvo de considerável interesse, principalmente nas regiões Nordeste e Centro-Sul do Brasil. De fundamental importância para a produção agrícola em regiões áridas, a irrigação vinha sendo constantemente relegada a um plano inferior nas regiões onde, sob certas condições, a precipitação natural permitia que as culturas se desenvolvessem e produzissem normalmente.

O aumento do custo da terra, aliado ao considerável capital necessário à exploração agrícola, não permite mais que a produção final dependa da ocorrência ou não de um regime de precipitação adequado. Assim sendo, a nova tendência do meio empresarial agrícola tem sido a de aumento do interesse pela prática da irrigação, que, além de reduzir riscos, proporciona outras vantagens significativas ao produtor irrigante.

É progressiva a utilização de tecnologia em particular na irrigação na produção agrícola no Brasil, em específico nas últimas décadas.

No Brasil, a ampla maioria dos utilizadores da agricultura irrigada não usa nenhum modo de estratégia para a utilização e manuseio racional da água de irrigação, e o acompanhamento automático para esse manuseio é ainda inicial (GOMIDE, 1998). Entre os motivos que colaboram para a deficiência do manejo de irrigação, está a metodologia que, apesar da disponibilidade, ainda não foi exposta aos produtores de forma acessível, de forma que descomplique a sua utilização (SILVEIRA; STONE, 2001).

A irrigação pode ser efetuada por diversos métodos: aspersão, localizada, superfície e subterrânea. No projeto é apresentado a irrigação localizada aplicando a modalidade de irrigação localizada por gotejamento. No gotejamento a água é usada ao solo na forma de chuva artificial, através do fracionamento do jato de água em gotas. Esse fracionamento é alcançado pela passagem do fluxo de água sob pressão pelos bocais dos aspersores.

O manuseio da irrigação baseado no potencial de água no solo é o modo mais racional de uso da água (VILLAGRA, 1988) e, para a indicação do potencial métrico em situações de campo, o tensiômetro é o aparelhamento mais usado (VILLAGRA, 1988; KLEIN, 2001). Em países onde a irrigação é conseguida com técnicas atuais, o tensiômetro é bastante utilizado, sobretudo onde o controle da irrigação é automático (BERNARDO, 1995).

De acordo com Queiroz (2011, p. 04) descreve o procedimento de produção agrícola que promove, em diferentes regiões, diretamente com as indústrias e as cidades, pela utilização da água, permanecendo nesse método como vilão, pois o volume de água habitual é demasiadamente elevado. Porém, esse é um procedimento indispensável, pois o uso de água nas culturas expande o proveito de uso de outros insumos, como fertilizantes, por exemplo, garante a produção na entressafra em regiões áridas ou de regime pluviométrico instável, além de conceder segurança durante os veranicos.

Para Lima et al. (2010, p. 05):

A intensificação da prática da irrigação configura uma opção estratégica de grande alcance para aumentar a oferta de produtos destinados ao mercado interno, consolidar a afirmação comercial do Brasil num mercado internacional altamente competitivo e melhorar os níveis de produção, produtividade, renda e emprego no meio rural e nos setores urbano-industriais que se vinculem, direta ou indiretamente, ao complexo de

atividades da agricultura irrigada.

O manejo racional da irrigação consiste na aplicação da quantidade necessária de água às plantas no momento correto. Por não adotar um método de controle da irrigação, o produtor rural usualmente irriga em excesso, temendo que a cultura sofra um estresse hídrico, o que pode comprometer a produção. Esse excesso tem como consequência o desperdício de energia e de água, usados em um bombeamento desnecessário.

3.2.1 Irrigação por aspersão

Irrigação por aspersão consegue ser caracterizada por utilização da água ao solo por meio da subdivisão de um jato da água dividido sob pressão no ar atmosférico por meio de suaves orifícios ou bocais de aspersão. As peças de aspersão são altamente versáteis na sua aplicabilidade física e no procedimento de contensão de água. Tal fator torna quase irrelevante as condições climáticas e topográficas.

O sistema de aspersão tem efeitos positivos e suficiente na maior parte das culturas agrícolas. Seu atributo físico é constituído por linha principal, secundária e lateral e em cima dessas, são acoplados os aspersores.

Entretanto esse método possui algumas limitações que podem ser levadas em consideração como: alto custo de implementação e distribuição desigual de água em regiões com ventos intensos. Ventos fortes, com velocidades maiores que 4 ou 5 m/s , são bem restridentes à aspersão, gerando grandes distorções na distribuição de água, tendo que ignorar a irrigação nos horários que ocorrem. Assim como, a irrigação por aspersão é, supostamente, contraindicada no aproveitamento de águas com notáveis teores salinos, em virtude de conseguir originar queimaduras grandes nas folhas e caules das plantas. Águas com concentração de cloreto de sódio superior a 0,4 % não devem ser utilizadas na aspersão (RAPOSO,1979)

3.2.2 Irrigação por superfície

Irrigação por superfície usa a superfície do solo para transportar a água que é necessária para a área a ser irrigada por meio do escoamento gravitacional, sem ocasionar erosão no solo. Diversas das vezes a água vem de um terreno elevado a área irrigada pois assim utiliza-se o entendimento de fluxo gravitacional. Um dos

fatores decisivos para o aproveitamento deste método de irrigação é a relação proporcional entre a taxa de escoamento superficial e a vazão de entrada e infiltração da água na expansão do plantio. Fatores como caimento do terreno e rugosidade da superfície estão dentro da boa execução da taxa de escoamento, isto é, o solo não pode sugar toda água antes de chegar a seu objetivo final que é o plantio, através da inclinação do terreno.

Na irrigação por superfície pode-se ressaltar duas metodologias diferentes para sua utilização, irrigação por sulcos e por inundação.

Irrigação por sulcos baseia-se em alagamento provisório e fragmentário do solo já a irrigação por inundação é estipulada pelo alagamento do solo e controle da água na superfície do solo. Sistemas de irrigação por sulcos tem maior efetividade para culturas em fileiras tais como: milho, feijão, algodão, batata, trigo no entanto os vegetais ou frutíferas habitam-se melhor a irrigação por inundação.

3.2.3 Irrigação localizada ou microirrigação

Com essa técnica a água é carregada por meio de tubos até a zona da raiz da planta, onde é lentamente aplicada por meio de gotejadores. Uma rede de gotejamento é fixada na superfície do solo, mas também é possível fixá-la enterrada. Esse método é utilizado principalmente em culturas perenes e em fruticultura, apesar que também é utilizado por produtores de hortaliças e flores, em específico para diminuir a obrigação de água, igualado aos demais sistemas de irrigação

Um dos grandes benefícios deste tipo de irrigação é um grande rendimento no uso da água, sendo capaz de ser utilizado em locais que sofrem com sua escassez, além de ser operativo em locais com diversos tipos de relevo. Já suas desvantagens são um elevado custo de implantação inicial, além de a probabilidade de entupimento dos gotejadores, pois estes são dispositivos pequenos e podem ser obstruídos por impurezas contidas na água

3.3 MICROCONTROLADORES

Microcontroladores são classificados como pequenos computadores com

memória, processador, periféricos de entrada e saída em único circuito integrado. São usados em finalidades específicas para controle automático de produtos e aparelhos.

Como se trata de um sistema computacional finalizado em um único circuito integrado, os microcontroladores são empregados para arquivar dados e memorizar instruções. Para seu funcionamento é preciso desenvolver um programa que controle determinado processo, onde é possível usar seus pinos de I/O diretamente interligados ao sistema.

3.4 AUTOMAÇÃO E CONTROLE DE IRRIGAÇÃO

A irrigação através da base central segundo Vilela (2002), estabelece no sistema de irrigação por aspersão mais automático que se encontra no mercado, essa automatização é adequada de modificar desde um simples acessório a controladores que possibilita a sua ativação a distância por meio de ondas de rádio ou telefone celular. Hoje em dia esse é um tipo de automação que tem a finalidade de economizar tempo e mão-de-obra, já que o sistema opera em malha aberta.

Para o monitoramento da variação do conteúdo de água no solo, o tensiômetro (Figura 5) é um dos mais utilizados para medir o teor de umidade no solo, ele mede o potencial mátrico, ou seja, mede a tensão com que a água está retida pelas partículas do solo, com essas medidas pode-se obter o teor de água no solo e por isso esse método determina de forma indireta a umidade do solo.

Então o tensiômetro consegue simular a raiz de uma planta e apontar a quantidade de água naquele local de instalação. Quando tem muita água no solo a raiz da planta não precisa fazer muita força para absorver a água do solo, da mesma forma o tensiômetro não precisa fazer muita força e, portanto, a tensão é baixa. Já quando tem pouca água no solo a tensão aumenta, os tensiômetros são muito úteis para os agricultores em prever qual a quantidade de água que a colheita vai precisar para prosperar é um dos instrumentos mais utilizados e recomendados (ANGELOTTI NETO; FERNANDES, 2005; BERNARDO et al., 2006; SAAD; LIBARDI, 1994).

Figura 5 - Tensiômetro



Fonte: (TECNYLAB, 2016)

O adequado suprimento de água às plantas é um dos fatores mais importantes para o pleno desenvolvimento dessas, potencializando a eficiência dos insumos aplicados.

O manejo correto de água deve proporcionar condições adequadas de aeração do sistema radicular além de disponibilizar essa água (solução do solo) com o mínimo de tensão. Se excesso de água for aplicada o solo poderá ficar encharcado dificultando a troca de gases além de ocorrer perda de água por escoamento superficial ou por drenagem profunda.

A ocorrência de déficit hídrico às plantas é uma das principais limitações à produção vegetal. A irregularidade na ocorrência de precipitações acarreta grandes prejuízos aos agricultores.

A irrigação por aspersão se apresenta como uma excelente alternativa para minimizar estes riscos aumentando a produção. Esta tecnologia necessita no entanto ser corretamente empregada evitando o desperdício de água e energia. O monitoramento do volume e tensão da água no solo é imprescindível para o correto manejo da irrigação, determinando-se com isto o exato momento do início e fim do turno de rega, bem como, o volume de água a ser aplicado.

Para Saaed e Libardi (1992) a importância do tensiômetro com manômetro de mercúrio, o qual, apesar da sua limitação de funcionamento até a tensão de 85 kPa, se adapta bem ao manejo da irrigação, pois normalmente o solo é irrigado antes de

atingir essa tensão.

A automatização de sistemas de irrigação, sem a necessidade de intervenção do homem tem sido investigado com muito empenho. Sensores eletrônicos ou mesmo tensiômetros equipados com transdutores eletrônicos de tensão são utilizados para automação de sistemas de irrigação baseados no potencial mátrico da água no solo. Os inconvenientes desses sistemas é que eles ainda são excessivamente caros, envolvem complicados sistemas eletrônicos de controle, de difícil manejo e manutenção.

O uso desse equipamento para automatizar a irrigação no Brasil começou com o trabalho de MÉDICI (1997) e desenvolvimentos futuros feitos por QUEIROZ et al. (2002) e QUEIROZ (2004) utilizando sistemas analógicos.

Com o surgimento no mercado brasileiro de transdutores de pressão de pequeno valor e de simples aplicação, a diversidade de micro controladores e de linguagens de programação, sistemas mais aprimorados estão sendo oferecidos, a exemplo do trabalho de TEIXEIRA & COELHO (2005), que utilizam transdutores de pressão e temperatura em um sistema automático de obtenção de dados, com a finalidade de avaliar o efeito da temperatura na leitura de tensiômetros. Em sistemas de irrigação como o pivô central, que se aplica a amplas áreas, a comunicação de sensores com um controlador via cabos é inviável por causa da grande distância.

Propõe que o aproveitamento de sistemas de transmissão de dados via radiofrequência mostra-se como uma técnica cada vez mais atraente e aplicável e, com isso, a exemplo da mecanização, a irrigação poderá ser de precisão.

A automação buscada e implementada deve ser aquela que considera a informação de sensores no solo, na planta ou na atmosfera, para o acionamento do sistema de irrigação e não um calendário programável.

3.5 ARDUINO

O Arduino é uma plataforma utilizada para prototipação de circuitos eletrônicos. O projeto do Arduino teve início em 2005 na cidade de Ivrea, Itália. O Arduino é composto por uma placa com microcontrolador Atmel AVR e um layout de programação baseado em Wiring e C++. Tanto o ambiente de programação quanto o hardware do Arduino são livres, ou seja, qualquer pessoa pode modificá-los e

reproduzi-los. O Arduino também é conhecido de plataforma de computação física.

Existem vários tipos de Arduino que podem ser utilizados para fins diferentes. E apesar das placas parecerem diferentes umas das outras a maioria dos Arduinos tem esses componentes em comum, que são: Potência (USB), Pinos (5v, 3.3v, GND, analógica, digital PWM, AREF), Botão de reset, Indicador de LED de energia, LEDs RX e TX, Main IC (placa principal) e regulador de voltagem.

Os desenvolvedores do Arduino escolheram usar a linha de micro controladores da empresa ATMEL. A linha utilizada é a ATmega. Existem placas Arduino oficiais com diversos modelos desta linha, mas os mais comuns são as placas com os chips ATmega8, ATmega162 e ATmega328p. Essas versões diferem na quantidade de memória de programa (ROM) e na configuração dos módulos de entrada e saída disponíveis.

No Arduino, os 28 pinos do micro controlador ATmega8 são divididos da seguinte maneira:

- a) 14 pinos digitais de entrada ou saída (programáveis, portas digitais);
- b) 6 pinos de entrada analógica ou entrada/saída digital (programáveis, portas analógicas);
- c) 5 pinos de alimentação (gnd, 5V, ref analógica);
- d) 1 pino de reset;
- e) 2 pinos para conectar o cristal oscilador.

Os dois primeiros itens da lista são os pinos úteis, livres para o usuário utilizar. Através destes pinos que o Arduino é vinculado à eletrônica externa. Entre os 14 pinos de entrada/saída digitais temos 2 pinos que correspondem ao módulo de comunicação serial USART. Esse módulo concede comunicação entre um computador (por exemplo) e o chip.

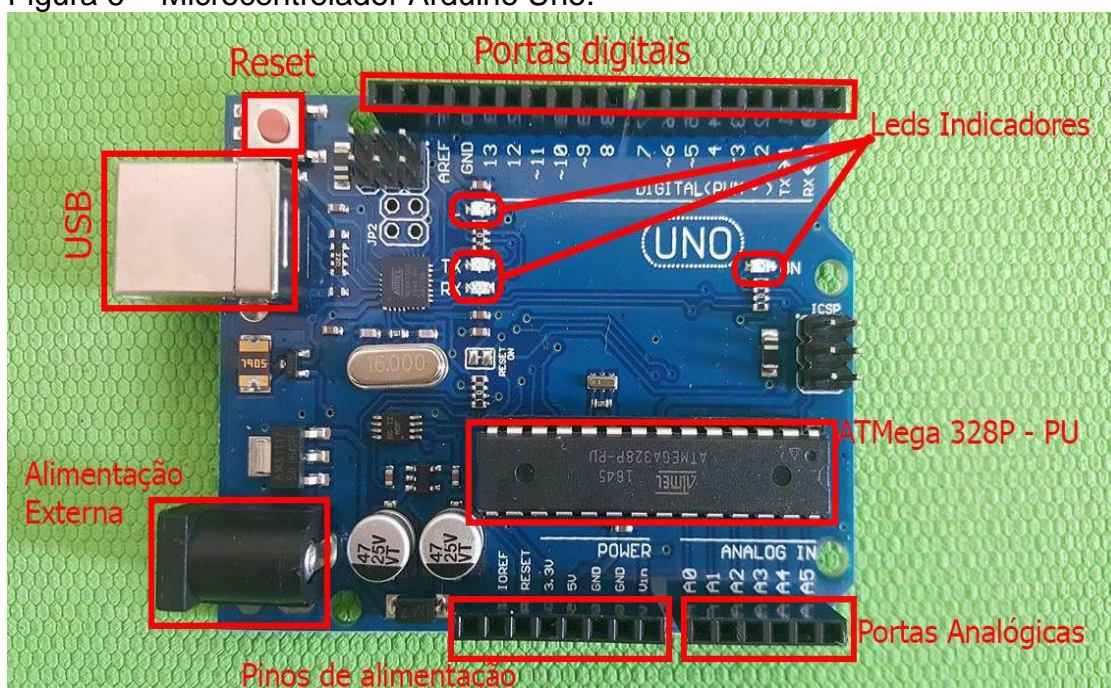
Todos os pinos digitais e os analógicos possuem mais de uma função. Os pinos podem ser saída ou de entrada, alguns podem servir para leituras analógicas e também como entrada digital. As funções são definidas pelo programador, quando traça um programa para a sua placa.

Na placa do Arduino, os pinos úteis do micro controlador são exibidos ao usuário através de conectores fêmea (com furinhos) onde podem ser encaixados conectores para construir o circuito externo à placa do Arduino.

Segundo Castro (2013) quando trata-se de software na plataforma do Arduino, podemos referir-nos: ao ambiente de desenvolvimento integrado do Arduino

e ao software desenvolvido por nós para enviar para a nossa placa. O ambiente de desenvolvimento do Arduino é um compilador gcc (C e C++) que usa uma interface gráfica construída em Java. Essencialmente se resume a um programa IDE muito simples de se utilizar e de estender com bibliotecas que podem ser facilmente encontradas ou criadas pelo programador. As funções da IDE do Arduino são basicamente duas: Conceder o desenvolvimento de um software e enviá-lo à placa para que possa ser executado. Na Figura 6 é mostrada a imagem de um Arduino.

Figura 6 – Microcontrolador Arduino Uno.

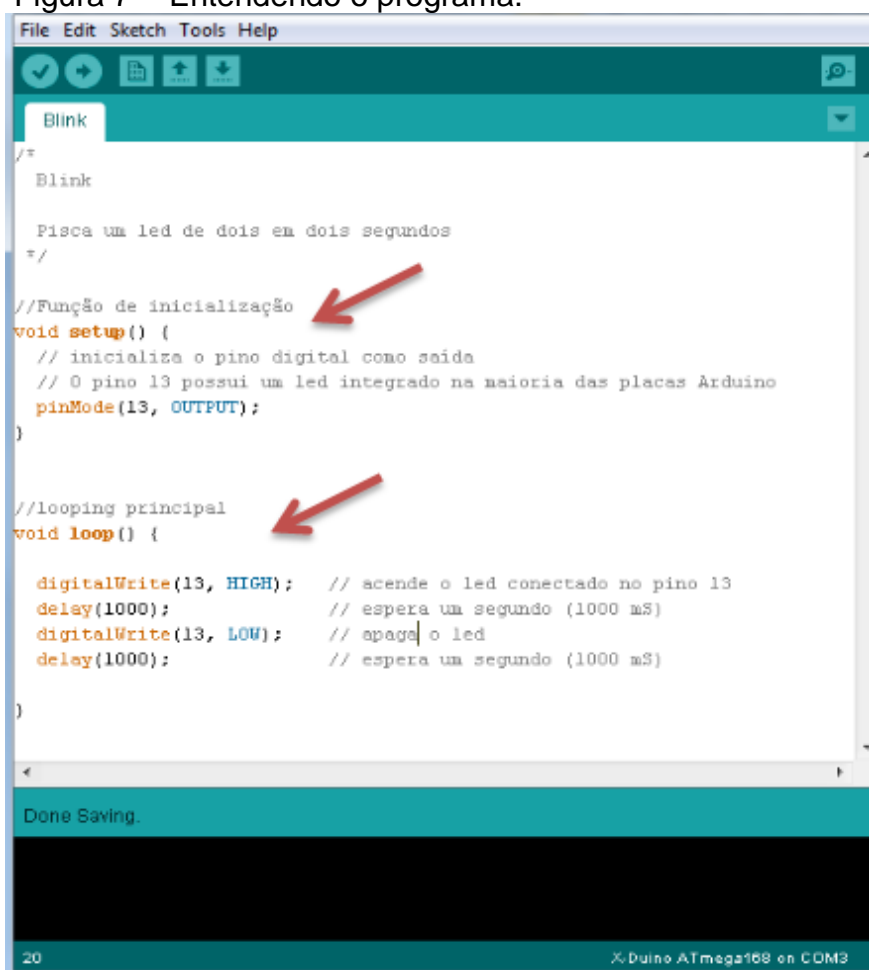


FONTE: Elaborado pelo autor.

Ao realizar um código no Arduino, é importante que este esteja no formato “.ino” e que tenha os seguintes procedimentos:

- a) `setup()`: responsável por ajustar as configurações das portas de entrada e saída e a comunicação serial;
- b) `loop()`: responsável por criar um laço infinito onde é criada a rotina do programa, como indicam as setas na Figura 7.

Figura 7 - Entendendo o programa.



```
File Edit Sketch Tools Help
Blink
/*
  Blink
  Pisca um led de dois em dois segundos
  */
//Função de inicialização
void setup() {
  // inicializa o pino digital como saída
  // O pino 13 possui um led integrado na maioria das placas Arduino
  pinMode(13, OUTPUT);
}

//looping principal
void loop() {

  digitalWrite(13, HIGH); // acende o led conectado no pino 13
  delay(1000);           // espera um segundo (1000 mS)
  digitalWrite(13, LOW); // apaga o led
  delay(1000);           // espera um segundo (1000 mS)
}

Done Saving.
20 X: Duino ATmega168 on COM3
```

Fonte: Jacee (2012)

A função `setup` serve para inicialização da placa e do programa. Esta sessão é executada uma vez quando a placa é ligada ou resetada através do botão. Aqui, informamos para o hardware da placa o que vamos empregar dele. No exemplo, vamos informar para a placa que o pino 13 será uma saída digital onde está conectado um LED (no Arduino UNO o pino 13 possui um led integrado).

A função `loop` é como se fosse a `main ()` da placa. O programa escrito dentro da função `loop` é exercido indefinidamente, ou seja, ao terminar a execução da última linha desta função, o programa inicia novamente a partir da primeira linha da função `loop` e continua a fazer até que a placa seja desligada ou o botão de reset seja pressionado.

Analisando as demais parte do programa, o comando **`digitalWrite`** escreve na saída do pino 13 o nível de tensão HIGH (5v), acendendo o Led. O comando `delay` é somente para o programa aguardar 1000 milésimos. Em seguida, o nível de tensão é alterado para LOW (0v) e o Led apaga. E assim é repetido infinitamente, até ser

desligado.

O carregamento de uma placa de Arduino é realizada por uma conexão USB ou uma fonte externa, em que a própria placa realiza a seleção automática de fonte de entrada. A voltagem de entrada máxima recomendada é de 12V. A medida que essa voltagem é aplicada por meio de uma alimentação maior que 12V, o regulador de voltagem pode sofrer superaquecimento, prejudicando a placa e reduzindo a vida útil.

Dessa forma, ao utilizar um Arduino onde seja operada uma tensão de entrada maior que 12 V é aconselhado usar um transistor. O transistor coordena o fluxo de elétrons como uma espécie de válvula inibindo que o Arduino superaqueça e seja prejudicado.

São mostrados alguns pinos que fornecem alimentação para os periféricos e Shields, após a placa ser alimentada:

- a) pino 5V: saída de tensão estabilizada em 5 volts para alimentar o microcontrolador e outros periféricos;
- b) pino 3V3: saída de tensão estabilizada em 3,3 volts para alimentar o microcontrolador e outros periféricos;
- c) GND: Referencial de 0 volts, pino terra: 32;
- d) Vin: Pino que reflete o mesmo valor da tensão no ponto de entrada de alimentação externa. No Arduino Uno estão dispostos 14 pinos digitais que podem ser usados como entrada ou saída. Abaixo são mostradas algumas funções na biblioteca padrão utilizadas para facilitar a utilização dos pinos;
- e) pinMode(): Utilizada para configurar o modo de operação do pino como entrada ou saída;
- f) digitalWrite(): Quando um pino estiver configurado somente como saída, esta função manipula o estado do pino para HIGH (5V) ou LOW (0V);
- g) digitalWrite(): Quando um pino estiver configurado como entrada, esta função lê o estado do pino se está em HIGH ou LOW.

3.6 SENSORES

Sensores são equipamentos para reconhecimento e indicação de uma condição de modificação que pode ser sensível a determinada forma de energia que

pode ser luminosa, térmica ou cinética relacionada a grandeza física que a mensura, como temperatura, tensão, velocidade, corrente, aceleração, posição, entre outras.

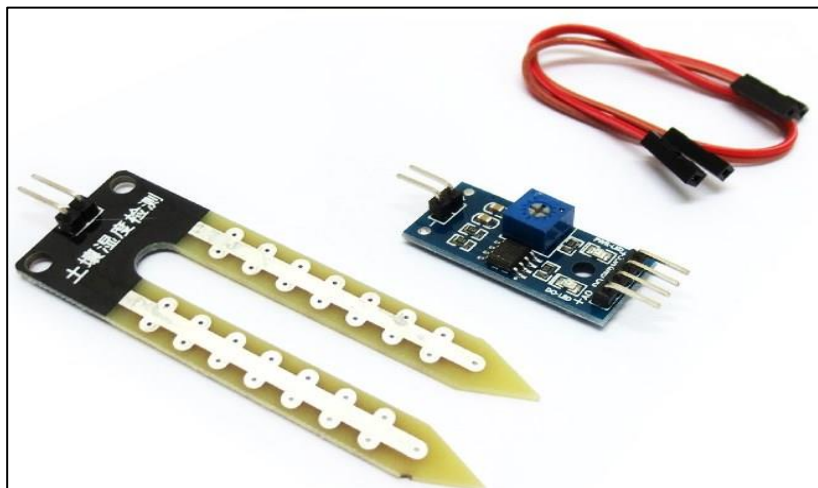
Os sensores podem ser:

- a) Digitais: A detecção discreta produz um sinal (digital) Ligado/Desligado (ON/OFF) como saída, baseado na presença ou ausência do alvo.
- b) Analógicos: A detecção analógica fornece uma resposta de saída contínua que pode assumir qualquer valor no seu sinal de saída, desde que esteja em sua faixa de operação;

3.6.1 Sensor de umidade

Utilizado para identificar a umidade do solo em uma faixa de 0% a 100%, os sensores de umidade possibilitam a irrigação do solo, conforme cada tipo de cultura. Ele usa dois eletrodos para passar corrente pelo solo e ler o nível de umidade por comparação com a resistência. Quanto mais elevada a umidade menor a resistência e quanto menor a umidade maior a dificuldade de se conduzir a eletricidade. A Figura 8 representa um sensor de umidade

Figura 8 – Sensor de Umidade



FONTE: Elétricos (2017)

O desempenho do sensor de umidade é simples, ele possui dois tipos de saídas: A0 e D0, onde A0 é o canal analógico, onde é possível conseguir a sua precisão, pois recebemos valores reais, em números de 0 a 1023. Já o canal D0, é o canal digital, que trabalha somente com 0 ou 1 (ligado ou desligado), para ajustar o ponto onde o sensor vai ligar esta saída, você pode ajustar através do potenciômetro, encontrado em cima do módulo do Sensor de umidade. Quanto as

especificações são:

- a) voltagem operacional: 3,3V ou 5V
- b) potenciômetro para ajuste de sensibilidade
- c) dupla saída analógica e digital
- d) LED vermelho indicador de alimentação
- e) LED verde indicador de saída digital
- f) VCC Alimentação entre 3,3 e 5V
- g) GND - terra
- h) DO - saída digital (digital output)
- i) AO - saída analógica (analog output)

4. MATERIAL E MÉTODO

Este estudo se caracteriza de forma inicial pelo levantamento de referenciais teóricos, com a seleção da literatura para sustentação, discussão do pensamento acerca do tema e análise dos fatos na verificação dos conceitos teóricos, seguindo-se pela verificação e confrontação das respectivas definições. Apresenta-se uma proposta do protótipo para controlar a irrigação, usando um microcontrolador, sensores de umidade do solo e outros componentes

4.1 FUNCIONAMENTO DO PROCESSO DE IRRIGAÇÃO

O projeto teve como finalidade desenvolver um protótipo para controlar a umidade na plantação de morangos, onde existe dois reservatórios de água, sendo esta bombeada por um motor para uma tubulação principal, que se subdivide por tubulações menores para chegar até os slabs dentro das estufas. Essa irrigação ocorre de forma automática de 2 em 2 horas. Assim, a água passa da tubulação para a mangueira interna à estufa.

4.2 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

O desenvolvimento do protótipo inicia-se com a utilização da tecnologia Arduino UNO, peça principal responsável pelas conexões dos demais itens, processamento de dados de entrada e saída, um sensor de umidade junto com seu chip comparador para o monitoramento de umidade no solo, uma protoboard 400 pontos onde foram ligado os resistores, sensor, LEDs para a formação do circuito, uma fonte de 5v para alimentação, jumpers para a conexão do circuitos, resistores para controlar a corrente e para finalizar, LEDs que vão indicar em qual faixa de umidade o solo se encontra.

4.3 ELABORAÇÃO DO CIRCUITO

O sensor foi conectado na porta A0 e na porta A0 da placa, enquanto que os leds vermelho, amarelo e azul foram ligados 7, 6 e 5 respectivamente. O uso de resistores foi necessário para regular a tensão devido à ligação dos LEDs. Por fim a

fonte de 5volts permitindo o correto funcionamento do circuito.

4.4 FUNCIONAMENTO

O controle da irrigação do sistema ocorre de maneiras diferentes dependendo da umidade do substrato. Começando pelos LEDs temos um vermelho (da ponta), um vermelho (meio) e um verde.

O LED vermelho (da ponta) representa o solo seco de 0 a 49% de teor de umidade, o LED vermelho (meio) significa que o solo está em um nível considerado que deve manter entre 50% a 60% de teor de umidade, O LED verde equivale a solo úmido, mais que o necessário e deve se manter aceso enquanto o teor de umidade apontar 61% a 100%.

Portanto a irrigação será realizada quando o teor de umidade do solo atingir 50%. O processo de irrigação que ocorre durante 4 minutos com uma vazão de 100 litros por minuto. Em que o acionamento da bomba é realizado pelo agricultor.

4.5 ANALISE DO PRODUTO

O cultivo é feito em estufa, onde apresenta uma cobertura plástica e ausência de cortinas, proporcionando uma ampla ventilação e protegendo a planta do efeito direto das chuvas, essa estufa é feita com arcos de 48m de comprimento por 5,2 de largura, com capacidade para 3.000 plantas.

Dentro das estufas são feitas as bancadas para a colocação dos slabs, que devem ter 0,80m de altura e 0,70m de largura, o comprimento varia conforme o tamanho da estufa.

Os morangos são cultivados de forma semi-hidroponica, são plantados em slabs, que são sacos com largura de 33cm a 35cm, possibilitando plantar até 7 a 9 mudas metro. Dentro dos slabs são colocados os substratos que são a casca de arroz carbonizada e o composto organico, na proporção de 1:1, como mostra a Figura 9.

Figura 9 – Preparação dos substratos



FONTE: Elaborada pelo autor

O cultivo em slabs apresenta várias vantagens, como por exemplo:

- a) ficam sobre bancadas elevadas do chão, assim o agricultor trabalha em pé, com conforto e eficiência;
- b) Cultivo em ambiente protegido, evitando perdas pela ocorrência de chuvas;
- c) Não utiliza solo, apenas substratos isentos de contaminação e de problemas fitossanitários relacionados ao sistema radicular;
- d) a nutrição é fornecida junto com a irrigação, proporcionando um bom desenvolvimento da planta e colheita de frutos com melhor qualidade;
- e) redução na ocorrência de pragas e doenças, o que facilita o manejo sem uso de agrotóxico, utilizando apenas o controle biológico;
- f) o período entre o plantio e a colheita é mais longo, mantendo-se durante o ano, permitindo realizar o cultivo por mais de um ano, com a mesma muda, mesmo recipiente e mesmo substrato.

No local é utilizada a irrigação localizada por gotejamento como mostra as Figuras 10, 11 e 12.

Figura 10 – Irrigação por gotejamento



FONTE: Elaborada pelo autor

Figura 11 – Irrigação por gotejamento



FONTE: Elaborada pelo autor

Figura 12 – Irrigação por gotejamento



FONTE: Elaborada pelo autor

Essa técnica distribui a água letamente e diretamente na zona radicular, através de canos e magueiras flexíveis de polietileno, com gotejadores incorporados em linha, espaçados em 10cm e localizados no interior dos slabs.

Essa irrigação é acionada e desligada por um timer de aproximadamente 2 em 2 horas durante 12 horas (Figura 13), o local obtem duas caixas d'aguas na menor (Figura 14) é onde são introduzidos os fertilizantes para a primeira irrigação do dia, a técnica de irrigação por gotejamento aliada a fertilização ajuda a planta a absorver mais rapidamente os nutrientes, evitando desperdício, as outras irrigações são acionadas com água pura que fica lozalizada na caixa d'agua maior (Figura 14), essa troca entre as caixas d'agua é feita manualmente.

Figura 13 – Timer que aciona a irrigação



FONTE: Elaborada pelo autor.

Figura 14 – Caixas d'água



FONTE: Elaborada pelo autor.

Para conseguir colher o ano todo o cultivo é feito de forma escalonada com

espécies de morangos importadas do Chile e de diferentes espécies, que são o San Andreas, Monterey e Albion (Figura 15)

Figura 15 – Espécies dos morangos



FONTE: Elaborada pelo autor.

O San Andreas é muito com Albion em tamanho de fruta, porém com coloração vermelha menos intensa, com excelente sabor, possui ramos maiores se comparado ao Albion e bom desenvolvimento radicular. Sua produção é mais estável, ou seja, não apresenta picos de produção, mantendo-se estável durante seu ciclo produtivo.

O Monterrey é uma variedade muito reflorescente, com alta capacidade para produzir no verão quando os dias são mais quentes e longos. Possui frutos com bom sabor, firmes e de boa coloração. A planta é mais vigorosa que Albion, de forma mais ereta, produz muito nos meses de fevereiro a maio.

A variedade Albion com sua principal característica é a excepcional qualidade de fruto, tanto por tamanho como pelo seu sabor e firmeza. A planta apresenta porte médio com folhas de tamanho e espessura maior que as demais. Em função de ser uma planta de dia “neutro”, produzirá mais no segundo ano do que no primeiro pelo fato da planta estar mais estruturada, mantendo bom tamanho e qualidade dos

frutos.

O sabor da fruta é um aspecto de qualidade importante exigidos pelo consumidor, depende do balanço entre doçura e acidez do fruto. O parâmetro mais utilizado para definir o ponto de colheita é a cor. Maduro para fins industriais, e de meio maduro a $\frac{3}{4}$ maduro para comercialização, como mostra a Figura 16, onde pode-se observar morangos prontos para a colheita e morangos verdes. A compra pela aparência continua sendo um atrativo para conquistar o consumidor, então de modo geral o fruto deve ter entre 50 a 75% da superfície de cor vermelho brilhante quando destinada para o consumo fresco, apresentado na Figura 17.

Figura 16 - Morangos prontos para a colheita e morangos verdes



FONTE: Elaborada pelo autor.

Figura 17 – Superfície cor vermelho brilhante



FONTE: Elaborada pelo autor.

4.6 PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO

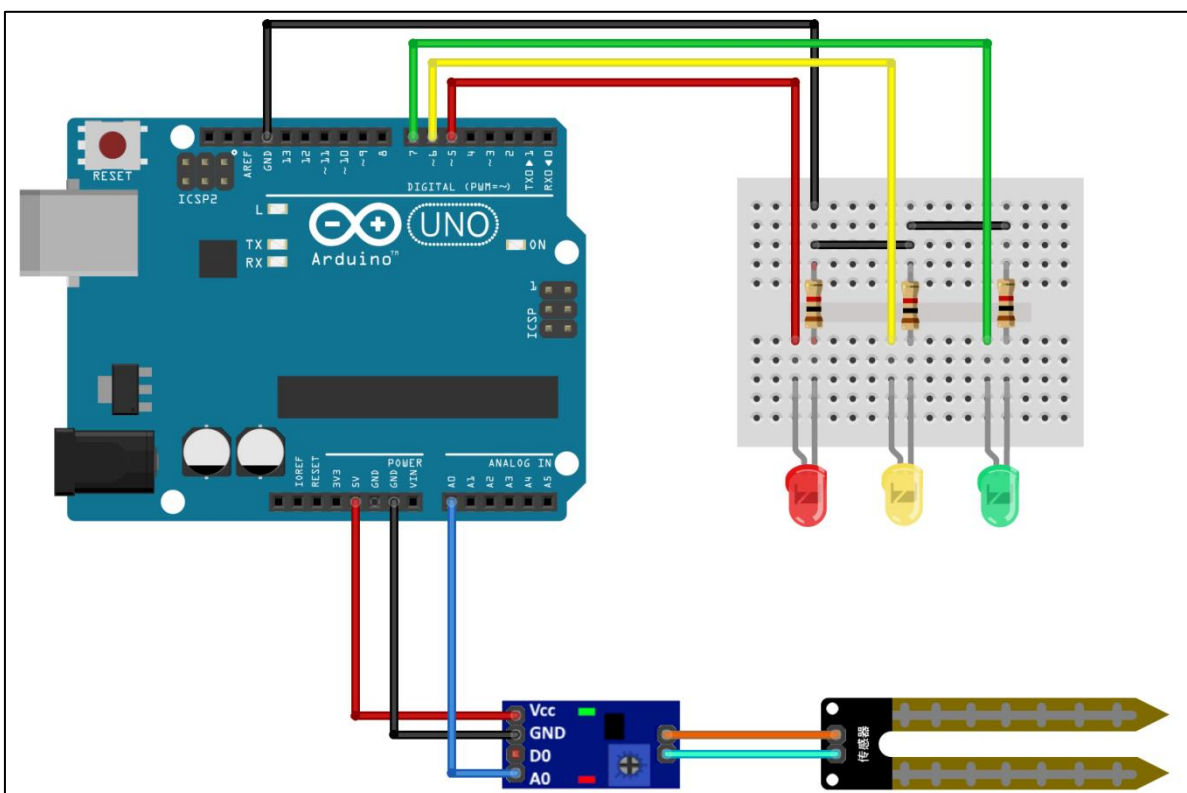
Neste estudo executou-se a criação de um sistema de controle da umidade para melhorar a forma de irrigação .

Frente ao grande avanço da automação, a algum tempo já está sendo possível que as grandes tecnologias cheguem ao meio rural, o que antes muitos achavam que não aconteceria.

O projeto desenvolvido com uso de dispositivos eletrônicos prova que a tecnologia esta cada vez mais próxima do meio rural, trata-se de um controle da irrigação com a finalidade de detectar a terra seca nos canteiros através de sensores de umidade e tomar a decisão de irrigar o mesmo, mantendo a terra sempre úmida e propicia para plantio. Tudo isso controlado por um arduino através de linguagem de programação C++.

O sistema projetado seguiu a estrutura presente na figura 18.

Figura 18 – Projeto



Fonte: THOMSEN, 2017.

O material utilizado no projeto encontra-se abaixo:

- a) Arduino Uno

- b) Sensor de umidade
- c) Chip comparador LM393
- d) Cabo USB
- e) Protobord 400 pontos
- f) Jumper Macho-Macho
- g) 3 Resistores 10k Ω
- h) 1 LED vermelho
- i) 1 LED Verde
- j) 1 LED RGB

5. RESULTADOS

5.1 CALIBRAÇÃO DOS SENSORES

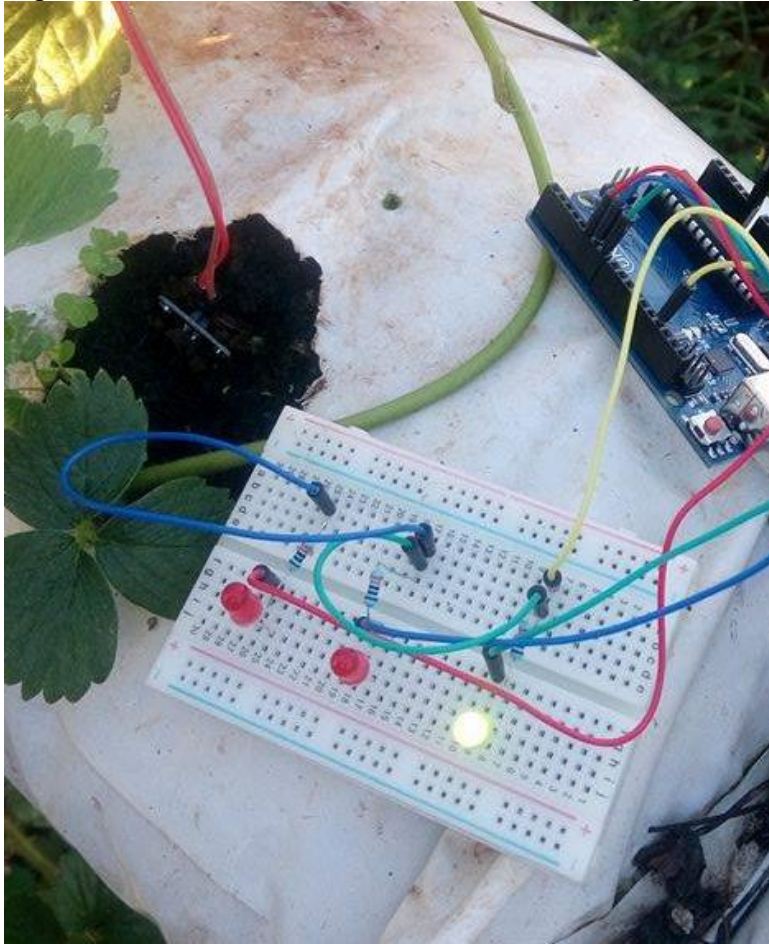
A calibração foi feita da seguinte forma, com um copo de água colocou o sensor dentro do recipiente. Analisou que o sensor obtém um resultado de 100% incluso ao recipiente com água e 0% fora, estes foram os parâmetros para adequada eficácia do sensor de umidade. Também foram feitos experimentos com um substrato totalmente seco, uma mistura de seco com um pouco úmido, e um completamente úmido. Pode-se observar que o substrato seco o sensor obtém 8% de umidade, com o substrato moderado 59% e em terra completamente úmida o sensor detecta 72% de umidade. Os sensores imprimem o valor em bytes de 0-1024 bytes e em porcentagem de 0-100%.

5.2 RESULTADOS OBTIDOS

Na plantação de morangos os canteiros são irrigados cinco vezes por dia com intervalos de 2 em 2 horas, cada turno dura 4 minutos com uma vazão de 100 litros por minuto, portanto gasta-se 8.000 litros por dia, considerando que os canteiros são irrigados todos os dias do mês gasta-se em média 240.000 litros. Considerando que mantemos a bomba ligada durante os 4 minutos, com o uso do sensor contactou-se que a bomba somente foi ligada quando o substrato passou para o estado seco acendendo o LED vermelho, com isso nota-se que foi preciso ligar a bomba de irrigação entre 3 a 4 vezes por dia. Constatou-se que com o sensor de umidade, consumiu uma menor quantidade de água gastando em torno de 5.600 litros por dia. Em termos de economia ele foi 21,33% mais eficiente que o modo usado anteriormente.

Como mostra a Figura 19 com o LED de cor verde aceso, alguns canteiros irrigados com o modo anterior feito pelo agricultor, constava que havia um excesso de água no substrato, podendo prejudicar as plantas.

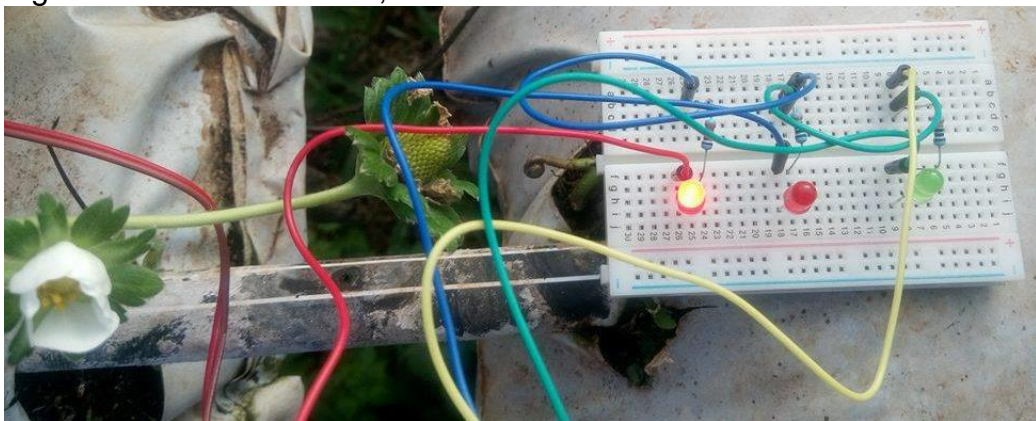
Figura 19 – LED verde aceso, excesso de água.



FONTE: Elaborada pelo autor.

O protótipo garantiu que não obtivesse um solo seco ou muito úmido, pois no momento que o primeiro LED de cor vermelha acendia (Figura 20) a bomba era ligada pelo agricultor durante os 4 minutos.

Figura 20 – LED vermelho, indicando falta de umidade

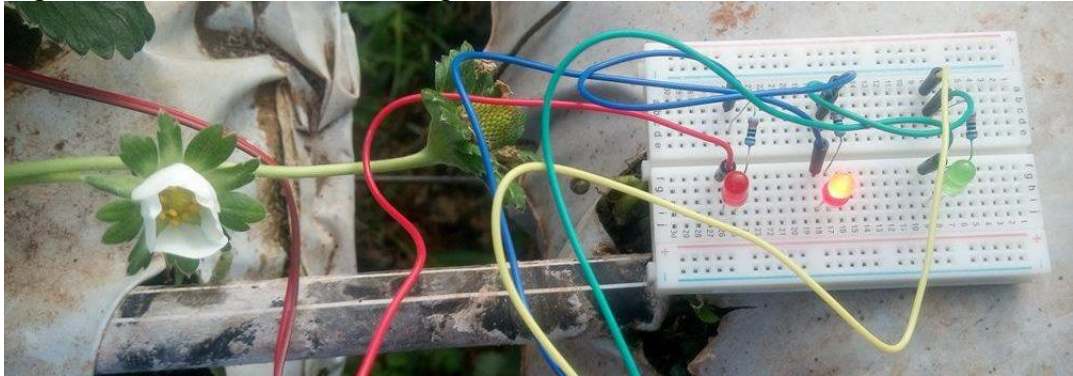


FONTE: Elaborada pelo autor.

Enquanto o LED do meio (Figura 21) se mantinha aceso assegurava que a

umidade estava equilibrada para a plantação, o que varia entre 50% a 60% de úmido.

Figura 21 – LED do meio assegurando uma boa umidade



FONTE: Elaborada pelo autor.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste projeto foi desenvolvido um protótipo a fim de controlar a umidade no sistema de irrigação em uma plantação de morangos, objetivando realizar um melhor aproveitamento dos recursos hídricos de cada sistema de irrigação, reduzindo o consumo de água, por meio de teses experimentais.

Com o levantamento de dados sobre os métodos de irrigação, o método por gotejamento é o mais usado para irrigação de estufas pela eficiência do uso da água, facilidade de se aplicar fertilizantes via água (fertirrigação), baixo custo operacional e de manutenção.

O sistema foi desenvolvido para plantações de morango em estufas com substratos, com slabs. Foram utilizados um microcontrolador e sensores de umidade, para o controle do sistema através da umidade.

Foi possível concluir que o elemento final de controle com o sensor de umidade, foi 21,33% mais eficiente que a maneira que era utilizada pelo agricultor, obtendo melhor índice de racionamento de água. A partir desses resultados controlando a umidade do solo, pode-se certificar-se uma boa umidade do solo sem escassez ou excesso de água e com isso possibilita a expansão do plantio de forma padronizada e com economias.

O desenvolvimento deste protótipo é apenas o começo para o desenvolvimento de um projeto capaz de favorecer agricultores e diminuir o consumo de água assim como tempo de mão-de-obra. Além de ser aplicável para outras culturas.

De modo que para um trabalho futuro mais complexo, pode-se citar:

- a) tornar o acionamento da irrigação automática através da conexão de arduino com a bomba;
- b) implementação de um LCD para que o usuário acompanhe e monitore o sistema sem precisar acessá-lo pelo computador;
- c) padronizar a implantação do protótipo de forma que fique mais fácil expandir a plantação.

REFERÊNCIAS

- ANGELOTTI NETTO, A.; FERNANDES, E. J. Condutividade hidráulica de um Latossolo Vermelho em pousio e cultivo intensivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 8, p797-802, 2005. Disponível em: <goo.gl/Fshkta>. Acesso em: 14 nov. 2016.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 4. ed. Viçosa-MG: UFV, 1995.
- BORTOLOZZO, A. R.; BERNARDI, J. Produção de morangos no sistema semi-hidropônico. **sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br**, 2006. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/MorangoSemIHidroponico/custo.htm>. Acesso em: 14 nov. 2016.
- BRASIL, R.P.C. et al. Avaliação de vacuômetros de Bourdon utilizados em tensiômetros no manejo da irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2002, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2003.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Normais climatológicas**: 1961-1990. Brasília, DF: EMBRAPA/DNMET, 1992. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas >. Acesso em: 23 jan. 2017.
- CASSEL, D. K.; KLUTE, A. Water potential: Tensiometry. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**: physical, chemical and mineralogical methods. Madison: American Society of Agronomy, 1986. cap. 23, p.563-596.
- CASTRO, J. **Sistemas de Fertilização através da irrigação**. Jaboticabal: UNESP, 2001.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1998. (FAO. Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 33).
- ELÉTRICOS, Multilógica Comércio de Materiais. **Sensor de umidade do solo**. Disponível em: <https://multilologica-shop.com/sensor-de-umidade-do-solo>. Acesso em: 19 maio 2017.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf> Acesso em: 15 maio 2017
- ESSERT, S.; HOPMANS, J. W. **Combined tensiometer - solution sampling probe**. Soil & Tillage Research, v.45. 1998. p.299-309. HUBBELL, J.M.; SISSON, J.B. Advanced tensiometer for shallow or deep soil water potential measurements.

Soil Science. v. 163, n.4. 1998.

FARIA, R. T. de; COSTA, C. S. da. **Tensiômetro**: construção, instalação e utilização - um aparelho simples para se determinar quando irrigar. Londrina: IAPAR, 1987. (Circular Técnica, 56).

GOMIDE, R. L. Monitoramento automático de fluxo de seiva com sondas de balanço de energia e caracterização de estresse hídrico de duas linhagens de milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002.

GOMIDE, R.L. Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998.

KLEIN, V.A. Sistema automático de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001.

KLEIN, V. A Uma Proposta de Irrigação Automática Controlada por Tensiômetros. **Rev. Bras. Agrociênc.**, Pelotas, v.7 n 3, p.231-234, set./dez. 2001. Disponível em: <<http://www2.ufpel.edu.br/faem/agrociencia/v7n3/artigo15.pdf>>. Acesso em: 15 Mar. 2017

LIBARDI P.L. Aferição do controle da irrigação feito pelos agricultores utilizando tensiômetros de faixas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PRODUTORES IRRIGANTES, 5., 1994. São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPT, 1992.

LAMM, F. R.; CAMP, C. C. Subsurface drip irrigation. In: LAMM, F. R.; AYARS, J. E.; NAKAYAMA, F. S. (Org.). **Microirrigation for crop production**: design, operation, and management. Amsterdam: Elsevier, 2007.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. 2. ed. Piracicaba: O autor, 1999.

MACEDO JUNIOR, E. K. **Comportamento biofísico e agrônômico de plantas de feijoeiro** (*Phaseolus vulgaris* L.) submetidas a cinco níveis de tensão matricial da água no solo. 1993. 103 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1993. **Disponível em:**

MARTHALER, H.P. et al. A pressure transducer for field tensiometers. **Soil Science Society Am. J.**, Madison, v.47, n. 4, p.624-627, 1983. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/47/4/SS0470040624?access=0&view=pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

MATHIAS, J. Como plantar morango. **revistagloborural.globo.com**, 2013. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/vida-na-fazenda/como-plantar/noticia/2013/12/como-plantar-morango.html>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

MESSIAS, A.R. **LptWireless – Controlando 8 dispositivos via RF (RR3 e RT4)**.

Disponível em: <http://rogercom.com./pparalela/LptWireless.htm>. Acesso em: 3 nov. 2016.

MIRANDA, Rafael Loshiavo. **O que é Hidroponia?** Disponível em: <https://rafaelloschiavo.com/>. Acesso em: 26 mar. 2017.

MORANGO lidera lista de produtos com alto índice de agrotóxicos no Paraná. **jornadaagroecologia.com.br**, 2013. Disponível em: <http://www.jornadaagroecologia.com.br/?p=2706>. Acesso em: 02 nov. 2016.

MORRETI, José Antonio. **Tecnologia na utilização de fertilizantes na presença da irrigação**. Jaboticabal: UNESP, 2000.

NYHAN, J.W. & DRENNON, B.J. **Tensiometer data acquisition system for hydrologic studies requiring high temporal resolution**. Soil Science Society Am. J. v.54. 1990. p.293- 296.

OSSENFELD, B.R.; DÍAS, H.; GENOVA, L. **Avances operativos del sistema de riego ecológico autónomo**. In: Avances en Ingenieria Agrícola. Cadir 2000. Buenos Aires, p. 399-404, 2000.

PIRES, Regina C. de M. et al. **Métodos e manejo da irrigação**. 1999. Disponível em: <http://www.ciiagro.org.br/janeladofruticultor/definicoes/irrigacao.doc>. Acesso em: 14 nov. 2016.

QUEIROZ, T.M. de; GIACOMIN, J.C.; RABELO, G.F.; BRAGA JUNIOR, R.A. **Circuito eletrônico para controle automático, em malha fechada, de sistemas de irrigação através de tensiômetros**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. Anais... Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002.]

RAIO, Carlos. **Recomendações de adubação e irrigação para a cultura maracujá**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1999.

RAPOSO, J.R. *A rega por aspersão*. Lisboa: Livraria Clássica, 1979.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987.

REVISTA CAMPO & NEGÓCIOS. Uberlândia: Agrocomunicação, 2017.

ROSENFELD, B.R.; Días, H. *Sistema de riego ecológico autónomo: uma alternativa en irrigación localizada*. In: CADIR y CLIR 98. Anais... La Plata, 1998.

SAAD, A.M. & LIBARDI, P.L. **Uso práctico do tensiômetro pelo agricultor irrigante**. IPT 2002. São Paulo, 1992. 27p.

SAAD, A.M.; LIBARDI, P.L. **Aferição do controle da irrigação feito pelos agricultores utilizando tensiômetros de faixas**. São Paulo: IPT, 1994. 14 p. (Publicação, 2147)

SANTOS, D.S. dos. **Efeitos da tensão de água no solo, na cultura do pepino**

(Cucumis sativus L.), utilizando sistema de irrigação automatizado. 2002. 60 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. **Irrigação do feijoeiro.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 230 p.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, C. **Efeitos da tensão da água do solo sobre a produtividade e o crescimento do feijoeiro.** I. Produtividade. In: TEIXEIRA, A.S.; COELHO, S.L. **Desenvolvimento e calibração de um tensiômetro eletrônico de leitura automática.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.2, p.367-376, 2005. VILELA, L.A.A. Metodologia para dimensionamento de um sistema de pulverização acoplável a pivô central. 2002. 127 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

TEC, Plant. **Estufa para morango:** Estufas Agrícolas. Disponível em: <<http://www.planttec.com.br/estufa-para-morango.asp#all>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

TECNYLAB. **Tensiômetro.** Disponível em: <<http://www.tecnylab.es/es/equipos-agricultura/4601-tensiometro-irrometer-isr-150.html>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

THOMSEN, Adilson. Arduino. Disponível em: <<http://blog.filipeflop.com/arduino/>>. Acesso em: 27 fev. 2017.

UEIROZ, T.M. **Avaliação de sistema alternativo de automação da irrigação na cultura do Feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.).** 2004. 120f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

VILLAGRA, M. de las M. **Variabilidade de medidas de tensiômetro em terra roxa estruturada.** 1988. 64 f. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

VILMES, João. **Fontes e métodos de aplicação de nutrientes através ferti-irrigação.** Piracicaba.ESALQ, 1999.

XAVIER, A.C.; COELHO, R.D.; LOURENÇO, L.F.; MACHADO, R.E. **Manejo da irrigação em pastagem irrigada por pivô central.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.8, n.2/3, p.233-9, 2004.

ANEXO

Programa: Controle de umidade usando Arduino

```
#define pino_sinal_analogico A0
#define pino_led_vermelho 5
#define pino_led_amarelo 6
#define pino_led_verde 7

int valor_analogico;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pino_sinal_analogico, INPUT);
  pinMode(pino_led_vermelho, OUTPUT);
  pinMode(pino_led_amarelo, OUTPUT);
  pinMode(pino_led_verde, OUTPUT);
}

void loop()
{
  //Le o valor do pino A0 do sensor
  valor_analogico = analogRead(pino_sinal_analogico);

  //Mostra o valor da porta analogica no serial monitor
  Serial.print("Porta analogica: ");
  Serial.print(valor_analogico);

  //Solo umido, acende o led verde
  if (valor_analogico > 0 && valor_analogico < 400)
  {
    Serial.println(" Status: Solo umido");
    apagaleds();
  }
}
```

```
digitalWrite(pino_led_verde, HIGH);
}

//Solo com umidade moderada, acende led amarelo
if (valor_analogico > 400 && valor_analogico < 800)
{
  Serial.println(" Status: Umidade moderada");
  apaga leds();
  digitalWrite(pino_led_amarelo, HIGH);
}

//Solo seco, acende led vermelho
if (valor_analogico > 800 && valor_analogico < 1024)
{
  Serial.println(" Status: Solo seco");
  apaga leds();
  digitalWrite(pino_led_vermelho, HIGH);
}
delay(100);
}

void apaga leds()
{
  digitalWrite(pino_led_vermelho, LOW);
  digitalWrite(pino_led_amarelo, LOW);
  digitalWrite(pino_led_verde, LOW);
}
```