



PAULO ROBERTO STERZECK

**EMPREGO DO ARDUINO PARA A AUTOMATIZAÇÃO DE
UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**

Santo André
2021

PAULO ROBERTO STERZECK

**EMPREGO DO ARDUINO PARA A AUTOMATIZAÇÃO DE
UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Anhanguera, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Carlos Junior

Santo André
2021

Dedico este trabalho a Roberto Sterzeck.
Que lamento não estar presente em
minha vida hoje.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado saúde e discernimento neste período.

A esta universidade, seu corpo docente e todos seus colaboradores.

Ao meu orientador Professor Carlos Junior, pelo suporte prestado.

A minha família pelo apoio incondicional.

E a todos que de alguma forma estiveram envolvidos em minha formação.

“Como as plantas, a amizade não deve ser
muito nem pouco regada”
(Carlos Drummond de Andrade)

RESUMO

Através do Arduino o indivíduo consegue compreender rapidamente as noções básicas de sensores e de eletrônica, permitindo-lhes criar protótipos a custos acessíveis. Com esses dispositivos é possível construir estufas agrícolas para controlar e monitorar diversos parâmetros ambientais como a irrigação a fim de que se tenha uma boa produção, por exemplo. Diante disso esse trabalho teve como objetivo compreender as características que tornam o Arduino uma excelente opção para ser empregado na automatização dos sistemas de irrigação. Para isso realizou-se uma pesquisa de revisão bibliográfica consultando os principais trabalhos acadêmicos que tratam do tema. Assim, foi possível constatar que o Arduino consiste em uma alternativa interessante para promover a automação dos sistemas de irrigação, uma vez que apresenta uma excelente relação custo *versus* benefício. Além disso é relativamente simples programá-lo, o que pode ser um benefício, pois é consegue-se otimizar a cadeia produtiva e assegurar a produtividade da cultura a fim de assegurar uma maior competitividade dos pequenos e médios produtores.

Palavras-chave: Arduino. Irrigação. Automação.

ABSTRACT

Through Arduino, individuals can quickly understand the basics of sensors and electronics, allowing them to create prototypes at affordable costs. With these devices it is possible to build agricultural greenhouses to control and monitor various environmental parameters such as irrigation in order to have a good production, for example. Therefore, this work aimed to understand the characteristics that make Arduino an excellent option to be used in the automation of irrigation systems. For this, a bibliographic review research was carried out, consulting the main academic works that deal with the subject. Thus, it was possible to verify that Arduino is an interesting alternative to promote the automation of relation systems, since it presents an excellent cost versus benefit ratio. Furthermore, it is relatively simple to program, which can be a benefit, as it is possible to optimize the production chain and ensure the productivity of the crop in order to ensure greater competitiveness of small and medium-sized producers.

Keywords: Arduino. Irrigation. Automation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Irrigação convencional.....	17
Figura 2 – Irrigação por pivô central	17
Figura 3 – Irrigação por gotejamento.....	19
Figura 4 – Microaspersão.....	20
Figura 5 – Processo de conversão de uma grandeza física em sinal elétrico	21
Figura 6 – Exemplo de aplicação do sensor discreto ou digital	23
Figura 7 – Oscilação de uma grandeza física (temperatura) de modo analógico.....	24
Figura 8 – Arduino.....	26
Figura 9 – Diagrama de blocos do Arduino	27
Figura 10 – Interface IDE	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Produção das culturas nas condições com e sem irrigação.....	15
Quadro 2 – Principais características da irrigação por gotejamento e por microaspersão	18
Quadro 3 – Principais características dos sensores discretos do tipo eletrônicos e eletromecânicos.....	23

LISTA DE SIGLAS

IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 PROCESSO DE IRRIGAÇÃO.....	14
2.1 IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO.....	16
2.1 IRRIGAÇÃO LOCALIZADA.....	18
3 CARACTERÍSTICAS DOS SENSORES QUE PODEM SER EMPREGADOS NA AUTOMAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO	21
3.1 SENSORES DISCRETOS OU DIGITAIS	22
3.2 SENSORES ANALÓGICOS.....	24
4 ARDUINO E SEUS ASPECTOS CONSTRUTIVOS E PROGRAMÁTICOS	26
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

Qualquer campo de conhecimento necessita de tecnologia para se desenvolver e na agricultura isso é ainda mais necessário a fim de alavancar os resultados da lavoura. Grande parte dos produtores tem investido nessa área para potencializar a produtividade e a qualidade das suas culturas. Com isso emerge a agricultura de precisão que passou a conquistar espaço significativo no mercado nos últimos anos, uma vez que emprega tecnologias para potencializar a produção e diminuir os custos. Um elemento importante que tem elevado as possibilidades da agricultura de precisão é o Arduino, especialmente em projetos de automatização de irrigação. Através dessa ferramenta consegue-se desenvolver equipamentos eletrônicos com custos reduzidos e com a mesma capacidade de dispositivos de ponta. Destaca-se que o Arduino foi concebido para ser uma maneira barata e simples para permitir que pessoas comuns e com algum nível de conhecimento de automação e eletrônica possam atuar nesse campo.

A agricultura é essencial para o desenvolvimento da humanidade, através dela o ser humano consegue movimentar a economia, se alimentar, entre outras coisas. Frente ao crescimento da população mundial é preciso acelerar a produção das culturas e isso é possível graças ao uso das tecnologias. Normalmente, as tecnologias custam caro, mas existem formas alternativas e eficientes de automatizar uma lavoura. Através do Arduino, por exemplo, tem-se uma ferramenta relativamente simples e útil que pode auxiliar e facilitar a realização de uma série de atividades como a irrigação. Além disso, este trabalho traz contribuições para a comunidade acadêmica e para a sociedade. No primeiro caso mais conhecimento científico é gerado, permitindo que se estimule a criação de pequenos projetos para fomentar a disseminação do Arduino na agricultura de precisão. Quanto à sociedade, evidencia-se que há possibilidades para tentar sanar o problema da oferta maior do que a procura, ou seja, o fato de que se tem extraído mais da natureza do que ela consegue repor. Vale apontar que paralelamente a isso é necessário pensar outras formas para impedir que esse problema continue ocorrendo.

A agricultura tem evoluído de forma significativa nos últimos anos graças à inserção das tecnologias. Porém, os dispositivos utilizados para o desenvolvimento do setor são caros, fazendo com que os pequenos produtores se tornem menos

competitivos por não terem acesso a tal instrumento. Frente a isso é importante encontrar maneiras de permitir a inserção das pequenas empresas rurais na economia e estimular o seu desenvolvimento e uma forma de solucionar esse problema pode se dar através das tecnologias de baixo custo. Assim, este trabalho buscou investigar um problema, apresentado em forma de pergunta, quais as características do Arduino que lhe permite ser utilizado para a automatização de um sistema de irrigação?

Já o objetivo geral foi compreender as características que tornam o Arduino uma excelente opção para ser empregado na automatização dos sistemas de irrigação. Os objetivos específicos, por sua vez foram analisar o processo de irrigação, apontar as principais características dos sensores que podem ser empregados na automação de um sistema de irrigação e compreender o Arduino e seus aspectos construtivos e programáticos.

Para a realização deste trabalho realizou-se uma pesquisa de revisão bibliográfica consultando os principais trabalhos acadêmicos que tratam do assunto de interesse (uso do Arduino para a automatização de sistemas de irrigação). Diante disso, consultou-se livros, artigos, entre outros trabalhos acadêmicos disponíveis na íntegra e publicados nos últimos 10 anos. Obteve-se os materiais em banco de dados como *Scientific Electronic Library*, *Google Acadêmico*, *Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações*, *Web of Science*, entre outras. Descritores como 'processo de irrigação', 'características dos sensores empregados na automação de sistemas de irrigação' e 'Arduino e seus aspectos construtivos e programáticos' foram empregados no processo de busca e após essa fase houve a análise indutiva das publicações, possibilitando a redação do trabalho final.

2 PROCESSO DE IRRIGAÇÃO

A irrigação consiste em uma técnica na qual os produtores conseguem produzir independentemente se há ou não chuva, com isso reduz-se a probabilidade de altos investimentos para que os agricultores realizem suas plantações. Preparar a terra e investir em adubos, inseticidas, herbicidas, sementes e máquinas é algo caro, por isso, deve-se minimizar a probabilidade de não ocorrência de chuvas a fim de evitar que se perca a produção. (MACAN *et al.*, 2017).

Vale apontar que a irrigação consiste em um processo no qual se aplica de modo artificial água no solo em proporções adequadas visando garantir a umidade requerida para o desenvolvimento das espécies cultivadas e solucionar o problema da ausência ou da má distribuição de chuvas. É importante que a irrigação não seja considerada como sendo somente o processo de fornecimento, condução e captação de água. Além disso, o uso adequado desse elemento necessita do entendimento das relações existentes entre o clima, a planta, a água e o solo. (LOPES *et al.*, 2019).

De acordo com Nóbrega (2019) o processo de irrigação apresenta diversas vantagens entre as mais comuns destacam-se:

- a) A elevação da produtividade.
- b) A melhoria da qualidade do fluxo produtivo.
- c) A geração de empregos.
- d) A possibilidade de se realizar a fertirrigação.
- e) A probabilidade de se ter mais de uma safra por ano.
- f) A capacidade de produzir na entressafra.
- g) A garantia da produção, uma vez que atua suprimindo as deficiências hídricas.
- h) A chance de se utilizar áreas improdutivas.

Segundo Fernandes *et al.* (2018) a irrigação apresenta algumas desvantagens, as principais são:

- a) A disponibilidade hídrica.
- b) Os impactos ambientais como modificações no ecossistema, mosquitos e resíduos.
- c) A salinização dos solos que são manejados inadequadamente.
- d) A ausência de mão de obra capacitada.

- e) O custo de implantação elevado.
- f) O consumo de água elevado.

Frente a esse cenário Hermes *et al.* (2018) afirma que a produção das lavouras irrigadas tende a ser bem maior em comparação com as que não são irrigadas. Esse evento pode ser observado com mais detalhes no quadro 1 que compara a produção de várias culturas em quilogramas (kg) por hectare (há) para a condição sem e com irrigação.

Quadro 1 – Produção das culturas nas condições com e sem irrigação

CULTURA	NÃO IRRIGADO Kg por ha	IRRIGADO Kg por ha	INCREMENTO
Algodão	848	2.700	218%
Arroz	1.739	3.750	115%
Feijão	388	2.300	492%
Milho	1.985	5.500	177%
Soja	1.844	3.000	62%
Trigo	1.668	3.400	104%

Fonte: Pimentel (2017)

Diante disso, percebe-se que a irrigação permite que se aumente a produtividade de forma considerável, requerendo que se desenvolvam estratégias e esforços a fim de garantir que esse processo seja sempre adotado nas culturas. Desse modo consegue-se suprir de modo considerável a crescente demanda da sociedade. (PIMENTA, 2017).

O rápido crescimento da agricultura irrigada no Brasil fez com que diversos problemas aparecessem por causa de um desconhecimento acerca de quais são as alternativas para os sistemas destinados à irrigação. Isso propiciou o aumento de erros no processo de seleção, resultando em impactos significativos no que se refere à definição de qual é o mais adequado para suprir uma dada condição. Tal evento tende a culminar ainda no fracasso dos empreendimentos, podendo frustrar os produtores no que tange à irrigação, bem como fomentar a degradação de recursos

naturais. (RIBEIRO *et al.*, 2017). Frente a esse cenário, a seguir são apresentados os principais tipos de irrigação.

2.1 IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

A irrigação por aspersão consiste em uma estratégia destinada à irrigação em que se asperge a água na superfície de um dado terreno, na forma da chuva. O fato de se ter água sob pressão passando pelos bocais faz com que se tenha a transformação do jato de água em gotas. Existem dois modos principais de irrigação utilizando a aspersão que são a convencional e o pivô central. (MARTINS *et al.*, 2011).

No primeiro caso lança-se os jatos de água no ar através da pressão e com o auxílio de bocais consegue-se direcioná-lo para incidir na região desejada no formato de chuva. Nesse caso não é preciso investir muito capital, no entanto, requer uma mão de obra intensa para promover as alterações nas tubulações. Uma opção que passou a ser adotada pelos agricultores e que tem apresentado ótimos resultados é a conversão desse modelo em um outro denominado aspersão de malhas. (FARIA *et al.*, 2012).

Na aspersão de malhas tanto as linhas principais como as linhas laterais e derivações permanecem fixas, assim, move-se somente os aspersores. Com isso consegue-se minimizar de forma significativa a quantidade de mão de obra necessárias para realizar essas operações. Tal sistema é comumente empregado no Brasil, especialmente na lavoura do café, da cana-de-açúcar e na irrigação de pastagem. (CAMPELO *et al.*, 2014). A figura 1 mostra o processo de irrigação convencional.

Figura 1 – Irrigação convencional



Fonte: Pimentel (2017)

O pivô central, como mostra a figura 2, corresponde a um sistema de irrigação no qual tal dispositivo gira cerca de 360° ao redor do seu próprio eixo. O processo de abastecimento se dá com o auxílio de bombas que irão realizar o bombeamento da água a partir das represas e dos rios. Tal estratégia consiste basicamente em uma série de dutos metálicos em que se promove a instalação de aspersores. Desse modo, a tubulação presente na região central do pivô recebe a água que está sob pressão, com isso tem-se o ponto de pivô que se encontra apoiado nas torres metálicas com formato triangular e comumente montado sobre rodas dotadas de pneus. (NASCIMENTO *et al.*, 2017).

Figura 2 – Irrigação por pivô central



Fonte: Bernardo *et al.* (2019)

Vale mencionar que as torres irão se mover de forma contínua devido a ação de dispositivos hidráulicos ou elétricos por meio de movimentos concêntricos ao redor da região do pivô. Outro ponto que merece atenção é que o movimento da última torre propiciará o começo de um movimento de avanço na cadeia de modo progressivo até o centro. (MORAES *et al.*, 2014).

Recomenda-se que os pivôs sejam empregados para irrigar regiões que variam de 50 à 130 hectares (ha), além disso, à medida em que se tem o aumento do tamanho dos equipamentos, há também a diminuição dos custos operacionais por área. Visando otimizar a utilização desses dispositivos, recomenda-se aproveitar a estrutura hidráulica existente para que se possa aplicar fungicidas, inseticidas e fertilizantes de modo reativamente efetivo e simples. (MANTOVANI *et al.*, 2013).

2.1 IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

A irrigação localizada consiste em um sistema no qual se realiza a irrigação de forma direta no ponto radicular em frequência elevada e em pequenas intensidades. Dessa forma, permite-se que o solo fique com a maior capacidade possível de água que se consegue reter nas condições de campo normais. Em tal estratégia de irrigação distribui-se a água através de redes de dutos em baixa pressão. Nesses casos os emissores se encontram fixos na tubulação e aparelhados na região superficial do solo ou ainda enterrados. Existem dois métodos de se promover a irrigação localizada, que é por gotejamento e por microaspersão. (SALCEDO *et al.*, 2011). O quadro 2 aponta as principais características de cada um desses métodos.

Quadro 2 – Principais características da irrigação por gotejamento e por microaspersão

Gotejamento	Microaspersão
Mais exigente em filtragem	Menos exigente em filtragem
Não exige posição para funcionamento	Exige posição para funcionamento
Difícil localizar emissores entupidos	Fácil localizar emissores entupidos

Fonte: Pimentel (2017)

A irrigação via gotejamento permite que se tenha um controle melhor da atividade, através dela consegue-se racionalizar tal insumo, bem como diminuir os custos associados à irrigação. O motivo disso é que se fornece água para o local desejado de forma relativamente lenta e perto das raízes através de uma rede de gotejadores que contam com uma eficiência de aproximadamente 90% de toda a água que é lançada no solo. Essa estratégia é amplamente empregada quando se deseja irrigar arbustos, cercas vivas, vasos, estufas, hortas, entre outras culturas. (SILVA *et al.*, 2014). Desse modo a figura 3 ilustra o processo de irrigação por gotejamento.

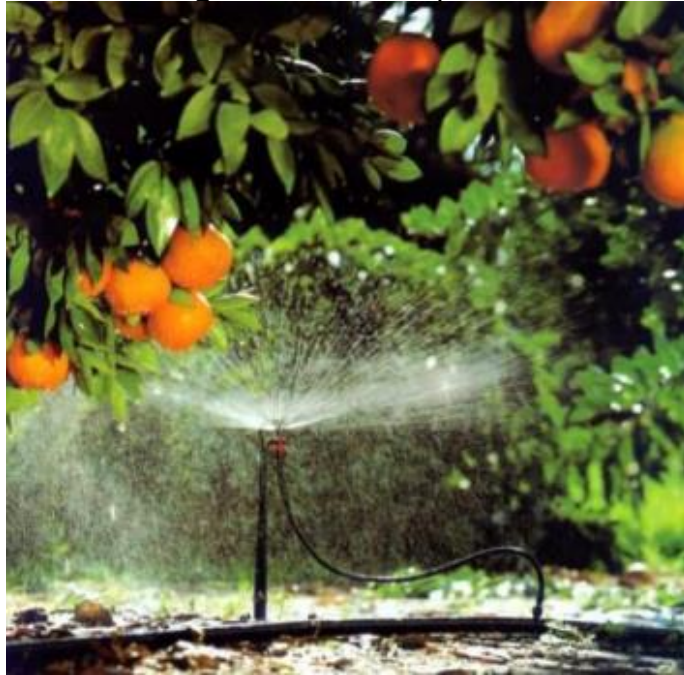
Figura 3 – Irrigação por gotejamento



Fonte: Bernardo *et al.* (2019)

A microaspersão, por sua vez, consiste em uma estratégia na qual se adotam microaspersores para aspergir água perto das raízes das plantas, especialmente na irrigação de jardins, fruticulturas, entre outros. A eficiência desse modelo é mais elevada em comparação com a aspersão convencional, por isso é utilizada na cultura da manga, da goiaba, do limão, da maçã, da laranja e do café. (ALVES JUNIOR *et al.*, 2016). A figura 4 ilustra o processo de microaspersão.

Figura 4 – Microaspersão



Fonte: Bernardo *et al.* (2019)

Assim, a irrigação consiste em uma técnica destinada a fornecer água para o solo de modo artificial e nas proporções adequadas. Tudo isso se dá para que se consiga favorecer o correto desenvolvimento das plantas que estão sendo cultivadas, suprimindo problemas como má distribuição, insuficiência e falta de água na região. (ALVES *et al.*, 2011).

3 CARACTERÍSTICAS DOS SENSORES QUE PODEM SER EMPREGADOS NA AUTOMAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

Nos sistemas de automação automobilísticos, domésticos, comerciais, industriais, entre outros é preciso obter os valores de variáveis físicas do local que está sendo monitorado e isso é feito com o auxílio de sensores. A principal função desses dispositivos é informar aos circuitos eletrônicos acerca de um evento que ocorre a fim de que se atue para resolver esse evento ou então comandar uma ação para tal. (GOMES *et al.*, 2019; PEREIRA JUNIOR, 2017).

Os sensores são dispositivos físicos que têm como principal atribuição converter uma grandeza física com qualquer espécie em outro tipo de sinal que possa ser devidamente transmitido para um dispositivo indicador a fim de que este aponte qual o valor da grandeza que está sendo mensurada. Portanto, os sensores colhem os dados associados a uma grandeza e convertê-los para um sinal legível pelo indicador que deve processá-lo. É preciso apontar que os elementos sensoriais podem ser definidos como sendo transdutores, uma vez que realizam a conversão de uma grandeza de entrada em uma grandeza elétrica como resistência elétrica, tensão ou corrente. (ROSA JUNIOR, 2019). Esse processo pode ser observado com detalhes na figura 1.

Figura 5 – Processo de conversão de uma grandeza física em sinal elétrico



Fonte: Thomazini e Albuquerque (2020)

Assim os sensores são dispositivos classificados em função da saída do sinal, com isso tem-se duas classes que são os discretos e os analógicos. Os sensores discretos apresentam um sinal que é quantificável e que pode apontar ou não a presença de um dado evento em que se assume valores de um ou zero ou ainda a combinação de ambos. Já os sensores analógicos contam com uma saída em que

os dados podem apresentar quaisquer valores contidos em um intervalo previamente determinado. (GALLI *et al.*, 2020).

Esses sensores são de suma relevância para garantir a compreensão de parâmetros como umidade da cultura, por exemplo, além de enviar dados para o microcontrolador do Arduino para executar as funções requeridas. Após detectar a umidade, o sensor instalado no solo na profundidade radicular efetiva determinará qual o percentual ideal de umidade (de acordo com a cultura). Em seguida, caso preciso manda o sinal para o microcontrolador que pode ou não atuar promovendo a irrigação, garantindo que a água seja lançada na proporção adequada. (PEREIRA JUNIOR, 2017).

3.1 SENSORES DISCRETOS OU DIGITAIS

Os sensores do tipo discretos são empregados no monitoramento da ocorrência ou não de um dado evento que é gerado, normalmente, no modo de pulsos elétricos binários (1 ou 0, implicando que não existe um valor intermediário). Destaca-se que não há grandezas físicas responsáveis por assumir tais valores, no entanto, são indicados para o sistema de controle depois de serem devidamente convertidos com o auxílio de um transdutor. É possível empregá-los para a determinação de velocidade, distância, detecção de objetos, entre outras aplicações. (ALEGRIA, 2021).

Esses componentes são adotados na monitoração da ocorrência ou não de eventos, apresentando dois estados de saída distintos *off*/desligado ou *on*/ligado ou então a ausência ou a presença de uma dada grandeza elétrica. Tais elementos podem ser ainda dispositivos eletrônicos como sensores de proximidade capacitivos e indutivos ou ainda eletromecânicos de baixo custo e simples como os interruptores de baixo custo e *microswitchs*, por exemplo. (KARVINEN; KARVINEN, 2014). O quadro 3 aponta as principais características de cada um desses modelos.

Quadro 3 – Principais características dos sensores discretos do tipo eletrônicos e eletromecânicos

<i>Eletromecânicos</i>	<i>Eletrônicos</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Necessidade de contato físico com o alvo; - Baixa velocidade de resposta; - Baixa frequência de comutação; - Vida útil limitada dos contatos; - Baixo custo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Não necessita contato físico com o alvo; - Alta velocidade de resposta; - Alta frequência de comutação; - Não apresenta limitações de ciclos de operação; - Custo elevado.

Fonte: Pimentel (2017)

Um exemplo de utilização de tais sensores é na contagem e detecção de garrafas que irão passar pelas esteiras em uma fábrica de bebidas. Seu funcionamento é relativamente simples, pois com a interrupção do sinal há a comutação da saída de baixo para alto, o que promove o envio do sinal para um componente que irá adicionar 1 a cada vez que a garrafa passa. (CASTRUCCI *et al.*, 2018). Esse modelo pode ser visto com mais detalhes na figura 6.

Figura 6 – Exemplo de aplicação do sensor discreto ou digital



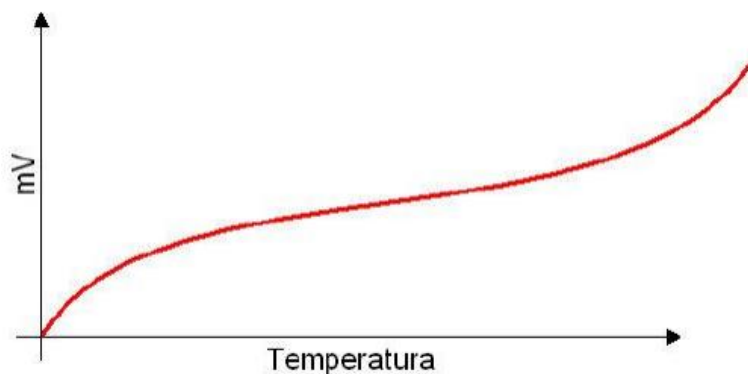
Fonte: Thomazini e Albuquerque (2020)

De acordo com Thomazini e Albuquerque (2020) pode-se mencionar que esse modelo é pouco utilizado na irrigação, uma vez que contam com uma eficiência mais baixa em comparação com os analógicos. Diante disso, a seguir, apresentam-se as características dos sensores analógicos, mais empregados com o Arduino para a automatização de lavouras.

3.2 SENSORES ANALÓGICOS

Os sensores analógicos podem assumir qualquer valor no seu sinal da saída durante um intervalo de tempo desde que fiquem em sua faixa operacional. Destaca-se que as informações que foram captadas pelo sensor irão ser transmitidas no formato do sinal elétrico que é proporcional à grandeza que foi mensurada. Aponta-se que as variáveis do sensor analógico são medidas por elementos mais sensíveis com os circuitos eletrônicos não digitais. (MENDONCA; ZELENOSKY, 2021). Diante disso a figura 7 mostra a oscilação de uma grandeza física (temperatura) de modo analógico.

Figura 7 – Oscilação de uma grandeza física (temperatura) de modo analógico



Fonte: Thomazini e Albuquerque (2020)

Nesses sensores é preciso considerar uma série de parâmetros como o *range/faixa*, a resolução, a sensibilidade, a linearidade, o erro ou exatidão, a relação entre o sinal e o ruído e, por fim, a resposta à frequência. O *range/faixa* consiste em todos os níveis de amplitude de grandeza física mensurada em que se pressupõe que o sensor irá operar dentro de um nível de precisão previamente especificado, isto é, a faixa de trabalho que dependerá do dispositivo. (BALBINOT; BRUSAMARELLO, 2019).

A resolução é um parâmetro que corresponde ao menor incremento de grandeza física que é mensurado e que pode culminar em alterações no sinal da saída de um sensor. Já a sensibilidade consiste na relação existente entre o sinal elétrico que é entregue na saída do sensor com a grandeza física que foi mensurada. (ZELENOSKY; MENDONCA, 2019).

A linearidade é um parâmetro se liga à capacidade de um sensor apresentar variações idênticas à sua grandeza física que foi medida, sendo que essa é igual ao sinal que foi entregue, nesse caso tem-se um sensor do tipo linear, caso contrário é não linear. O erro ou a exatidão equivale à diferença absoluta que existe entre o valor do sinal de saída real que foi entregue pelo sensor com o sinal tido como ideal que deveria ser fornecido para o valor da grandeza física. (KARVINEN; KARVINEN, 2014).

A relação sinal/ruído consiste na relação existente entre a potência de um dado sinal qualquer que foi entregue na saída do dispositivo e a potência de sinal do ruído, sendo mensurada como sendo o sinal de saída dotado de informação de entrada nula. Tal evento implica que, caso a amplitude que foi determinada na grandeza física mensurada for igual a zero e o sensor entregar um sinal que conta com uma amplitude determinada tem-se um ruído. (BALBINOT; BRUSAMARELLO, 2019).

A resposta em frequência se liga às limitações dos sistemas eletrônicos que operam com sinais elétricos que podem ocorrer em determinadas faixas de trabalho. Desse modo, caso uma grandeza física varie a sua amplitude frente a uma dada frequência é provável que o sinal elétrico que foi entregue pelo sensor consiga reproduzir as mudanças com a amplitude correta, porém se houver o aumento dessa grandeza é possível que a frequência também obedeça a esse mesmo padrão. Através disso é imprescindível definir a resposta em frequência de um dado sensor como sendo a faixa de espectro que conseguirá reproduzir. (CASTRUCCI *et al.*, 2018).

Assim, pode-se mencionar que nos sistemas de irrigação automatizados se faz necessário ter valores de variáveis físicas do local que se deseja monitorar como a umidade e a temperatura, por exemplo. A partir disso o sistema conseguirá realizar as ações determinadas na programação que, em função dos valores de variáveis irão determinar uma dada ação. Dessa forma os sensores são os elementos responsáveis por informar tais variáveis para o sistema, para tal devem ser instalados no solo e devidamente conectados ao sistema. (KARVINEN; KARVINEN, 2014).

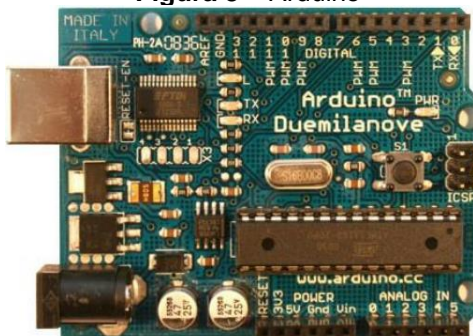
4 ARDUINO E SEUS ASPECTOS CONSTRUTIVOS E PROGRAMÁTICOS

O Arduino é um dispositivo criado na Itália no ano de 2005 pelo professor Massimo Banzi. O objetivo de Banzi era ensinar programação de computadores e eletrônica para os estudantes da disciplina *design* da iteração (o projeto com qualquer experiência iterativa) a fim de que pudessem utilizar esses conceitos em seus projetos de arte. Além disso buscava-se associar a robótica e a interatividade aos projetos ao mesmo tempo em que se diminuía os custos, uma vez que os sistemas usados na época para a prototipagem eram caros. Treinar um indivíduo em programação e eletrônica é algo difícil, especialmente os que não são da área, além disso é raro encontrar placas baratas e com poder suficiente para realizar essa atividade disponíveis no mercado. (TARGA *et al.*, 2019).

Partindo dessa ideia Banzi e seu orientando David Mellis desenvolveram uma placa própria a fim de oportunizar que outras pessoas pudessem criar seus projetos, assim surgiu o Arduino que conta com sua própria placa. Após isso a placa se popularizou na eletrônica se tornando um modo barato e simples para envolver os sujeitos na eletrônica dos microcontroladores. (SOUZA *et al.*, 2018).

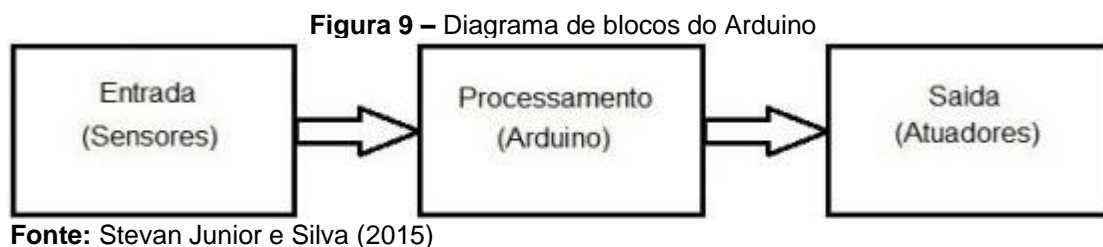
O Arduino, apresentado na figura 2, consiste em uma plataforma de computação física em que se tem uma placa microcontrolada de entrada e saída como base. Tal elemento é responsável por promover a conexão desse dispositivo com outros sensores ou circuitos. Vale apontar que através dos sistemas digitais devidamente ligados aos atuadores e sensores consegue-se desenvolver sistemas que tem como atribuição principal compreender a realidade e respondê-las, caso preciso, com ações físicas. (SCHIAVON *et al.*, 2019).

Figura 8 – Arduino



Fonte: Stevan Junior e Silva (2015)

Os microcontroladores consistem em um computador dotado de um chip que é devidamente embarcado dentro de um dispositivo, além disso contam com um processador e periféricos responsáveis pela entrada e pela saída que visam controlar ações ou funções a serem executadas. Frente a isso o Arduino é um pequeno computador em que se consegue processar entradas e saídas entre os componentes externos e os dispositivos. Com isso tem-se uma plataforma de computação embarcada ou física, isto é, um sistema capaz de interagir com o seu ambiente através de um *software* e um *hardware*. (BORGES *et al.*, 2020). Diante disso a figura 9 mostra o diagrama de blocos do Arduino.



O *hardware* e o *software* Arduino apresentam fonte aberta, isso significa que os componentes e códigos necessários são ofertados gratuitamente pela equipe responsável por tal dispositivo, com isso qualquer pessoa pode utilizá-lo. Com a conexão de sensores nos terminais de entrada o Arduino consegue captar e interpretar as variáveis transformando-as em sinais elétricos. Tal processo permite que se controle diversos parâmetros como motores, luzes, entre outras saídas devidamente conectadas. (LINO *et al.*, 2017).

Destaca-se que a plataforma do Arduino é estratificada em duas partes, a placa que consiste no *hardware* ou a parte física em que se executa os projetos. Uma outra é o *Integrated Development Environment* (IDE) ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado, um *software*/programa que é executado no computador para promover a programação (escrita do código na linguagem interpretada pelo Arduino). Por meio de uma porta do tipo *Universal Serial Bus* (USB) ou serial realiza-se o carregamento ou *upload* do programa para a placa, permitindo assim a execução do que se deseja. (BORGES *et al.*, 2020).

Stevan Junior e Silva (2015) afirma que existe uma grande infinidade de placas do Arduino, sendo que com o passar dos anos elas evoluíram de modo significativo, se tornando mais sofisticadas e acessíveis. Portanto, qualquer um pode desenvolver a sua placa, para tal é necessário adquirir somente os componentes requeridos e criar esse instrumento em uma placa de circuito impresso ou uma matriz de pontos. De modo geral as placas são formadas por alguns componentes básicos como:

- a) Serial ou porta USB que possibilita a conexão ao computador para recuperar ou realizar o *upload* dos programas.
- b) *Light Emitting Diode* (LED) para possibilitar a avaliação do funcionamento.
- c) Pinos conectores.
- d) Plugue de alimentação.
- e) Botão para *reset*.
- f) Regulador da tensão.
- g) Oscilador ou cristal.
- h) Microprocessador.

Segundo Targa *et al.* (2019) a porta USB irá fornecer a alimentação necessária enquanto estiver devidamente conectada no computador, destaca-se que a tensão da alimentação quando se encontra desconectada oscila de 7 à 12 Volts por causa do regulador existente na placa. É possível estender o Arduino com o uso dos escudos/*Shields* que consistem em placas de circuito que contam com outros dispositivos que podem ser ligados a ele a fim de se obter outras funções adicionais. Vale apontar que existem três modelos mais utilizados de placas:

- a) O Duemilanove.
- b) O Mega.
- c) O Nano.
- d) O Uno.

A Duemilanove tem como base o microcontrolador ATmega328 ou ATmega168. Essa placa conta com tudo que é necessário para assegurar o correto funcionamento do microcontrolador, portanto, para começar a utilizá-la deve-se somente realizar uma conexão com o computador por meio de uma fonte de

alimentação dotada de corrente contínua, um cabo USB ou uma bateria. (SCHIAVON *et al.*, 2019).

O Arduino Mega, por sua vez, conta com uma quantidade considerável de portas, o que torna viável implementá-lo em projetos mais complexos, pois possibilita obter uma ótima relação custo *versus* benefício. Existe o Mega 2560 que tem como base o ATmega2560, a sua utilização é idêntica ao caso anterior, sendo que é compatível com grande parte dos *Shields* desenvolvidos. (SOUZA *et al.*, 2018).

O Arduino Nano consiste em uma versão menor do Arduino, sendo muito parecida com o Arduino Uno, uma vez que conta com o chip ATmega328, além disso é dotado de conectores para cabos do tipo mini-USB que possibilita a gravação. Esse dispositivo não apresenta conector para fonte externa, no entanto, é possível alimentá-lo através do pino vin. (TARGA *et al.*, 2019).

O Arduino Uno é uma das placas mais recentes e mais utilizadas, contando com um microcontrolador que tem como base o ATmega328. Esse instrumento apresenta tudo que é preciso para assegurar o suporte do microcontrolador, para utilizá-lo deve-se promover a sua conexão com uma bateria, um adaptador de corrente ou um cabo USB. (CUNHA; ROCHA, 2015).

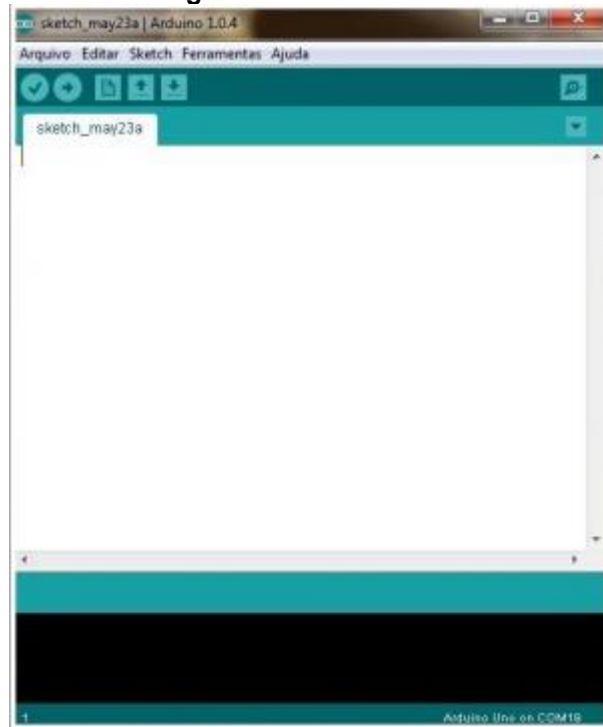
Tanto o Arduino como os seus clones utilizam as *Shields* que consistem em placas de circuito impresso, tradicionalmente fixadas na região de topo de um aparelho através de uma conexão que é devidamente alimentada por pinos-conectores. Desse modo, tem-se expansões que disponibilizam uma série de funções específicas que vão desde a manipulação dos motores até os sistemas da rede sem fio. (ISHIKAWA *et al.*, 2016).

O IDE consiste em um ambiente para o desenvolvimento integral adotado por programadores e que conta com compilador, editor, depurador e vinculador em apenas um único lugar. Tudo isso é associado a ferramentas destinadas ao gerenciamento de projetos, possibilitando elevar a produtividade dos programadores. (PEREIRA *et al.*, 2020).

Vale mencionar que o IDE é constituído por um editor para textos que possibilita a escrita dos códigos, um console para o texto, uma área para mensagens, uma barra de ferramentas dotadas de botões que permitem a

realização de uma série de funções e uma infinidade de menus. (PEREIRA *et al.*, 2020). A interface IDE pode ser vista com mais detalhes na figura 10.

Figura 10 – Interface IDE



Fonte: Stevan Junior e Silva (2015)

É importante citar que a sintaxe de linguagem adotada pelo Arduino é essencialmente o C/C++, além disso conta com funções específicas e relativamente simples que possibilitam trabalhar com as portas, para tal requer-se duas funções básicas para que funcionem, o `loop()` e o `setup()`. Assim, por causa dessas características relativamente simples é possível utilizar esse componente para a irrigação, para tal, deve-se conectá-lo ao sensor que se encontra inserido na terra e mede a umidade e a temperatura. Caso esses parâmetros sejam menores do que o determinado cultura inicia-se o processo de irrigação. (SOUZA *et al.*, 2021).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tanto os objetivos gerais como os específicos foram atingidos, quanto ao geral compreender as características que tornam o Arduino uma excelente opção para ser empregado na automatização dos sistemas de irrigação destaca-se que o Arduino é uma ótima opção para promover a automação de sistemas de irrigação, uma vez que consiste em uma interface relativamente simples e que pode ser programada por pessoas com baixo conhecimento na área. Desse modo, através desses instrumentos consegue-se agregar valor ao processo, bem como elevar a produtividade, algo imprescindível para assegurar a competitividade dos pequenos e médios produtores, por exemplo. O uso desse instrumento é importante para a agricultura, especialmente nos processos de irrigação, pois contribui para potencializar a produtividade das lavouras.

A irrigação é considerada como sendo uma técnica em que os agricultores conseguem produzir com menor dependência das chuvas, minimizando assim as chances de se realizarem investimentos elevados. Portanto, a irrigação é necessária para diminuir os custos advindos da preparação que tendem a ser mais caros, requerendo assim que se adotem estratégias como a irrigação por aspersão e a localizada, por exemplo, para reduzir a probabilidade de não ocorrência das chuvas. Com isso foi possível atingir o objetivo específico analisar o processo de irrigação.

O objetivo específico apontar as principais características dos sensores que podem ser empregados na automação de um sistema de irrigação foram atingidos, um dispositivo que contribui para esse objetivo são os sensores, através deles consegue-se avaliar a umidade do solo e comparar com a requerida para a cultura. Com isso, ao se constatar que esse índice está abaixo do ideal o sensor atua enviando um sinal para o microcontrolador que possibilitará o lançamento de água no solo em quantidade adequada caso seja necessário realizar a atividade de irrigação.

O terceiro objetivo específico, compreender o Arduino e seus aspectos construtivos e programáticos, também foi alcançado, destaca-se que o Arduino é um dispositivo completo e permite a construção de uma série de instrumentos que podem auxiliar o ser humano, conta com uma interface relativamente simples e que

pode ser programada sem grandes problemas. Isso tende a ser uma excelente opção para o desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado de baixo custo, pois esse elemento é relativamente barato e pode ser customizado de acordo com as necessidades do projeto.

REFERÊNCIAS

ALEGRIA, A. F. C. **Sensores E Atuadores**. IST Press: Lisboa, 2021.

ALVES, W. W. A. *et al.* Análise geoestatística da distribuição de água no solo, aplicada por sistema de irrigação por microaspersão. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, 2011.

ALVES JUNIOR, J. *et al.* Crescimento de mogno africano submetido a diferentes níveis de irrigação por microaspersão. **Irriga**, v. 21, n. 3, 2016.

BALBINOT, A.; BRUSAMARELLO, V. J. **Instrumentação e Fundamentos de Medidas**. 3. Ed. São Paulo: LTC, 2019.

BERNARDO, S. *et al.* **Manual de Irrigação**. 9. Ed. Viçosa: UFV, 2019.

BORGES, P. H. M. *et al.* Uso da colorimetria para o manejo de ervas daninhas em culturas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, v17, n. 32, 2020.

CAMPELO, A. R. *et al.* Avaliação de sistemas de irrigação por aspersão em malha em áreas cultivadas com capim-braquiária. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 35, n. 1, 2014.

CASTRUCCI, P. B. *et al.* **Controle Automático**. 2. Ed. São Paulo: LTC, 2018.

CUNHA, K. C. B.; ROCHA, R. V. Automação no processo de irrigação na Agricultura Familiar com plataforma Arduino. **Revista de Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 1, n. 2, 2015.

FARIA, L. C. *et al.* Modelagem dos efeitos do vento na uniformidade da irrigação por aspersão: aspersores de tamanho médio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, 2012.

FERNANDES, S. J. O. *et al.* Período de enraizamento de miniestacas de eucalipto provenientes de diferentes lâminas de irrigação em minijardim. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, 2018.

GALLI, R. *et al.* Diana – dispositivo de análise e controle de estufas agrícolas. **Revista Tecno-Lógica**, v. 24, n. 2, 2020.

GOMES, A. N. *et al.* Sistema de irrigação localizada automatizada. **Mythos**, v. 12, n. 2, 2019.

HERMES, E. *et al.* Uniformidade de distribuição na irrigação por gotejamento com água residuária de processamento de mandioca. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 2, 2018.

ISHIKAWA, R. H. *et al.* Sistema de irrigação automática com Arduino. **Revista Univap**, v. 22, n. 40, 2016.

KARVINEN, K.; KARVINEN, T. **Primeiros Passos com Sensores: Perceba o Mundo Usando Eletrônica, Arduino e Raspberry Pi**. 1. Ed. São Paulo: Novatec, 2014.

LINO, D. R. *et al.* Irrigação automatizada com plataforma de desenvolvimento Arduino na horta didática da Universidade Federal do Ceará. **Irriga & Inovagri**, v. 1, n. 1, 2017.

LOPES, L. C. L. *et al.* Projeto de aplicativo móvel capaz de fornecer informações para o manejo de irrigação do café conilon. **Irriga**, v. 24, n. 4, 2019.

MACAN, N. P. F. *et al.* Desempenho da irrigação por gotejamento com o uso de efluente de laticínio tratado por processo biológico. **Irriga**, v. 22, n. 3, 2017.

MANTOVANI, E. C. *et al.* Produtividade e qualidade de tubérculos de batata sob diferentes regimes de irrigação por aspersão convencional. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 4, 2013.

MARTINS, C. A. *et al.* Desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Idesia**, v. 29, n. 3, 2011.

MENDONCA, A.; ZELENOVSKY, R. **Módulos E Sensores: Guia De Interface Com O Arduino**. São Paulo: Interciência, 2021.

MORAES, M. J. *et al.* Automação em sistema de irrigação tipo pivô central para economia de energia elétrica. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 6, 2014.

NASCIMENTO, W. F. *et al.* Uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por aspersão via pivô central. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 4, 2017.

NOBREGA, J. S. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de melão pepino sob salinidade crescente da água de irrigação. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, 2018.

PEREIRA JÚNIOR, L. C. **O uso da água em Goiás, potencialidade, demanda para irrigação por pivôs centrais e perspectivas**. 2017. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

PEREIRA, F. A. *et al.* Automação de precisão utilizando arduino e inversor de frequência aplicado a sistemas de irrigação por válvula. **Irriga**, v. 25, n. 1, 2020.

PEREIRA, R. M. *et al.* Automação de irrigação por tensiometria eletrônica baseada na plataforma de hardware Arduino. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, n. 4, 2020.

PIMENTEL, L. **Hidrologia: Engenharia e Meio Ambiente**. 1. Ed. São Paulo: Gen, 2017.

RIBEIRO, R. B. *et al.* Variabilidade espaço-temporal da condição da vegetação na agricultura irrigada por meio de imagens sentinel-2^a. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 6, 2017.

ROSA JUNIOR, A. L. R. **Resposta Elétrica de Um Sensor Infravermelho ao Fluxo de Fertilizantes Agrícolas**. 2019. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2019.

SALCEDO, J. C. *et al.* Processo da retrolavagem em filtros de areia usados na irrigação localizada. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 6, 2011.

SCHIAVON, I. A. *et al.* Arduino uma tecnologia de baixo custo para a termometria de grãos armazenados. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, 2019.

SILVA, M. A. *et al.* Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, 2014.

SOUZA, I. J. *et al.* Análise do conforto térmico em modelos reduzidos de galpões agrícola. **Ciência e Natura**, v. 40, 2018.

SOUZA, J. S. *et al.* O Uso do Arduino para Controlar um Sistema de Irrigação Baseado em Lógica Et. **Revista FSA**, v. 18, n. 7, 2021.

STEVAN JUNIOR, S. L.; SILVA, R. A. **Automação e instrumentação industrial com Arduino: Teoria e projetos**. 1. Ed. São Paulo: Érica, 2015.

TARGA, M. S. *et al.* Uso de microcontrolador Arduino para a determinação da permeabilidade do solo. **Revista Técnica Ciências Ambientais**, v. 1, n. 1, 2019.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. **Sensores industriais: Fundamentos e aplicações**. São Paulo: Érica, 2020.

ZELENOVSKY, R.; MENDONCA, A. **Arduino: Guia Avançado Para Projetos**. São Paulo: Interciência, 2019.

TCC 2/2 e TCC ÚNICO - Atividade 3

Critérios	Valor do critério	Nota
Elementos Pré e Pós-Textuais.	(0-200)	200
Introdução clara e coerente com o trabalho.	(0-400)	400
Considerações finais coerentes com os objetivos propostos.	(0-400)	400
Desenvolvimento (Capítulo 1, 2 e 3) de forma clara e estruturada ao longo de todo o trabalho	(0-2.000)	2000
Apresenta coerência, linguagem formal e impessoal, respeita as regras ortogramaticais.	(0-600)	600
Referências contempla todas as obras e autores que foram citados no trabalho, atendendo à formatação correta de acordo com a ABNT.	(0-400)	400
Nota Total	(0-4.000)	4.000