



PROTÓTIPO DE IRRIGAÇÃO INTELIGENTE BASEADO NO MÉTODO DA TENSÃO DE ÁGUA NO SOLO

Eduardo M. Rodrigues*¹, Rafael B. Queiroz ¹, Leandro A. Silva¹, Lidiana M. Sousa¹ e Antonio C. L. Júnior¹

¹FACTHUS – Faculdade de Talentos Humanos

Resumo - Objetivou-se com este protótipo, facilitar o cultivo de hortaliças para consumo próprio utilizando a Internet das Coisas (IoT). O protótipo é uma estufa inteligente que utiliza a placa Arduino como plataforma de prototipagem eletrônica e se conecta à internet através do protocolo IEEE 802.11, conhecido como *Wi-Fi*, um sensor higrômetro capacitivo e um termistor NTC 10k para fornecer dados à plataforma através das portas analógicas, realizando as ações necessárias baseadas em pesquisas científicas. O usuário tem acesso remoto em seu smartphone a todos os dados, além de enviar ações, como irrigar ou interromper uma irrigação, este também recebe alertas de umidade e temperaturas anormais. Realizou-se a calibração do sensor de umidade capacitivo através da determinação da umidade pelo método de pesagem das amostras molhadas e secas, a irrigação é por microaspersão e o método da tensão de água no solo é utilizado para determinar a necessidade de irrigação.

Palavras-Chave - Agricultura inteligente; Controle de umidade do solo; Internet das Coisas (IoT); Irrigação inteligente; Sustentabilidade.

INTELLIGENT IRRIGATION PROTOTYPE BASED ON THE SOIL WATER TENSION METHOD

Abstract - The objective of this prototype was to facilitate the cultivation of vegetables for own consumption using the Internet of Things (IoT). The prototype is an intelligent greenhouse that uses an Arduino board as an electronic prototyping platform and connects to the internet through the IEEE 802.11 protocol, known as *Wi-Fi*, a capacitive hygrometer sensor and an NTC 10k thermistor to provide data to the platform through the ports analogue, carrying out the actions covered in scientific research. The user has remote access on his smartphone to all data, in addition to sending actions, such as irrigating or interrupting an irrigation, he also receives alerts of humidity and abnormal changes. The capacitive humidity sensor was calibrated through the

*eduardomartinsrodrigues@hotmail.com

determination of humidity by the wet and dry weighing method, irrigation is by micro-sprinkling and the method of water tension in the soil is used to determine the need for irrigation.

Keywords - Smart agriculture; Soil moisture control; Internet of Things (IoT); Smart irrigation; Sustainability.

I. INTRODUÇÃO

A saída de muitas pessoas do campo e a vinda para cidades fez com que estas tivessem a sua própria horta em casa, pois se trata de uma questão cultural [1]. Devido a vida agitada, o tempo para cuidar desta horta se torna escasso e, na maioria das vezes, as pessoas desistem de produzir o seu próprio alimento, passando a consumir alimentos com agrotóxicos e industrializados, o que pode ocasionar grandes problemas de saúde [2].

Quando é mencionado a palavra horta, de imediato, lembra-se de irrigação. Irrigação é mais do que apenas jogar água, envolve todo um sistema que deve ser planejado de forma a se obter o melhor rendimento da planta [3]. Por ser algo bem complexo, na maioria das vezes, a irrigação é realizada de forma imprecisa.

Em [4] verificou-se a determinação de 3 estados para o solo, sendo definidos como: solo seco, solo normal e solo encharcado, para a automação da irrigação. No entanto, não foi realizado um estudo mais detalhado sobre a demanda hídrica das plantas [5].

Em [6] realizou-se a leitura do higrômetro, para tanto, a leitura não levou em consideração que cada tipo de solo possui características físicas e químicas diferentes, o que aponta um problema na pesquisa realizada pelos autores no sentido de não terminar a real necessidade de irrigação [7].

A irrigação é o ponto chave do desenvolvimento de uma cultura. O uso das tecnologias de irrigação chega a ser até mais importantes do que se ter um solo fértil [8]. Essa importância foi a motivação para desenvolver o melhor manejo de irrigação neste trabalho, a fim de obter o melhor desempenho da cultura utilizando as tecnologias à disposição.

Para solucionar problemas, como a falta de tempo das pessoas, satisfazer a vontade de cultivar por conta própria e irrigar da maneira ideal, sem desperdícios ou escassez de água

para a planta, este trabalho apresenta um sistema de irrigação inteligente utilizando o método da tensão de água no solo [9]. Onde o protótipo realiza a irrigação apenas quando necessária e controla a umidade do solo de acordo com a necessidade de cada planta, enviando ao usuário informações de umidade e temperatura, além de enviar avisos de umidade e temperaturas críticas à planta, por meio da internet e autonomamente tomar as ações necessárias.

Para diferenciar este trabalho pesquisou-se a necessidade hídrica da planta e a temperatura ideal para cultivo da mesma, aferindo com exatidão a umidade do solo, que é um fator muito importante. Como forma de irrigação escolheu-se a micro aspersão, que propicia uma grande eficiência de aplicação [10].

Construiu-se um protótipo na forma de uma mini estufa, que poderá ser colocada dentro de uma pequena cozinha, de forma a não ocupar espaço e sempre estar fornecendo hortaliças frescas. Em grandes centros urbanos, será muito útil, para economia de tempo e certeza da qualidade da hortaliça a ser consumida.

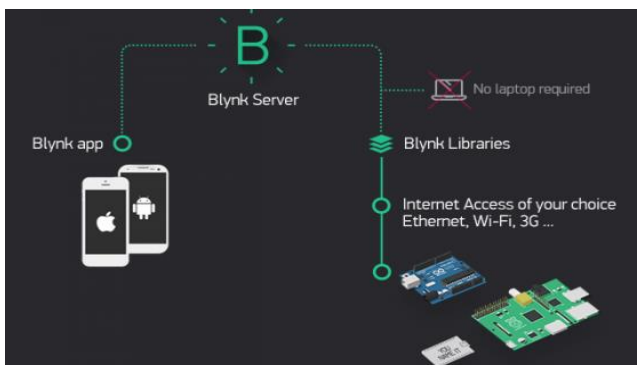
A seção 2 apresenta os materiais e a metodologia científica adotada para o desenvolvimento deste protótipo, na seção 3 tem-se a apresentação dos resultados e discussão dos mesmos e na seção 4 fez-se a conclusão deste artigo.

II. MATERIAIS E METODOLOGIA CIENTÍFICA

Para o desenvolvimento deste protótipo, utilizou-se um Arduino Uno R3, uma *Shield Wi-Fi ESP8266* módulo ESP-12E para Arduino, um higrômetro capacitivo, um termistor NTC 10k, um relé de 8 canais, uma fonte 12VDC 1A, uma fonte 5VDC 600mA, uma bomba de sucção 12v com vazão aferida de 120 l/h, um protoboard de 400 pontos, uma estufa de MDF (*Medium Density Fiberboard*), um reservatório para armazenamento de água, mangueira e um micro aspersor.

Com o intuito de acesso remoto através do *Smartphone* desenvolveu-se o programa através do aplicativo *Blynk*, que funciona conforme demonstrado na Figura 1. Onde a *Shield Wi-Fi ESP8266* módulo ESP-12E para Arduino está acoplada à placa do Arduino Uno R3 e conecta-se ao *Wi-Fi* através de bibliotecas específicas, assim ocorre a conexão com o servidor, permitindo o acesso remoto e controle do protótipo por parte do usuário.

Figura 1: Funcionamento do APP *Blynk* [11].



Na Figura 2 tem-se a tela do programa com as informações dos sensores, botões para comando e históricos do protótipo.

Figura 2: Tela do programa



Para a determinação da umidade do solo, utilizou-se o sensor ilustrado na Figura 3. Este foi escolhido, pois não apresenta o inconveniente da oxidação, o que diferentemente do sensor resistivo que rapidamente apresentou oxidação [12].

Figura 3: Sensor capacitivo de umidade do solo [13].



Após fazer o tratamento dos dados de forma a eliminar os ruídos e ter uma leitura confiável do sensor, fez-se a calibração do sensor capacitivo de umidade do solo baseando-se no sistema de pesagem da massa molhada e seca [14], calculando a porcentagem de água no solo conforme leitura do sensor.

A calibração do sensor consistiu na pesagem de nove amostras em uma balança de precisão e, após a pesagem, fez-se a leitura do valor apresentado pelo sensor, valor analógico, então anotou-se estes valores de peso e leitura do sensor de

cada amostra. Após a pesagem da amostra molhada fez-se a sua secagem em um forno micro-ondas até que o peso da amostra se estabilizasse, aproximadamente 10 minutos por amostra. Então refez-se a pesagem e leitura do sensor com a amostra seca, anotando os dados obtidos. O cálculo da umidade foi realizado através da Equação 1 e apresentado na Tabela 1 juntamente com os valores de peso e leitura do sensor com a amostra molhada e seca.

$$U = \frac{(Mm - Ms)}{Mm} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

U = umidade (%)
Mm = massa molhada (g)
Ms = massa seca (g)

Tabela 1: Valores obtidos para parametrização do sensor.

Amostra	Peso Molhado (g)	Leitura Sensor	Peso Seco (g)	Umidade (%)
1	151,6	569	134,8	14,63
2	168,2	536	145,2	18,05
3	153,8	548	130,9	19,65
4	142,3	562	123,6	17,35
5	160,9	541	132,7	23,13
6	175,8	519	139,2	27,48
7	172,6	489	131,9	31,13
8	187,5	482	139,2	34,00
9	175,0	450	125,6	37,26

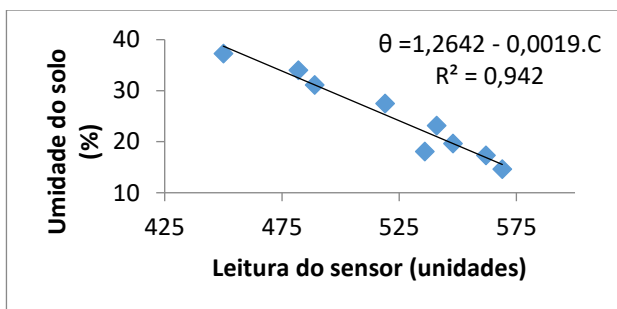
Esses dados posteriormente foram levados para o Excel, onde gerou-se a curva de tendência, Figura 4, e fez-se a regressão linear, demonstrada na Equação 2. A curva de tendência destes valores obteve um coeficiente de determinação (R^2) de 0,942, ou seja, essa equação explica 94,2% de todos os valores de umidades convertidos através da Equação 2 com base na leitura do sensor higrômetro.

$$\theta = 1,2642 - 0,0019 \cdot C \quad (2)$$

Onde:

θ = umidade com base em volume ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)
C = valor do sensor capacitivo

Figura 4: Regressão linear da umidade do solo com utilização do sensor capacitivo.



O emprego do forno micro-ondas para determinação do teor de umidade do solo é eficaz, além de reduzir o tempo e consumo de energia, comparado com o método tradicional da estufa [15].

O valor do Ponto de Murcha Permanente (PMP) da alface é de 13%, valor obtido em pesquisa [16]. Porém a umidade não pode atingir esse valor, pois é um ponto crítico para a planta, mas também não é viável deixá-la sempre na sua umidade de Capacidade de Campo (CC), afinal ficaria ligando e desligando repetidamente a irrigação.

O melhor desenvolvimento da alface americana aconteceu quando a tensão matricial do solo estava com 15 kPa, valor obtido após vários ensaios com tensões matriciais diferentes [17].

Na Equação 3 tem-se a equação da curva de retenção de água no solo, onde os coeficientes foram preenchidos conforme o solo de Uberaba/MG, latossolo vermelho distroférrico [18].

$$\theta = \frac{0,375}{[1 + (0,985 \cdot \psi m)^{6,917}]^{0,127}} + 0,238 \quad (3)$$

Onde:

θ = umidade do solo ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)
 ψm = tensão matricial (kPa)

Utilizando a fórmula de conversão de tensão matricial para a umidade do solo, Equação 3, foi possível obter a CC ideal para a alface, que é de 27,2%.

O programa verifica a cultura escolhida, faz a média móvel da leitura do sensor e converte esse valor de média móvel para umidade através da Equação 2. A irrigação inicia quando o valor de umidade obtido através do sensor estiver abaixo de 20,1%, que é metade da umidade entre a CC e a PMP. Se houver necessidade de irrigação, o Arduino aciona o módulo relé, utilizado para ligar a bomba de sucção que funciona até a umidade atingir a umidade de CC, e assim, a irrigação não ocorre novamente até que a umidade fique abaixo do valor necessário para irrigação. Realizou-se a verificação da vazão da bomba através do método de cronometrar o tempo que a mesma gasta para encher um recipiente de 10 litros e então calcula-se a sua vazão em litros por hora (l/h).

A irrigação foi realizada através de um micro aspersor, que é considerado uma forma de irrigação localizada e uma das melhores forma de irrigação, pois economiza água e irriga diretamente o sistema radicular da planta, assim obteve-se um melhor resultado na irrigação [19].

A temperatura ideal encontrada em pesquisas para o cultivo da alface é de 4 °C a 27 °C [20]. Então quando a temperatura estiver abaixo de 4 °C e acima de 27 °C é enviado um alerta para o usuário do programa. No caso de temperatura abaixo de 4 °C não se implementou nenhuma ação, porém caso a temperatura esteja acima de 27 °C implementou-se a ação de irrigar por 1 minuto a cada hora, desde que não ultrapasse a CC.

Montou-se o sistema em uma bancada para testes, onde fez-se vários testes com várias amostras de umidade conhecidas e diferentes do solo para comprovar a calibração do sensor. Na Figura 5 tem-se o esquema elétrico do circuito projetado.

Figura 5: Esquema elétrico.

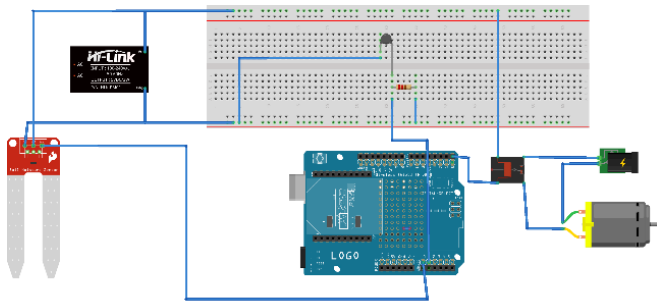


Figura 6: Plantas da estufa sem irrigação automatizada após três dias sem irrigação.



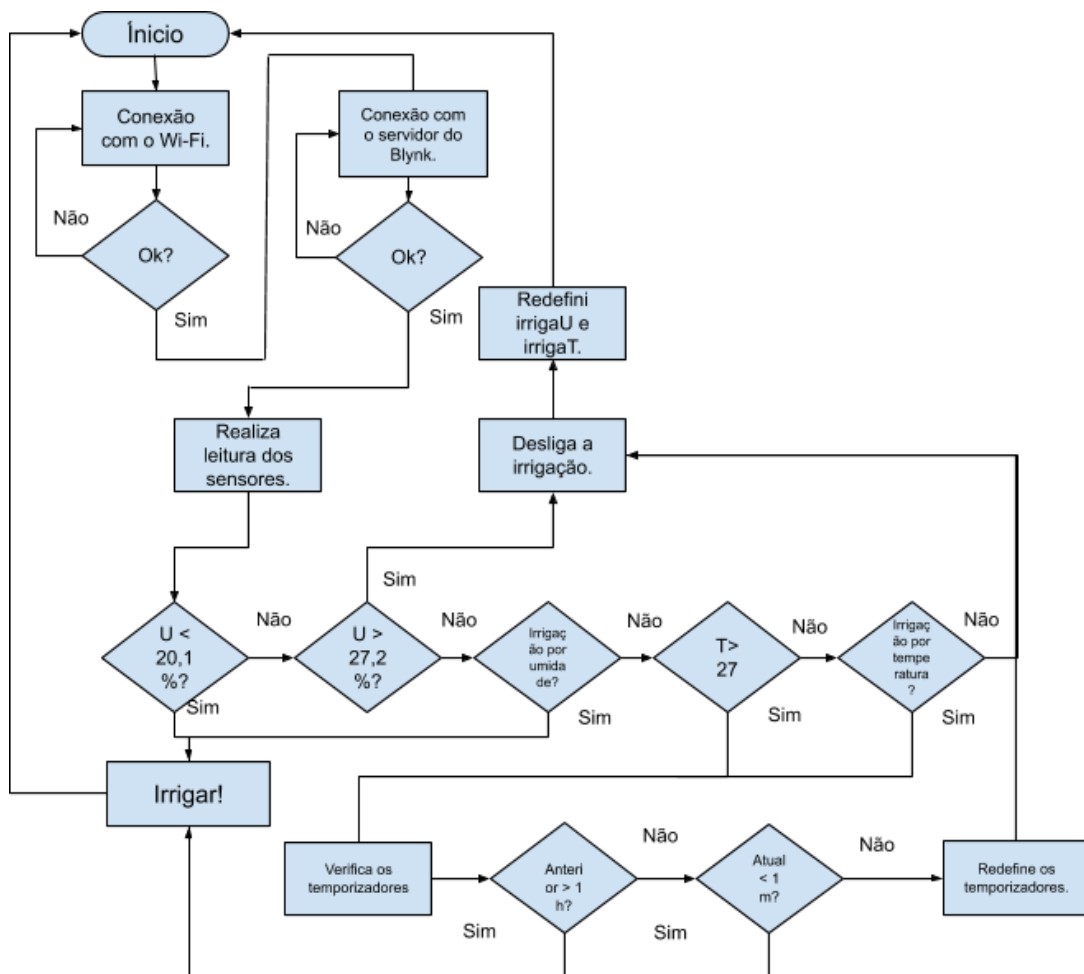
Após analisar todo material teórico pesquisado, desenvolver uma lógica de manejo de irrigação eficiente, desenvolver o esquema elétrico e a montagem da estufa, fez-se o plantio da alface em duas estufas, uma com e outra sem a irrigação automatizada. Do terceiro ao quinto dia de experimento não foi possível fazer o acompanhamento das estufas, então não se coletou dados de crescimento e não irrigou-se as plantas da estufa sem irrigação automática que vieram a murchar, demonstrado na Figura 6. Porém as plantas da estufa com irrigação automática tiveram o seu suprimento de água normal através do acompanhamento da umidade do solo pelo sensor e realização da irrigação através da bomba de sucção.

Na Figura 7 tem-se o diagrama de funcionamento do protótipo, indicando todas as ações a serem tomadas conforme leitura dos sensores.

Caso a umidade esteja inferior à 20,1%, a irrigação é iniciada, ativa-se o modo irrigação por umidade e então retorna-se ao início do programa.

Caso a umidade esteja superior à 20,1% é feita a comparação com o valor de CC, ou seja, se a umidade estiver superior a 27,2% a irrigação é desligada, redefine-se os modos de irrigação por umidade e de irrigação por temperatura e retorna-se ao início do programa. Caso a umidade seja inferior a 27,2% é realizada a comparação do modo de irrigação por umidade, se a irrigação estiver ocorrendo por umidade ele a mantém ligada e retorna-se ao início do programa.

Figura 7 – Diagrama de funcionamento do protótipo.



Caso a irrigação por umidade retorne falso, é verificada a temperatura, se estiver superior a 27 °C, temperatura crítica da alface, é realizada a verificação dos temporizadores, ou seja, se a última irrigação ocorreu a mais de 1 hora, a irrigação é iniciada, ativa-se o modo de irrigação por temperatura e retorna-se ao início do programa.

Se a última irrigação foi a mais de uma hora e a irrigação atual tem menos que 1 minuto, mantém a irrigação ligada e retorna ao início, mas se a irrigação atual tem mais que 1 minuto, os temporizadores são redefinidos, desliga a irrigação, redefine os modos de irrigação e retorna-se o início, ou seja, a irrigação quando a temperatura está superior a 27 °C ocorre apenas por 1 minuto para amenizar o estresse por temperatura a cada 1 hora.

Se por algum acaso durante esse período de irrigação por temperatura, a temperatura fique inferior a 27 °C ao chegar na condição de temperatura e for retornado falso, é verificado se o modo de irrigação por temperatura é falso ou verdadeiro. Caso seja verdadeiro o código faz a verificação considerando que a temperatura ainda esteja superior a 27 °C, para que a irrigação ocorra por um minuto. Porém se retornar falso, os temporizadores são redefinidos, a irrigação é desligada, os modos de irrigação são redefinidos e retorna-se ao início do programa.

Acompanhou-se o desenvolvimento diário das duas estufas, anotando-se altura e diâmetro das plantas para serem comparadas, sendo utilizada a altura do solo até o pico da planta e o maior diâmetro de cada planta. A irrigação da estufa

sem irrigação foi realizada manualmente, com base no parâmetro ocular, ou seja, se o solo apresentava estar seco era realizada a irrigação.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 8 pode-se comparar visualmente a diferença do desenvolvimento das plantas nas duas estufas, sendo ao lado esquerdo a estufa sem irrigação automática e do lado direito a estufa com irrigação automática.

Todos os dados coletados de altura e diâmetro das plantas das estufas com e sem irrigação automatizada são demonstrados na Tabela 2. Com esses dados pode-se comparar o crescimento de altura e diâmetro das plantas de cada estufa, obtendo-se um resultado quanto à eficiência do uso da estufa comparado ao método tradicional.

Figura 8: Comparação das estufas



Tabela 2: Altura e diâmetro das plantas.

Data	Altura (cm)				Diâmetro (cm)			
	Protótipo		Estufa de comparação		Protótipo		Estufa de comparação	
	Planta 1	Planta 2	Planta 1	Planta 2	Planta 1	Planta 2	Planta 1	Planta 2
02/05/2020	8,0	8,0	6,0	8,0	10,0	8,0	9,0	5,0
03/05/2020	8,2	8,3	6,0	8,0	10,5	8,3	9,2	5,1
04/05/2020	*	*	*	*	*	*	*	*
05/05/2020	*	*	*	*	*	*	*	*
06/05/2020	*	*	*	*	*	*	*	*
07/05/2020	8,0	9,1	9,1	8,0	9,9	11,0	9,9	9,9
08/05/2020	8,3	9,2	9,1	8,1	10,3	11,4	10,3	10,4
09/05/2020	8,4	9,4	9,2	8,2	10,7	11,7	10,7	10,7
10/05/2020	8,6	9,4	9,2	8,3	11,1	11,0	11,1	11,0
11/05/2020	8,8	9,7	9,2	8,3	11,4	11,4	11,4	11,4
12/05/2020	8,9	9,9	9,3	8,5	11,9	11,7	11,7	11,6
13/05/2020	9,1	10,2	9,5	8,5	12,2	12,1	12,0	11,9
14/05/2020	9,4	10,4	9,5	8,6	12,3	12,5	12,3	12,3
15/05/2020	9,6	10,6	9,6	8,7	12,6	12,8	12,6	12,7
16/05/2020	9,9	11,2	9,7	8,7	12,9	13,4	12,9	13,0
17/05/2020	10,2	11,3	9,7	8,8	13,2	14,0	13,2	13,3
18/05/2020	10,4	11,4	9,7	8,9	13,9	14,6	13,5	13,5
19/05/2020	10,6	11,7	9,8	8,9	14,3	15,1	13,8	13,9
20/05/2020	11,0	12,0	9,9	8,9	14,8	15,7	14,1	14,2
21/05/2020	11,2	12,1	10,0	9,0	15,2	16,2	14,5	14,5
22/05/2020	11,4	12,3	10,1	9,1	15,9	16,8	15,0	14,9
23/05/2020	11,5	12,5	10,2	9,2	16,3	17,3	15,3	15,2
24/05/2020	11,7	12,7	10,3	9,3	16,9	17,9	15,6	15,6
25/05/2020	11,9	12,8	10,5	9,4	17,4	18,3	16,0	16,1
26/05/2020	12,1	13,0	10,6	9,5	17,9	18,8	16,5	16,7
27/05/2020	*	*	*	*	*	*	*	*
28/05/2020	12,5	13,5	10,8	9,7	18,7	20,7	17,5	17,8
29/05/2020	12,7	13,7	10,9	9,8	19,2	21,1	18,0	18,2
30/05/2020	12,8	13,9	10,9	9,8	19,7	21,6	18,4	18,6
31/05/2020	13,0	14,0	11,0	10,0	20,0	22,0	19,0	19,0

* Não foi feito o acompanhamento neste dia.

Analisando os dados obtidos nota-se que na estufa não automatizada obteve um desenvolvimento médio de 0,81mm/dia na altura das plantas e de 3,8mm/dia no diâmetro das plantas, enquanto que no protótipo obteve um desenvolvimento médio de 2,06mm/dia na altura das plantas e de 4,4mm/dia no diâmetro das plantas, ou seja, houve um ganho superior de 60,68% no crescimento médio diário de altura e de 53,18% no crescimento médio diário de diâmetro.

IV. CONCLUSÕES

O protótipo tem o propósito de monitorar a umidade e a temperatura da estufa, para que se possa irrigar de forma eficiente alcançando o melhor desempenho das plantas, com o objetivo de trazer mais facilidade para o cultivo de hortaliças para consumo próprio.

Diante do exposto, ele monitora a umidade do solo e tem exatidão na medição desta grandeza, com isso, tem-se o total controle sobre o momento ideal para realizar a irrigação e assim evitar um estresse hídrico na planta, cuidado este não tomado em outros trabalhos.

Conclui-se que o protótipo traz praticidade para o cultivo e um melhor desempenho em comparação com o método tradicional de irrigação como pode ser verificado nos resultados obtidos.

Porém, como todo projeto tem algo a ser melhorado, a sugestão é o aprofundamento da pesquisa em relação a aplicação de nutrientes necessários e de forma autônoma, além de melhorar o banco de dados do protótipo.

REFERÊNCIAS

- [1] ALMEIDA, D. Agricultura urbana e segurança alimentar em Belo Horizonte: cultivando uma cidade sustentável. *Revista Agrícolas: experiências em agroecologia*, p. 25-28, 2004.
- [2] ENES, C. C.; SLATER, B. Obesidade na adolescência e seus principais fatores determinantes. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 163-171, Março 2010.
- [3] LEMOS FILHO, M. A. F. *Irrigação: a importância de um bom negócio*. Ilha Solteira: Informativo Bons Negócios, 2000.
- [4] MEIRELES, G. C. S.; SANTOS, R. B.; PEREIRA, C. C. Sistema de irrigação automatizado utilizando Arduino uno. *Anais da Mostra Nacional de Robótica (MNR)*, Curitiba, v. 7, p. 327-330, 2017.
- [5] CARVALHO, I. R.; KORCELSKI, G. P.; HANUS, A. D.; ROSA, G.M. *Demanda hídrica das culturas de interesse agrônomo*. Enciclopédia Biosfera – Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 969-985, 2013.
- [6] SAMBONGO, E. T. T.; MUXITO, E. M.; SILVA, A. M.; DUARTE, C.; ARAGÃO EDUARDO, A. A. IoT na agricultura – automação de pivôs e canais de irrigação com Arduino e webservice. In: III Congresso Internacional Adventista de Tecnologia (CIAT). *Anais eletrônico [...]* São Paulo: CUASP. V.3, p. 9, 2018.
- [7] SUDDUTH, K. A.; COZINHA, N. R.; WIEBOLD, W. J.; BATCHELOR, W. D.; BOLLERO, G. A.; BULLOCK, D. G.; CLAY, D. E.; PALM, H. L.; PIERCE, F. J.; SCHULER, R. T.; THELEN, K. D. Relating apparent electrical conductivity to soil properties across the north-central USA. *Computers and electronics in agriculture*. Elsevier, n. 46, p. 263–283, 2005.
- [8] AQUINO, G. H. Estufa Automatizada Para Cultivo De Plantas: Sistema De Coleta De Dados. In: Congresso Nacional de Iniciação Científica. Campinas. *Anais eletrônico[...]* Campinas: FAC3. v. 1, p. 9, 2013.
- [9] MAROUELLI, W. A.; CALBO, A. G. *Manejo de irrigação em hortaliça*. Brasília: EMBRAPA-SPI. p. 75, 1996.
- [10] BARRETO FILHO, A. A.; NETO, J. D.; MATOS, J. A.; GOMES, E. M. Desempenho de um sistema de irrigação por micro aspersão, instalado a nível de campo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 309-314, Dezembro 2000.
- [11] SERRANO, T. Introdução ao Blynk APP. *Embarcados*, 2019. Acedido em 05 de Abril de 2020, em: <https://www.embarcados.com.br/introducao-ao-blynk-app/>.
- [12] REIS, J. *Sistema de controle aplicado à automação de irrigação agrícola*. 2015. f. 73. Trabalho de conclusão de curso (Tecnólogo em automação industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procopio, 2015.
- [13] SOUSA, F. Sensor de umidade capacitivo para solo. *Mundo projetado*, 2019. Acedido em 31 de Março de 2020, em: <http://mundoprojetado.com.br/sensor-de-umidade-capacitivo-para-solo/>.
- [14] KLAR, A. E.; VILLA NOVA, N. A.; MARCOS, Z. Z.; CERVÉLLINI, A. Determinação da umidade do solo pelo método das pesagens. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, Piracicaba, v. 23, 1966, p. 15-30.
- [15] RODRIGUES, M. G. A.; ARAUJO, G. L. Determinação da umidade do solo por meio de forno micro-ondas. *Anais do seminário científico do UNIFACIG*, Manhuaçu, n. 2, p. 119-122, 2016.
- [16] ALBUQUERQUE, P. E. P. *Estratégias de Manejo de Irrigação: Exemplos de Cálculo*. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA, 2010
- [17] SANTOS, S.R.; PEREIRA, G.M. Comportamento da alface tipo Americana sob diferentes tensões da água no solo, em ambiente protegido. *Revista Engenharia Agrícola*. Jaboticabal, SP, v. 24, n. 3, p. 569-577, 2004.
- [18] FIGUEIREDO, P.I.; SGOBI, M. A.; SANTANA, M. J.; PIZOLATO, A. N.; SILVA, F. M. Fator de disponibilidade de água no solo para a cultura do tomate de mesa irrigado. *Horticultura Brasileira*, Uberaba, v. 29, n. 2, p. 3454-3461, Julho 2011.
- [19] BISCARO, G. A. *Sistema de irrigação localizada*. Dourados, MS: Editora da UFGD. p. 264, 2014.
- [20] FAVARATO, L. F.; GUARÇONI, R. C.; SIQUEIRA, A. P. O.; SOUZA, J. L. Influência de diferentes sistemas de cultivo de alface de outono/inverno sobre variação do solo e planta. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. *Anais eletrônico [...]* São José dos Campos. v. 21, p. 17, 2017.