**AUTOMAÇÃO NA AGRICULTURA PARA AUMENTO DE EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NA IRRIGAÇÃO: Revisão de literatura**

**AUTOMATION IN AGRICULTURE TO INCREASE EFFICIENCY IN WATER USE IN IRRIGATION: review**

Bruna Alcantara Freire\*

Weverton Gomes Cont\*\*

Rúben Christian Barbosa \*\*\*

**RESUMO**

No Brasil o setor de irrigação é responsável aproximadamente pelo consumo de 75% da água, com isso é fundamental o aprimoramento das técnicas de irrigação. Nas últimas décadas observou-se um crescimento muito grande na agricultura irrigada no país, devido a importância de economizar recursos hídricos foram criados projetos automatizados de irrigação a fim de monitorar e controlar o cultivo. Este estudo tem como objetivo identificar qual a forma mais inovadora de controlar o desperdício de água na agricultura. Os específicos são: realizar pesquisa bibliográfica dos métodos de irrigação mais utilizados, verificar os prós e contras e os custos de implantação dos sistemas de irrigação existentes, realizar o levantamento do melhor método de irrigação que possa diminuir o desperdício de água. Conclui-se que o desenvolvimento de um sistema de irrigação por gotejamento, automatizado, utilizando a plataforma Arduíno, é de grande utilidade, pois além da facilidade de utilização e acesso a essa tecnologia, possibilita também o desenvolvimento de um sistema preciso e de baixo custo possibilitando aos agricultores de pequeno e grande porte a oportunidade de usufruir dos benefícios do sistema.

**Palavra-chave:** Irrigação. Irrigação de Precisão. Automação de Irrigação

**ABSTRACT**

In Brazil, the irrigation sector is responsible for approximately 75% of water consumption, thus improving irrigation techniques is essential. In the last decades there has been a very large growth in irrigated agriculture in the country, due to the importance of saving water resources, automated irrigation projects have been created in order to monitor and control the crop. This study aims to identify the most innovative way to control water waste in agriculture. The specifics are: to carry out a bibliographic search of the most used irrigation methods, to check the pros and cons and the costs of implementing the existing irrigation systems, to carry out a survey of the best irrigation method that can reduce water waste. It is concluded that the development of an automated irrigation system using the Arduíno platform, is of great use, because in addition to the ease of use and access to this technology, it also enables the development of a precise and low cost system allowing farmers to small and large the opportunity to enjoy the benefits of the system.

**Keyword:** Irrigation. Precision Irrigation. Irrigation Automation

**1- Introdução**

A técnica da irrigação pode ser definida como sendo a aplicação artificial de água ao solo, em quantidades adequadas, visando proporcionar a umidade adequada ao desenvolvimento normal das plantas nele cultivadas, a fim de suprir a falta ou má distribuição das chuvas.

A utilização da técnica de irrigação vem desde a antiguidade com a finalidade de oferecer um uso eficiente da água na agricultura ou cultivo de plantas, possibilitando um uso racional da água na produção para evitar a falta ou seu uso abundante desnecessariamente (CASTRO, 2003). De acordo com ANA (2016), no Brasil o setor de irrigação é responsável atualmente pelo consumo de 75% da água, além de observar-se um crescimento muito grande na agricultura irrigada ao longo das últimas décadas no país.

Os fatores necessários para prover as culturas necessárias para máxima produtividade são principalmente: energia, água, Mão-de-obra e as estruturas de transporte da água, devendo existir uma completa inter-relação entre eles de tal forma que se um deles não se encontrar bem ajustado, o conjunto ficará comprometido, prejudicando o objetivo a ser alcançado que é a máxima produtividade e com qualidade (EVANS; NOBLE; HOCHENBAUM, 2013).

As tecnologias estão permitindo maior controle do gasto dos recursos hídricos nos processos de irrigação. O controle eletrônico de computador avançado e a tecnologia de transmissão sem fio podem projetar um sistema de controle de irrigação de precisão. Recursos como: computador, sensor de umidade do solo e irrigação, monitor e controlador de válvula, sensores e controladores de válvula são conectados ao monitor de irrigação por barramento RS-485. E o monitor de irrigação é conectado ao computador por um módulo de transmissão sem fio (EUCLIDES FILHO, *et al*. 2011).

Este sistema baseado na medição em tempo real do teor de umidade do solo é capaz de aplicar água de acordo com o limite do teor de água do solo para irrigação. Os resultados do experimento em campo mostram que o sistema tem a capacidade de economizar água no caso de obter o teor de água do solo dependendo dos limites de sobrevivência da planta (EUCLIDES FILHO, *et al*. 2011).

A questão norteadora desta pesquisa é: qual a forma mais inovadora de controlar o desperdício de água na agricultura?

Apresentadas estas informações, o presente artigo tem por objetivo geral, identificar qual a forma mais inovadora de controlar o desperdício de água na agricultura. Para alcançar este objetivo, realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre os métodos de irrigação mais utilizados, verificando os prós e contras e os custos de implantação dos sistemas de irrigação existentes e realizando um levantamento do melhor método de irrigação que possa diminuir o desperdício de água.

As hipóteses desta pesquisa são de que o método mais eficiente é o da irrigação por gotejamento em função da possibilidade de entregar as quantidades ideais de acordo com as fases do cultivo, no momento certo e diretamente na raiz da planta. A outra é de que a plataforma Arduíno constituiu-se um importante instrumento capaz de otimizar a irrigação através das tecnologias.

A justificativa pessoal se relaciona ao desejo de concretizar um estudo que abranja as diferentes técnicas e métodos de irrigação, com foco na sustentabilidade e uso das tecnologias. A justificativa acadêmica está em ampliar os conhecimentos científicos a este respeito e a justificativa social está em oferecer aos leitores da área, informações atualizadas que possam ajudar na concretização de projetos de irrigação, cujos resultados beneficiem a coletividade. Este estudo foi desenvolvido através de revisão bibliográfica analítica.

**2- Metodologia**

Este estudo foi realizado a partir de uma revisão bibliográfica de caráter analítico a respeito da otimização dos recursos hídricos no agronegócio evitando desperdício de água na irrigação agrícola, focando na agricultura de precisão.

A coleta de dados foi realizada no período de 01 a 29 de outubro de 2020, e utilizou-se para a pesquisa as bases de dados *SciELO* e *Science Direct*. Foi definido como critério de inclusão: artigos publicados entre os anos de 2015 e 2020, pois a ideia foi utilizar artigos mais atualizados acerca do assunto em questão.

Outro critério a considerar diz respeito aos descritores em agricultura. Foram incluídos neste estudo artigos que apresentassem descritores como: agricultura de precisão, automação na irrigação e técnicas de irrigação. Para as pesquisas na base de dados *Science Direct*, não foi limitado idioma na tentativa de obter quantidade relevante de referencial teórico, contudo, foi detectado que as publicações em inglês eram as que mais continham informações relevantes ao estudo.

Inicialmente, a busca de artigos científicos que se adequassem aos critérios de inclusão se deu nas bases *SciELO* com os descritores *irrigation, precision irrigation, irrigation automation,* optou por usar descritores em inglês por ter maior abrangência com relação ao tema. Como resultados, foram obtidos 46 artigos, dos quais apenas 6 estavam de acordo com este estudo.

Na *Science Direct*, dos 87 artigos encontrados, foram selecionados 5 artigos, utilizando-se os mesmos descritores em inglês pela mesma justificativa apresentada anteriormente. Estes 5 artigos foram selecionados a partir da leitura do resumo dos artigos, estes, tinham temas que mais se adequavam ao assunto da pesquisa.

Após a seleção dos artigos conforme os critérios de inclusão previamente definidos, foram seguidos, nessa ordem, os seguintes passos (10): leitura exploratória; leitura seletiva e escolha do material que se adequam aos objetivos e tema deste estudo; leitura analítica e análise dos textos, finalizando com a realização de leitura interpretativa e redação. Após estas etapas, constituiu-se um corpus do estudo agrupando os temas mais abordados nas seguintes categorias: irrigação, automação na irrigação e técnicas de irrigação.

Como resultados desta pesquisa, destaca-se que as formas diversificadas de agricultura, em termos de apropriação das tecnologias como forma de agregar valores sustentáveis ao processo de irrigação. Com base nos autores selecionados e de suas experiências teóricas e práticas, pode-se chegar a algumas conclusões que possam servir de subsídio para a melhor compreensão do assunto estudado.

# **3- Resultados e discussões**

A pesquisa no *SciELO*, retornou como resultados, 46 artigos, dos quais apenas 6 estavam de acordo com este estudo.

Na *Science Direct*, dos 87 artigos encontrados, foram selecionados 5 artigos. Estes 5 artigos foram selecionados a partir da leitura do resumo dos artigos, estes, tinham temas que mais se adequavam ao assunto da pesquisa.

Como resultados desta pesquisa, destaca-se que as formas diversificadas de agricultura, em termos de apropriação das tecnologias como forma de agregar valores sustentáveis ao processo de irrigação. Com base nos autores selecionados e de suas experiências teóricas e práticas, pôde-se chegar a algumas conclusões que possam servir de subsídio para a melhor compreensão do assunto estudado.

O Quadro 01 a seguir resume as principais ideias de alguns dos principais autores selecionados na base de dados *Science Direct* e *SciELO* com relação aos autores selecionados:

Principais estudos base de dados *Science Direct* e *SciELO*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **TÍTULO** | **AUTOR** | **PAÍS** | **OBJETIVO** | **METODOLOGIA** | **CONCLUSÃO** |
| Irrigação de gramado com esgoto doméstico  por gotejamento subterrâneo ou aspersão | Mendonça *et al*. (2020) | Brasil | Analisar a eficiência do método de irrigação por gotejamento subterrâneo. | Dois métodos de irrigação (aspersão e gotejamento subterrâneo) e quatro lâminas de irrigação de esgoto doméstico mais controle. | Irrigação por gotejamento subterrâneo com águas residuais em 100% de profundidade de evapotranspiração diária média permitida desenvolvimento de gramado com *Zoysia* *japonica* (*zoysiagrass*), mantendo sua qualidade, sem contaminação pelo total coliformes ou *Escherichia coli*. |
| Irrigação de Precisão | Coelho (2018) | Brasil | Introduzir a tecnologia de Agricultura de Precisão na Irrigação Pressurizada | Bibliográfica. | Um sistema de programação e implementação de irrigação que incentiva o desenvolvimento saudável das raízes, reduz o desperdício de nutrientes, produtos químicos e água, ao mesmo tempo que maximiza a utilização de insumos em cada zona, em cada campo. |
| *Systematic literature review of implementations of precision agriculture* | CISTERNAS *et al*. (2020) | EUA | Identificar as tecnologias mais utilizadas nos processos de irrigação. | Uma revisão sistemática da literatura. | Os sensores remotos são a tecnologia mais utilizada, o conhecimento necessário é um critério importante para a decisão de implementar a agricultura de precisão e não foi encontrado nenhum *framework* que oriente sua implementação. |
| *Integrating blockchain and the internet of things in precision agriculture: Analysis, opportunities, and challenges.* | Torkya, Hassanein (2020) | EUA | Discutir sobre os desafios de segurança e privacidade e questões de *blockchain* aberto que na agricultura de precisão. | Uma revisão sistemática da literatura. | Na agricultura de precisão, a combinação da Internet das Coisas e do *blockchain* nos moverá de apenas fazendas inteligentes apenas para a internet de fazendas inteligentes e adicionará mais controle nas redes de cadeias de suprimentos. |
| *Fertigation management for sustainable precision agriculture based on Internet of Things* | LIN *et al*. (2020). | EUA | Investigar sobre o modelo de otimização para a promoção do manejo sustentável da irrigação e fertilização na agricultura de precisão, | Desenvolvimento de uma estrutura para o sistema de irrigação e fertilização baseado em Internet das Coisas (*Internet of Things* - *IoT*), no qual são considerados os planejamentos de longo e curto prazo. | Os resultados confirmaram que o modelo de otimização apresentado neste estudo pode promover o manejo sustentável da irrigação e fertilização na agricultura de precisão, oferecendo mais benefícios econômicos e ambientais do que os modelos empíricos. |
| O papel da ciência e da tecnologia na agricultura do futuro. | Euclides Filho (2011) | Brasil | Investigar sobre o papel da ciência e da tecnologia na agricultura do futuro. | Estudo bibliográfico | As tecnologias estão permitindo maior controle do gasto dos recursos hídricos nos processos de irrigação. O controle eletrônico de computador avançado e a tecnologia de transmissão sem fio podem projetar um sistema de controle de irrigação de precisão. |
| Monitoramento automático e sistema de controle de irrigação com economia de água | Kuang (2007) | EUA | Analisar a importância do monitoramento automático e sistema de controle de irrigação com economia de água. | Estudo analítico e descritivo | Um sistema de irrigação automático inteligente deve ter todos os componentes que monitoram e controlam de forma autônoma o nível de água disponível para as plantas sem qualquer falha ou intervenção humana. |
| Economize água com automação e sensores | BRUNETT, S. *et al* (2012) | EUA | Analisar a importância dos sensores na irrigação automatizada. | Estudo analítico e bibliográfico. | A automatização é uma excelente forma de economizar água no processo de irrigação. |
| *Agricultural Transformation in Africa? Assessing the Evidence in Ethiopia* | Fantu *et al.* (2018 | África | Analisar as mudanças na agricultura no continente africano. | Revisão de literatura. | As mudanças são caracterizadas pelo uso de métodos inovadores de irrigação automatizada, que funcionam como instrumentos eficientes na economia de água. |
| O uso de metodologia de otimização integrada para o dimensionamento de sistemas de irrigação  por gotejamento. | Gomes (1997) | Brasil | Analisar a eficácia do uso de metodologia de otimização integrada para o  dimensionamento de sistemas de irrigação  por gotejamento. | Foi utilizada a rede de distribuição esquematizada com parcelas planas, com o mesmo “layout”, sendo distribuídas em um terreno de relevo heterogêneo, irrigando  simultaneamente. | A análise dos custos dos projetos das parcelas de  forma integrada, facilita a tomada de decisão, com respeito a  uma melhor economia do sistema. |

**QUADRO 01**: Principais estudos base de dados *Science Direct* e *SciELO*

# **Fonte:** Elaborado pelos autores (2020)

De acordo com Reichard (1987), na literatura, nota-se que a irrigação foi uma das primeiras modificações no ambiente realizadas pelo homem primitivo. As primeiras tentativas de irrigação foram bastante rudimentares, mas a importância do manejo da água tornou-se evidente na agricultura moderna. Tribos nômades puderam estabelecer-se em determinadas regiões, irrigando terras férteis e, assim, assegurando produtividade suficiente para a sua subsistência.

Dados históricos das sociedades antigas mostram a sua dependência da agricultura irrigada, onde grandes civilizações desenvolveram-se nas proximidades de grandes rios como o rio Nilo, no Egito, por volta de 6000 A.C, rio Tigre e Eufrates, na Mesopotâmia, por volta de 4000 A.C, e Rio Amarelo, na China, por volta de 3000 A.C. Na Índia, há indícios da prática da irrigação em 2500 A.C, Nas civilizações antigas, a irrigação era praticada fazendo-se represamentos de água cercados por diques. Com o avanço da tecnologia e divulgação das mesmas, a irrigação espalhou-se por várias partes do mundo.

De acordo com Hillel (1970), a irrigação no Brasil depende de fatores climáticos. No semiárido do Nordeste, é uma técnica absolutamente necessária para a realização de uma agricultura racional, pois os níveis de chuva são insuficientes para suprir a demanda hídrica das culturas. Nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, podem ser considerados como técnica complementar de compensação da irregularidade das chuvas. A irrigação supre as irregularidades pluviométricas, chegando a possibilitar até três safras anuais. É o caso do município de Guairá (SP), onde operam mais de uma centena de equipamentos do tipo pivô central. Na Amazônia, o fenômeno é inverso, pois há excesso de chuvas; neste caso, deve-se retirar água do solo, através de drenagem.

Até no século XIX, a irrigação ainda era feita sem equipamentos específicos e utilizava-se somente o método de inundação (especialmente na cultura do arroz) e através de sulcos. Com o início da produção de tubulações específicas e estudos de aplicação de água, é que realmente começamos a verificar uma grande evolução nos sistemas de irrigação e métodos, José Giacoia Neto (2009).

Para Brito (2007), o interesse pela irrigação, no Brasil, emerge nas mais variadas condições de clima, solo, cultura e socioeconômica. Não existe um sistema de irrigação ideal, capaz de atender satisfatoriamente todas essas condições e interesses envolvidos. Em consequência, deve-se selecionar o sistema de irrigação mais adequado para certa condição e para atender os objetivos desejados. O processo de seleção requer a análise detalhada das condições apresentadas (cultura, solo e topografia), em função das exigências de cada sistema de irrigação, de forma a permitir a identificação das melhores alternativas.

As informações sobre a água são fundamentais para o bem-estar econômico nacional e local, proteção de vidas e propriedades e gestão eficaz dos recursos hídricos do país. Estes recursos estão se tornando mais fracos a cada dia. A água está ameaçada pelo crescimento demográfico, distúrbios climáticos e desenvolvimento urbano exponencial; é um grande motivo de preocupação para autoridades, usuários profissionais e consumidores (HARTMANN, 2010). Assim, torna-se necessário investir em métodos agrícolas que sejam viáveis ao atual contexto de sociedade em termos de preservação e sustentabilidade.

**3.1- Irrigação**

Irrigação significa regar a terra para torná-la pronta para a agricultura. É o processo de aplicação de água às plantações por meio de canais artificiais para cultivá-las.

Segundo Gomes (1997), a água é vital para o crescimento das plantas. E, não pode haver plantas ou safras se elas não tiverem acesso à água de alguma forma. É, portanto, crucial fornecer água às culturas e plantas a tempo de acordo com as suas necessidades. O fornecimento de água para as plantas vem de vários.

A irrigação é necessária para a agricultura e agricultura. Em primeiro lugar, permite o crescimento e a fotossíntese nas plantas. As plantas absorvem minerais e nutrientes do solo por meio de suas raízes. Esses minerais se dissolvem na água presente no solo. Em seguida, a água transporta esses nutrientes para todas as partes da planta. Dessa forma, permite o crescimento e a fotossíntese (GOMES, 1997).

Em segundo lugar, fornece a umidade que é crucial durante a fase de germinação do ciclo de vida da planta. Em terceiro lugar, ajuda a aumentar a fertilidade do solo ao adicionar umidade a ele. Também torna a terra mais fácil de arar. Por último, aumenta o rendimento dos profissionais que estão produzindo no campo (COMAGRI, 1996).

Ainda que a irrigação seja uma das práticas agrícolas mais importantes para as hortaliças, seu sucesso depende de o sistema de irrigação ser adequadamente dimensionado e manejado, e a água utilizada ser de qualidade satisfatória. O sistema deve possibilitar que a água seja aplicada uniformemente, no momento oportuno e na quantidade adequada (MAROUELLI *et. al.*, 2008).

Esse fluxo poderá ser controlado por um sistema de umidificação, no qual utilizarão dados através de sensores que envia informações para liberar a irrigação e colaborar para que aconteça no momento exato.

Na visão inicial, a irrigação era vista somente como aplicação de água e tinha como objetivo principal, a luta contra a seca e, ou, a criação de condições de subsistência para os produtores. No novo conceito, a irrigação evoluiu de simples aplicação de água na agricultura para um importante instrumento no aumento da produção, produtividade e rentabilidade, diminuição dos riscos de investimento. (MONTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

Agricultores familiares de Salto do Lontra, região Sudoeste do estado do Paraná, estão investindo na irrigação como alternativa para melhorar os resultados técnicos e econômicos de seus empreendimentos e diminuir os riscos de perdas na produção em consequência das estiagens. Hoje a tecnologia está presente em 117 propriedades rurais, cerca de 10% do total de unidades produtivas familiares existentes no município (AGROSOFT BRASIL, 2012).

A irrigação pode auxiliar os pequenos produtores a aumentar a produtividade de suas plantações, podendo mantê-los menos vulneráveis às variações climáticas. Traz também uma segurança para investimentos em novas culturas. “Projetos de irrigação de pequena escala podem gerar diversos benefícios, particularmente em termos de eficiência, baixos custos de participação e mais influência sobre a gestão dos recursos hídricos” (DILLON, 2011).

Irrigação é uma importante estratégia para otimização da produção de alimentos, permitindo geração de empregos e estabilidade de renda estável, ela não deve ser considerada isoladamente, mas sim como parte de um conjunto de técnicas utilizadas para garantir a produção de alimentos, mas também como uma forma de utilizar os recursos naturais de forma racional. Portanto deve levar em conta os aspectos de sistemas de plantio, rotação de culturas, cobertura de solos, manejo integrado de pragas e doenças (MANTOVANI; BERNADO; PALARETTI, 2009).

É importante falar sobre os Métodos Tradicionais de Irrigação. Esses sistemas de irrigação foram usados ​​em anos anteriores. No entanto, ainda hoje algumas pequenas fazendas em áreas rurais os adotam. Embora sejam mais baratos do que os métodos modernos, eles não são tão eficientes. Porque precisam de trabalho humano ou animal para funcionar. Alguns desses sistemas são: Fosso, Bomba de corrente, Dhekli e Rahat (GOMES, 1997).

**3.1.1- Principais métodos e sistemas de irrigação**

A irrigação por aspersão é o método em que a aplicação de água na superfície do terreno assemelha-se a uma chuva, isso devido ao funcionamento de um jato de água em gotas menores lançados no ar atmosférico sob pressão por meio de pequenos orifícios ou bocais (FEAGRI,2017).

Dentre suas vantagens, permite um bom controle da lâmina de água a ser aplicada desde que se tenha um bom manejo da irrigação e possibilita a automatização podendo o produtor obter economia de mão de obra, bem como a economia de água desde que seja bem dimensionado o sistema e que se aplique um programa de manejo de irrigação. Dentre as desvantagens, estão os elevados custos iniciais de operação e manutenção, o vento afeta a uniformidade de distribuição de água dos aspersores e é muito trabalhosa a atividade de transporte das tubulações portátil e acessório dos sistemas convencionais.

O sistema de irrigação por superfície é um método de irrigação não pressurizado, ou seja, distribuição da água para a cultura se dá por gravidade através da superfície do solo (FEAGRI, 2017). Dentre suas vantagens:

* Permite um menor custo unitário e uma boa simplicidade operacional.
* Não há necessidade de equipamentos de alta tecnologia, pois o sistema funciona bem com equipamentos simples.
* A economia com o uso de energia é menor quando comparado com aspersão.
* Dentre suas desvantagens:
* Existe a necessidade de um bom planejamento, pois o sistema apresenta uma baixa eficiência de distribuição de água durante a aplicação.
* Em área com declividades acentuadas é preciso à sistematização ou regularização do terreno, tornando- se mais trabalhoso.
* Seu dimensionamento é complexo, pois requer ensaios de campo e avaliações permanentes.

No sistema de irrigação localizada o sistema é projetado para funcionar distribuindo água em pequenas quantidades, nas áreas próximas as raízes das plantas (FEAGRI,2017). São usados dois métodos: gotejamento e micro aspersão.

Mendonça *et al.* (2020) salienta que a irrigação por gotejamento é um dos tipos mais eficientes de sistemas de irrigação. A eficiência da água aplicada e perdida, bem como o atendimento da necessidade de água da cultura, varia de 80 a 90%. o que significa que sua eficiência é o resultado de apenas dois fatores; aplicação de água gota a gota, o solo a embebe antes que evapore; a água é aplicada na zona da raiz da cultura (localizada) onde é mais necessária.

O gotejamento compreende a aplicação de água, gota a gota diretamente na região da raiz da planta em alta frequência e baixo volume, de modo que mantenha o solo na região radicular das plantas uma boa umidade. Com isso, a eficiência de aplicação é bem maior e o consumo de água menor. Dentre suas vantagens:

* Flexibilidade de trabalho - A irrigação por gotejamento não impede a execução de outros trabalhos simultâneos, na superfície, como a pulverização ou colheita.
* Conservação de energia - A baixa pressão que requerem esses sistemas (0,5 bar) requer pouco bombeamento, consumindo, portanto, menos energia que os sistemas de aspersão.
* Insumos de baixo custo - Ela torna também possível a aplicação uniforme de água, agroquímicos e fertilizantes na medida em que são necessários, economizando caros insumos. Não raro reduz o custo de produção de 25 a até 50% (MENDONÇA, *et al*. 2020).

Souza *et al*. (2006) questiona por que usar o sistema de irrigação por gotejamento, salienta que, ao fornecer água às plantas de acordo com os requisitos de água da planta, os sistemas de irrigação por gotejamento não geram poluição e nem escoamento e evapotranspiração muito pequenos. Ao usar este sistema, um agricultor pode certamente garantir uma boa gestão da água. A utilização de um tipo de sistema de irrigação por gotejamento oferece outros benefícios tanto para o agricultor quanto para a produção agrícola. O autor destaca algumas informações importantes com relação a este método de irrigação:

* Implementação simples de sensores de solo existentes Gestão do nível de umidade do solo; as safras são irrigadas imediatamente quando a umidade do solo cai abaixo do limite;
* Aplicação de fertilizantes e pesticidas combinados com irrigação
* Redução do crescimento de ervas daninhas e gerenciamento facilitado das atividades agrícolas no campo devido ao umedecimento localizado do solo
* A irrigação pode ser interrompida a qualquer momento (se ocorrer chuva), o que evita a irrigação excessiva
* Fácil de instalar, projetar e pode ser muito barato
* Possível implementar em quase qualquer tipo de terreno, solo e tipo de cultura; especialmente adequado para colheitas em linha de alto valor.

Souza *et al.* (2006) acrescenta que o sistema de irrigação por gotejamento é uma ótima solução em produções agrícolas com solos secos, salinos e de baixa drenagem e em solos onde a manutenção da umidade pode resultar em alta incidência de pragas de insetos e doenças.

Dentre suas desvantagens:

* O custo inicial de um sistema como esse e alto. E preciso adquirir filtros, bombas reguladoras, válvulas, medidores e canalizações.
* Os cultivos com esse sistema requerem mudanças no sistema de trato de solo, semeadura e colheita. É preciso educar e capacitar o pessoal que vai operá-lo.
* O pequeno orifício dos gotejadores pode obstruir-se com água suja. Por isso é necessário analisar-se a qualidade da água para detectarem-se problemas.

A Microaspersão se tratade um sistema de irrigação em que a água aspergida através de microaspersores (miniatura de aspersores) próximo ao sistema radicular das plantas (FEAGRI,2017). Dentre suas vantagens: Permite economia de água, pois irriga apenas a área ao redor da planta.

• Não precisa de conjunto de motobombas de alta potência, pois o sistema opera em baixas pressões e vazões e curtos períodos de operação, reduzem a energia elétrica e permite a automação.

• Limita o desenvolvimento e a disseminação de ervas daninha.

* Dentre suas desvantagens:
* Um elevado custo inicial quando comparado a outros sistemas.
* É um sistema que necessita constantemente de manutenção devido a problemas de entupimento nos emissores.
* O sistema radicular da planta pode apresentar limitação no crescimento devido ao fato das raízes tenderem a se desenvolver somente na região do bulbo molhado, próximo ao emissor, ao longo de cada linha lateral.

**3.1.2- Irrigação sustentável**

Muitos agricultores em todo o mundo obtêm água da superfície. A água superficial é a água que ainda não atingiu o lençol freático subterrâneo. Ele pode ser encontrado em lagoas naturais, córregos e rios ou coletado em bacias, reservatórios ou lagoas artificiais para uso posterior. Isso é para aqueles que têm a sorte de estar perto de um corpo de água doce ou que aprenderam a coletar água durante as estações chuvosas (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2017).

Cada um desses métodos de irrigação sustentáveis ​​tem suas vantagens e desvantagens. A principal desvantagem de usar um método mais eficiente geralmente é o tempo ou o dinheiro necessário. Por exemplo, é barato redirecionar um riacho ou água subterrânea já coletada para um campo onde os sulcos são cavados. A água corre ao longo desses sulcos, inundando o campo por um curto período de tempo sem danificar as sementes ou plantações. Este método é conhecido como irrigação por inundação ou sulco. No entanto, isso usa muito mais água do que o necessário (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2017).

As novas tecnologias de irrigação constituem uma importante estratégia para o uso eficiente da água, pois à medida que o preço de oferta aumenta, produz-se a necessidade de substituição dos sistemas tradicionais de irrigação por outros mais modernos, capazes de proporcionar maior eficiência (PAZ, TEODORO, MENDONÇA, 2000, p.2).

Muitos proprietários de casas têm a impressão errada de que usar a mangueira “como seu pai fazia” para regar o gramado é mais econômico do que instalar um sistema de irrigação automatizado. Pelo contrário, a instalação de sistemas de irrigação automatizados é uma forma eficaz de reduzir os custos com água, evitar regas irregulares e manter o relvado mais saudável. Além disso, a instalação de um sistema de irrigação eficiente também pode aumentar o valor da sua propriedade e economizar seu tempo. Estes são os três principais problemas resolvidos com a instalação de um sistema de irrigação automatizado.

Quando se tem seu sistema automatizado de irrigação/aspersão instalado por um profissional, garante-se que a água seja distribuída de forma eficiente pelos bicos.

Quando instala-se sistemas de irrigação, investem-se uma boa quantidade de tempo planejando o *layout* de forma que o raio de cada bico distribua a água por onde ela precisa ir e de maneira uniforme, evitando o excesso ou falta de rega. Ao projetar esse *layout*, levam-se em consideração quaisquer declives, juntamente com outros fatores, que podem fazer com que a água flua e não seja absorvida adequadamente pelo solo. Embora seja possível regar uniformemente com uma mangueira, é demorado e não é tão confiável quanto um aspersor programado.

Além de reduzir o custo das contas de água e manter o gramado saudável, o sistema de irrigação automatizado certo pode ajudar a aumentar o valor da propriedade, além de economizar tempo. A maioria dos novos compradores de imóveis hoje espera uma casa com amenidades como o sistema de irrigação. Eles não pretendem gastar de 2 a 5 horas por semana regando a casa com uma mangueira.

A seguir são apresentados alguns resultados da pesquisa acerca destes métodos mais inovadores de irrigação, que abrange o uso da ciência e tecnologia na agricultura.

## 3.2- Automação na irrigação

Ao longo da história, os avanços científicos e tecnológicos tiveram um grande impacto na indústria agrícola. Os primeiros agricultores melhoraram sua produção agrícola inventando as primeiras enxadas. Hoje, os agricultores melhoram a produção agrícola por meio do uso de sistemas de posicionamento global (GPS) (EUCLIDES FILHO, *et al.* 2011).

O autor acrescenta que automatizar a irrigação é uma ótima maneira de economizar água. Uma das últimas inovações em automação de irrigação é o uso de sensores de umidade do substrato para iniciar a irrigação. Esses sensores são relativamente baratos e, quando usados, podem economizar água e, consequentemente, reduzir a poluição e o gasto com energia elétrica para bombas em poços. Uma grande variedade de plantas anuais e perenes pode ser irrigada com apenas 0,3 a 1,3 galões de água durante todo o ciclo de cultivo usando sensores de umidade do substrato (GARCIA, *et al.* 2008).

Segundo o autor supracitado, à medida que novas ideias eram experimentadas e aplicadas ao cultivo e à pecuária, elas eram compartilhadas e passadas para a próxima geração, conforme os pais ensinavam seus filhos. Tribos vizinhas trocaram ideias entre si e com novos colonos. Mais recentemente, cientistas que estudam em universidades dedicam suas vidas à pesquisa e ao desenvolvimento de produtos e práticas agrícolas. Os fazendeiros e cientistas agrícolas de *Iowa* se beneficiaram e contribuíram para “a ciência agrícola em constante evolução. Segundo Euclides Filho *et al*. (2011, p.1) a pesquisa agrícola teve um papel preponderante no sentido de oferecer tecnologias que assegurem a consolidação de sistemas agrícolas”.

Euclides Filho *et al.* (2011) acredita que uma automação de sistemas de irrigação tem vários efeitos positivos. Uma vez instalado, a distribuição de água em campos ou jardins de pequena escala é mais fácil e não precisa ser permanentemente controlada por um operador. Existem várias soluções para projetar sistemas de irrigação automatizados. Os sistemas modernos de grande escala permitem que grandes áreas sejam gerenciadas por apenas um operador.

Os sistemas de irrigação por aspersão, gotejamento ou gotejamento subterrâneo, na visão do autor supracitado, requerem bombas e alguns componentes de alta tecnologia e, se usados para grandes superfícies, também são necessários operadores qualificados. Também existem soluções de alta tecnologia usando GIS (plataforma para analisar dados) e satélites para medir automaticamente o conteúdo das necessidades de água de cada parcela da cultura e otimizar o sistema de irrigação. Mas a automação da irrigação às vezes também pode ser feita com aparelhos mecânicos simples: com panelas de barro ou redes de irrigação de cápsulas porosas ou irrigação de garrafa (ver também irrigação manual).

Considerando uma irrigação de qualidade, o produtor contará com o auxílio de novos conceitos de automação para a finalidade de reduzir o desperdício de recursos hídricos. Com o desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado utilizando a plataforma Arduíno, será de grande utilidade, pois além da facilidade de utilização e acesso a essa tecnologia, possibilita também o desenvolvimento de um sistema preciso e de baixo custo possibilitando aos agricultores de pequeno e grande porte a oportunidade de usufruir dos benefícios do sistema. Como afirma GUIMARÃES (2011, p. 12).

A plataforma Arduíno surgiu em 2005 na Itália, como uma proposta para diminuir o custo de desenvolvimento de sistemas embutidos e microcontrolados. Os sistemas embutidos têm como objetivo interagir sistemas microcontrolados com o ambiente através de sensores e um software específico. A plataforma integra hardware e software de forma intuitiva, simples e aberta a comunidade de desenvolvedores (EVANS; NOBLE; HOCHENBAU, 2013; ROBERTS, 2011).

Os autores observam que o desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado utilizando a plataforma Arduíno, é de grande utilidade, pois além da facilidade de utilização e acesso a essa tecnologia, possibilita também o desenvolvimento de um sistema preciso e de baixo custo possibilitando aos agricultores de pequeno e grande porte a oportunidade de usufruir dos benefícios do sistema (FREIRE, *et al.* 2019).

Hoje em dia a escassez de água é uma fonte de grande preocupação para a agricultura e o uso de tecnologia para controlar os sistemas de irrigação tornou-se um requisito essencial.

Sendo assim a estratégia deste produto inovador, nesse sentido, é a realização de tipos de irrigação que economizem água, diminuindo a quantidade de recursos hídricos que não são aproveitados no processo produtivo do campo, assim contribuindo com o meio ambiente além da expansão do agronegócio. Sensores garantem umidade adequada do substrato para plantas de alta qualidade. A maioria dos sensores de umidade do substrato mede literalmente a quantidade de água no solo. Isso geralmente é expresso em volume, como a razão entre o volume de água e o volume do substrato em uma panela, conforme a Equação 1 (BRUNETT, *et al.* 2012).

|  |  |
| --- | --- |
| (porcentagem do conteúdo de umidade do substrato = (volume de água x volume do substrato) / 100) | (1) |

Em substratos à base de turfa, o teor de umidade do substrato de 45 a 50 por cento está próximo da capacidade do recipiente. Plantas de alecrim cultivadas com 5 por cento de teor de umidade em um substrato de turfa e perlita estão mortas, enquanto aquelas com 30 por cento ou mais são plantas grandes de alta qualidade (FANTU, *et al.* 2018).

Os sensores podem ser usados ​​em uma ampla variedade de substratos (misturas à base de turfa, lã de rocha, perlita). No entanto, a porcentagem de umidade aplicada pode variar dependendo do substrato usado. Se o alecrim tivesse sido cultivado em um substrato bem drenado com casca, o substrato drenaria muito mais rapidamente e as porcentagens necessárias para manter as plantas de alta qualidade pode ser maior. Se o usuário estiver usando sensores de umidade em sua própria mistura personalizada, deve tentar diferentes teores de umidade em um pequeno número de plantas para determinar o ponto de ajuste correto para seu sistema de irrigação (GARCIA, *et al.* 2008).

Existem muitos sensores disponíveis para os produtores, e eles variam em custo e confiabilidade. Alguns sensores de umidade são sensíveis à condutividade elétrica e temperatura, por isso é importante selecionar um sensor que forneça medições confiáveis ​​quando as condições ambientais dentro de sua estufa forem normais (TRILLES, *et al.* 2019).

Um tipo comum de sensor consiste em dois eletrodos separados por um material chamado dielétrico. Os substratos ou meios de envasamento para estufa são dielétricos, uma propriedade que é altamente dependente do teor de umidade. Esses sensores têm um tempo de resposta rápido com sondas curtas para medir a umidade do vaso e são relativamente baratos (TRILLES, *et al.* 2019).

Os sensores variam em tamanho de 4 polegadas (EC-10) a 2 polegadas (EC-5), portanto são pequenos o suficiente para caber em um recipiente de 4 polegadas, mas não em uma bandeja de plugue. Embora esses sensores possam ser usados ​​em uma ampla faixa de condutividades elétricas, aplicar *topdressing* ou balançar muito perto do sensor causa medições incorretas. Usar alimentação líquida ou incorporar fertilizantes de liberação lenta ou afastar os sensores dos sensores proporcionará melhores resultados. Novos sensores medem a umidade do substrato, condutividade elétrica e temperatura. Esses sensores fornecem aos produtores a possibilidade de integrar medição e automação de irrigação e fertirrigação (CHANG, *et al.* 2014).

Os sensores de umidade são usados ​​principalmente para automatizar a irrigação em sistemas de irrigação por gotejamento, mas também têm sido usados ​​em sistemas de manta capilar. Para irrigação por gotejamento, os sensores são inseridos de forma que fiquem na vertical em um ângulo de 45 graus no vaso. Como os sensores fazem as medições médias ao longo do comprimento do sensor, inseri-los verticalmente garante que você está medindo na zona raiz (CHANGE, *et al.* 2014).

Muitos produtores estão preocupados com a variação espacial em estufas de quantos sensores precisa para automatizar uma bancada? Se o usuário tiver um sensor automatizando uma bancada inteira, as variações de luz ao longo da bancada podem fazer com que algumas plantas sequem mais rápido do que outras. Isso é algo para se ter em mente ao projetar um sistema (CHANGE, *et al.* 2014).

Ao projetar um sistema de gotejamento com sensores, é aconselhável agrupar as plantas de acordo com o tamanho. Os sensores usados ​​para automatizar a irrigação devem ser colocados na bancada nos locais em que você prevê que vai secar primeiro - podem ser as plantas maiores ou cantos e bordas. As plantas que vão secar mais lentamente (plantas pequenas ou aquelas no centro da bancada) podem conter sensores para monitoramento para evitar irrigação excessiva ou problemas de doenças. O uso de irrigação automatizada por sensor na verdade evita patógenos e custos econômicos associados (BRUNETT, *et al.* 2012).

Portanto, é importante que o produtor saiba que seu sistema de irrigação está funcionando corretamente e que seus vasos de plantas estão recebendo as quantidades corretas de água e fertilizante. Alguma variação na umidade do vaso e fertilizante é sempre esperada, portanto, medir vasos selecionados em locais espaciais-chave da esteira informará aos produtores que o sistema está fornecendo umidade suficiente (BRUNETT, *et al.* 2012).

## 3.3- Técnicas de irrigação

Água é um dos elementos mais importantes do mundo, o que torna a agricultura crucial para a humanidade, pois utiliza a água (irrigação) para nos fornecer alimentos. As mudanças climáticas e o rápido aumento da população exerceram muita pressão sobre a agricultura, o que tem um efeito de bola de neve sobre os recursos hídricos da terra, o que se provou ser crucial para o desenvolvimento sustentável (ATLAS IRRIGAÇÃO, 2020).

A necessidade de acabar com os combustíveis fósseis nos sistemas de irrigação de energia não pode ser subestimada devido às mudanças climáticas. Os sistemas de irrigação inteligente alimentados por fontes de energia renováveis comprovadamente melhoram o rendimento das safras e a lucratividade da agricultura (ATLAS IRRIGAÇÃO, 2020).

A irrigação é uma técnica utilizada na agricultura para suprir a necessidade de água em uma região de plantio. Essa técnica utiliza de diversos equipamentos, acessórios e técnicas de manejo. Existem três tipos principais de irrigação: superficial, localizada e aspersão. Algumas características definem qual tipo de irrigação é adequada para o plantio, como por exemplo o tipo do solo, o clima e entre outros (AGROSMART, 2016).

A agricultura é a chave para o desenvolvimento sustentável e redução da pobreza em muitos países do terceiro mundo. Fantu *et al*. (2018) mostrou a evidência disso usando a Etiópia tem um estudo de caso. A modernização e o desenvolvimento não podem ocorrer em um país até que a questão do desenvolvimento sustentável na agricultura seja abordada, enquanto a irrigação é crucial para a realização desse desenvolvimento sustentável.

A irrigação exige uma fonte estável de eletricidade, mas a ausência de uma fonte de energia conectada à rede estável em muitas áreas remotas significa que a maioria desses sistemas dependem de motores a diesel para energia. A agricultura é um dos principais contribuintes para a mudança climática embora nem tudo isso seja resultado do uso de combustível fóssil em sistemas de irrigação. Além disso, espera-se que as mudanças climáticas tenham um impacto negativo na agricultura e representem uma grande ameaça à segurança alimentar.

Para resolver este problema, fontes de energia renováveis ​​como a energia solar, podem ser empregadas para alimentar sistemas de irrigação. Outro fator crucial nos sistemas de irrigação é a necessidade de uma gestão eficiente da água para evitar o desperdício. A má gestão dos recursos hídricos pode ter efeitos adversos no mundo como um todo, portanto, há uma necessidade de monitoramento e controle inteligentes nos sistemas de irrigação.

A implementação de sistemas de irrigação alimentados pelas tecnologias pode ser vista como um dos muitos aspectos da computação verde, que visa diminuir as emissões de carbono e criar métodos eficazes para utilizar nossos avanços tecnológicos de computação sem ter um efeito adverso no meio ambiente. A computação verde tem muitos aspectos, Murugesan (2008) identificou quatro aspectos que são uso verde, descarte verde, design verde e manufatura verde. Sustentabilidade tem tudo a ver com garantir às gerações presentes e futuras a capacidade de autossuficiência.

A computação é responsável por cerca de 10% das emissões mundiais de CO2 em um ambiente de *Internet of Everything* - *IoE* como um aspecto da computação verde pode ter um papel importante a desempenhar na sustentabilidade ambiental em países em desenvolvimento.

Hoje, a agricultura usa quase 85% dos recursos mundiais de água doce, embora ainda use métodos tradicionais de irrigação, e espera-se que a demanda por água cresça nos próximos anos. O controle de programação de irrigação tornou-se um importante tópico de pesquisa, que inclui programação de irrigação em um sistema de irrigação movido a energia solar, sistemas de bombeamento de água movidos a energia solar, irrigação solar fora da rede, energia eólica sistemas de bombeamento para irrigação, modelos de previsão de consumo de água, gerenciamento inteligente de água, redes de sensores sem fio para coleta e monitoramento de dados (MURUGESAN, 2008).

Para grandes áreas agrícolas, uma Rede de Sensor Wireless (*RSSF*) pode ser empregada na qual vários nós sensores podem ser distribuídos sobre a grande área. A eficácia da agricultura inteligente pode ser melhorada ao prever o tempo ideal para adubação, aplicação de fertilizantes e pesticidas, como foi demonstrado em usando redes de Memória de Longo Prazo para prever a umidade do solo, temperatura do solo e temperatura do ar. O sistema inteligente baseado em *Internet of Things - IoT* proposto usa um algoritmo inteligente, que usa dados detectados e parâmetros meteorológicos previstos (umidade, precipitação, temperatura do ar e nível de UV).

Em resumo, a maioria dos sistemas de irrigação desenvolvidos anteriormente não considera as condições meteorológicas previstas ao tomar decisões de irrigação. Vários autores se concentraram na previsão do tempo, meio ambiente e condições do solo, mas não no contexto do desenvolvimento de sistemas agrícolas inteligentes. Como resultado, grandes quantidades de água e energia são desperdiçadas, levando a quebras de safra (devido ao excesso de água) quando a irrigação da safra coincide ou é imediatamente seguida por precipitação.

## 3.3.1- Irrigação superficial

**Essa forma é** para o ponto de **infiltração**que passa pela **superfície do solo**. Os sistemas de irrigação são comuns para esse tipo são as irrigações por **inundações** e as irrigações por **sulcos. As vantagens são** favorecer um baixo custo para implantação, economia na energia e manutenção no qual o vento não limita a irrigação com isso promovendo a criação do nitrogênio atmosférico e favorecimento do crescimento de algas verde-azuis. A desvantagem desse sistema é a água parada no qual as plantas podem ficar sensíveis, por causas das dificuldades de respiração das raízes (AGROSMART, 2016).

A técnica de irrigação por superfície consiste na aplicação direta da água no solo, desde que este esteja nivelado. Com ajuda da gravidade a água se movimenta uniformemente pela área de cultivo, abrangendo toda a área, e se infiltra no solo (AGROSMART, 2016). É a técnica utilizada na produção de arroz.

A técnica de irrigação por superfície pode ser dividida em dois modos: por sulcos ou por inundação. A técnica de irrigação por sulcos consiste na aplicação da água em pequenos canais nos quais percorrem todas as linhas da cultura e escoando por sulcos. Para o de inundação, a água é aplicada em toda a área e se acumula até se formar um “espelho d’água” (TESTEZLAF, 2011).

## 3.3.2- Técnica de irrigação localizada

Nessa forma de aplicação no qual a água na área ocupada pelas **raízes**das plantas, no qual a planta recebe a irrigação centralizada, formando um**círculo molhado.** É muito usado na produção de **frutíferas**. Dois exemplos em técnicas que usam essa aplicação **microaspersão** e o**gotejamento.**

As vantagens para essa técnica de irrigação são o pouco investimento de mão de obra, menos gastos em energia no qual deixa a eficiência de aplicação mais elevada, pois assim a água é aplicada diretamente na raiz e menos perdas por evaporação. E as desvantagens são os custos muito alto inicialmente, pelo investimento nas quantidades de tubulações e a facilidade de entupimento por pequenos furos de saída da água (TESTEZLAF, 2011).

A técnica de irrigação localizada tem como característica a utilização de pouca água e é bastante utilizada atualmente, geralmente ela é utilizada em pequenas áreas planas, para não alterar na pressão de cada gotejador, e em determinados tipos de culturas. Basicamente essa técnica consiste na aplicação de água na raiz ou tronco de cada planta, formando uma pequena área irrigada ao redor da planta (TESTEZLAF, 2011).

A técnica pode ser utilizada em duas categorias, a primeira por gotejamento e a segunda por microaspersão. A técnica por gotejamento resume-se em tubulações que levam a água até a raiz de cada planta. Com ajuda de gotejadores, à água é aplicada na raiz da planta constantemente ou em intervalos de tempos. A técnica por microaspersão tem como característica um microaspersor para cada planta, no qual é encarregado em distribuir a água ao redor da planta por meio de gotas de água jogadas ao ar (TESTEZLAF, 2011).

## 3.3.3- Técnica de irrigação por aspersão

Essa técnica que faz a simulação da chuva artificial onde um aspersor no estilo de um chamariz que joga a água para o ar, que por várias resistências que expelem milhares de gotículas de água que caem sobre o solo e plantas. Possibilitando a irrigação de um espaço grande em pouco tempo.

O ganho desse método de irrigação é a sua facilidade de aplicação e as desvantagens são o grande aumento de doenças por causas das folhagens úmidas; custos iniciais elevados, gastos em energia e de manutenção; problemas com os ventos e por terreno acidentados (TESTEZLAF, 2011).

A técnica por aspersão tenta imitar o efeito da chuva distribuindo a água em formas de gotas na área por meio de aspersores espalhados na cultura. Esta técnica é bastante utilizada por grandes áreas de plantio, por causa da grande área coberta pelos aspersores (TESTEZLAF, 2011).

A técnica por aspersão é dividida em convencionais ou mecanizados. Os convencionais utilizam de moto bomba, tubulações e aspersores espalhados pela cultura, assim cada aspersor cobre uma área fixa ao mesmo tempo. Para o mecanizado é construído uma estrutura no qual os aspersores são montados. Essa estrutura percorre toda a cultura irrigando uniformemente (TESTEZLAF, 2011).

LIN *et al.* (2020) destaca que os estudos existentes sobre gestão de irrigação e fertilização têm mais foco na gestão de curto prazo e valorizado a oportunidade da programação de recursos. Porém, a gestão de curto prazo é insustentável, pois ignora os objetivos econômicos e ambientais das atividades produtivas e não se aplica quando os recursos são limitados. Para preencher essa lacuna, este estudo desenvolve uma estrutura para o sistema de irrigação e fertilização com base em *Internet of Things - IoT*, no qual são considerados os planejamentos de curto e longo prazo.

Com base na estrutura, um modelo de programação linear inteira é desenvolvido para alocar recursos limitados entre várias culturas com o objetivo de maximizar os lucros econômicos e benefícios ambientais. Depois disso, um algoritmo genético híbrido é projetado para resolver o modelo de otimização. Finalmente, experimentos numéricos baseados em um estudo de caso são conduzidos para testar a eficácia do modelo e método de solução propostos.

Torkya, Hassanein (2020) destacam a necessidade de desenvolver sistemas P2P-peer-to-peer inteligentes, um tipo de rede de computadores onde cada estação possui capacidades e responsabilidades equivalentes capazes de verificar, proteger, monitorar e analisar dados agrícolas está levando a pensar sobre a construção de sistemas *Internet of Things – IoT* baseados em *blockchain* na agricultura de precisão.

O *Blockchain* desempenha o papel de fundamental na substituição dos métodos clássicos de armazenamento, classificação e compartilhamento de dados agrícolas de uma maneira mais confiável, imutável, transparente e descentralizada. Na agricultura de precisão, a combinação da Internet das Coisas (*IoT*) e do *blockchain* nos moverá de apenas fazendas inteligentes apenas para a internet de fazendas inteligentes e adicionará mais controle nas redes de cadeias de suprimentos.

Para Torkya, Hassanein (2020), o resultado dessa combinação levará a mais autonomia e inteligência na gestão da agricultura de precisão de forma mais eficiente e otimizada. Este artigo apresenta uma pesquisa abrangente sobre a importância de integrar o *blockchain* e a *IoT* no desenvolvimento de aplicativos inteligentes na agricultura de precisão. Os autores também apresentam novos modelos de *blockchain* que podem ser usados ​​como soluções importantes para os principais desafios em sistemas agrícolas de precisão baseados em *IoT*.

Além disso, os autores revisaram e discutiu claramente as principais funções e pontos fortes das plataformas *blockchain* comuns usadas no gerenciamento de vários subsetores na agricultura de precisão, como lavouras, pecuária e cadeia de abastecimento alimentar. Discutiram sobre alguns dos desafios de segurança e privacidade e questões de *blockchain* aberto que impedem o desenvolvimento de sistemas *blockchain-IoT* na agricultura de precisão (TORKYA, HASSANEIN, 2020).

Cisternas *et al*. (2020) observam que a produção agrícola depende muito de fatores hídricos e do solo, que cada vez mais precisam ser utilizados com eficiência. A agricultura de precisão, através do conjunto de tecnologias de informação que utiliza, permite gerir eficazmente estes recursos.

Cisternas *et al*. (2020) concluíram que os sensores remotos são a tecnologia mais utilizada, o conhecimento necessário é um critério importante para a decisão de implementar a agricultura de precisão e não foi encontrado nenhum *framework* que oriente sua implementação.

Coelho (2018) ressalta que um sistema de programação e implementação de irrigação que incentiva o desenvolvimento saudável das raízes, reduz o desperdício de nutrientes, produtos químicos e água, ao mesmo tempo que maximiza a utilização de insumos em cada zona, em cada campo.

Para os autores, existem muitos equipamentos de irrigação, sendo necessária a contratação de profissionais habilitados da área das tecnologias, uma vez que se o *hardware* atual não estiver funcionando corretamente, será difícil fazê-lo funcionar com precisão.

Coelho (2018) acrescenta que aceitar que a irrigação de precisão é uma mudança de gerenciamento e ficará mais fácil e mais lucrativa a cada ano. A mudança para um sistema de gerenciamento de irrigação de precisão exigirá algumas mudanças. Isso nem sempre será fácil, mas um especialista em dados de precisão de qualidade pode ajudar a aliviar o estresse da mudança.

Mendonça *et al.* (2020) identificou em sua pesquisa que o uso de tecnologias para a aplicação de água residuária doméstica propiciou o combate ao desperdício de água, evitando assim a degradação e o esgotamento da água nos locais de irrigação. Para o autor, a automação no processo de irrigação permite que a água seja reutilizada em residuárias domésticas, o que se caracteriza uma excelente forma de minimização o problema de escassez hídrica, especialmente nas regiões que mais sofrem pela falta de chuva.

Kuang (2007) destaca que um sistema de irrigação automatizado precisa ser desenvolvido para otimizar o uso da água para as culturas agrícolas. Um sistema de irrigação automático inteligente deve ter todos os componentes que monitoram e controlam de forma autônoma o nível de água disponível para as plantas sem qualquer falha ou intervenção humana.

Quanto ao gerenciamento automatizado de irrigação, Kuang (2007) projeta um conjunto de sistema de controle automático de irrigação com economia de água, que inclui o teor de umidade do limite de irrigação da planta para realizar o sistema de irrigação automática. De acordo com os baixos níveis de gerenciamento de irrigação no desenvolvimento atual da produção de morango, um algoritmo de irrigação de morango orgânico adequado é proposto com base no limiar de irrigação de morango, e pode ser alcançado usando tecnologia *Wi-Fi*, rede 3G e servidor remoto.

# **4- Conclusão**

Após a realização deste estudo, observa-se que os métodos de irrigação tradicionais são importantes, entretanto, é preciso pensar sobre a necessidade de investir em técnicas sustentáveis, capazes de permitir o melhor aproveitamento dos recursos hídricos brasileiros.

Cada um dos métodos de irrigação sustentáveis ​​tem suas vantagens e desvantagens. A principal desvantagem de usar um método mais eficiente geralmente é o tempo ou o dinheiro necessário.

No tocante ao sistema de irrigação automatizado precisa ser desenvolvido para otimizar o uso da água para as culturas agrícolas no Brasil. Um sistema de irrigação automático inteligente deve ter todos os componentes que monitoram e controlam de forma autônoma o nível de água disponível para as plantas sem qualquer falha ou intervenção humana.

A pesquisa demonstrou que o desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado utilizando a plataforma Arduíno, é de grande utilidade, pois além da facilidade de utilização e acesso a essa tecnologia, possibilita também o desenvolvimento de um sistema preciso e de baixo custo possibilitando aos agricultores de pequeno e grande porte a oportunidade de usufruir dos benefícios do sistema.

Este sistema pode ajudar na redução do trabalho árduo do sistema de irrigação por pulso devido a válvulas liga/desliga manualmente, custo e economia de tempo. O uso de sensor de umidade e válvula tornam o sistema de irrigação inteligente.

Com relação ao método mais eficiente de irrigação, identificou-se que a irrigação por gotejamento, que é o sistema no qual a água é frequentemente e lentamente aplicada diretamente na zona da raiz da cultura, é um método eficiente e, embora os sistemas de gotejamento irriguem apenas uma parte do solo, a quantidade de solo úmido depende das características do solo, da duração do período de irrigação, da descarga do emissor e do número e espaçamento dos emissores.

A irrigação por gotejamento é o sistema de distribuição de água e nutrientes mais eficiente para o cultivo. Ele fornece água e nutrientes diretamente para a zona da raiz da planta, nas quantidades certas, no momento certo, para que cada planta receba exatamente o que precisa, quando precisa, para crescer de forma otimizada. Ele permite que os agricultores produzam rendimentos mais elevados enquanto economizam água, fertilizantes, energia e até produtos de proteção à lavoura.

Neste tipo de irrigação, água e nutrientes são fornecidos através do campo em tubos chamados 'tubos gotejadores', com unidades menores conhecidas como 'gotejadores'. Cada gotejador emite gotas contendo água e fertilizante, resultando na aplicação uniforme de água e nutrientes direto na zona da raiz de cada planta, em todo o campo.

A eficiência da água aplicada é perdida, bem como o atendimento da necessidade de água da cultura, varia de 80 a 90%, o que significa que sua eficiência é o resultado de apenas dois fatores: aplicação de água gota a gota, o solo a embebe antes que evapore; a água é aplicada na zona da raiz da cultura (localizada) onde é mais necessária.

**Referências**

AGRO LINK, 2018. *Mercado de irrigação deve crescer*. Disponível em: [https://www.agrolink.com.br/noticias/mercado-de irrigacaodevecrescer\_410909.html](https://www.agrolink.com.br/noticias/mercado-de%20irrigacaodevecrescer_410909.html). Acesso em 13 de abril de 2020.

AGROSMART, 2016. *Vantagens e desvantagens dos principais tipos de irrigação*. Disponível em: https://agrosmart.com.br/blog/vantagens-tipos-de-irrigacao. Acesso em: 23 de junho de 2020.

ANA, 2019. *Especialistas apontam desperdício de água na irrigação agrícola*. Disponível em: [https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/especialistas-apontam-desperdaciode-a-gua-na.2019-03-15.9526508339](https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/especialistas-apontam-desperdacio-de-a-gua-na.2019-03-15.9526508339). Acesso em 10 de abril de 2020.

ATLAS IRRIGAÇÃO, 2017. *Uso da água na agricultura irrigada*. Disponível em <http://atlasirrigacao.ana.gov.br>. Acesso em 15 de abril de 2020.

GARCÍA, A. M. *et al.*, Coupling irrigation scheduling with solar energy production in a smart irrigation management system, J. Clean. Prod., 175 (2018), 670–682. 5. M. Kala, U. Sadrul and B. Steven, *Solar photovoltaic water pumping—opportunities and challenges, Renew. Sust. Energ.* Rev., 4, 2008.

BRUNETT, S. *et al.* *Save Water With Automation And Sensors*. 2012. Disponível em: https://www.greenhousegrower.com/production/plant-culture/special-series/save-water-with-automation-and-sensors/#:~:text=Automating%20irrigation%20is%20a%20great%20way%20to%20save%20water.&text=These%20sensors%20are%20relatively%20inexpensive,electricity%20for%20pumps%20in%20wells. Acesso em 15 de abril de 2020.

CASTRO, N. *Apostila de irrigação*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. Apostila. Acesso em: 18/05/2020.

CHANGE, S. *et al.* *Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, 2014.

# CISTERNAS, I. *et al.* Systematic literature review of implementations of precision agriculture. [Volume 176](https://www.sciencedirect.com/science/journal/01681699/176/supp/C), September 2020, 105626. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169920312357?via%3Dihub>. Acesso em 1 de outubro de 2020.

COELHO, R.D. *Irrigação de Precisão*. USP, Esalq, 2018. Disponível em; <http://www.leb.esalq.usp.br/disciplina/irriga%C3%A7%C3%A3o-de-precis%C3%A3o>. Acesso em 1 de outubro de 2020.

COMAGRI - *Comissão da Agricultura Irrigada*. Secretaria da Agricultura e Reforma Agrária. Fortaleza, maio de 1996.

EMBRAPA, 2018. *O desafio do uso da água na agricultura brasileira*. Disponível em [<https://www.embrapa.br/agua-na-agricultura/sobre-o-tema>](https://www.embrapa.br/agua-na-agricultura/sobre-o-tema). Acesso em 5 de abril de 2020.

EUCLIDES FILHO, K. *et al.* *O papel da ciência e da tecnologia na agricultura do futuro*. Revista de Política Agrícola, Ano XX – No 4 – Out./Nov./Dez. 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/930906/1/Opapeldaciencia.pdf>. Acesso em 15 de setembro de 2020.

EVANS, M; NOBLE, J; HOCHENBAUM, J. *Arduíno em Ação*. São Paulo: Novatec, 2013. Acesso em: 18 de maio de 2020.

FANTU, B. N. *et al.,* *Agricultural Transformation in Africa?* Assessing the Evidence in Ethopia, World D e v. , 105, 2018.

FREIRE, B. A. *et al*. Ateliê Técnico Científico: Sistema de Irrigação Automatizada na instituição de ensino particular Rede Doctum. Caderno de Resumos, Espírito Santo, outubro/novembro 2019.

GOMES, H.P. *Engenharia de irrigação*. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1997.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPIRITO SANTO, *lei nº 10.179, da política estadual de recursos hídricos.1998*.Disponível em:<http://www3.al.es.gov.br/Arquivo/Documents/legislacao/html/LO10179.html>. Acesso em 02 de abril de 2020.

GRAZIANO, X. *Irrigação Agrícola e Desperdício de Água***.** 2015. Disponível em: [https://opiniao.estadao.com.br/noticias/geral,irrigacao-agricola-e-desperdiciode-agua-imp-,1643238](https://opiniao.estadao.com.br/noticias/geral,irrigacao-agricola-e-desperdicio-de-agua-imp-,1643238). Acesso em 14 de abril de 2020.

HARTMANN, Philipp. *A Cobrança pelo uso da água como instrumento econômico na política ambiental*. Porto Alegre: AEBA, 2010.

IRRIGACAO.NET, 2016. *Conheça mais sobre a história da irrigação no Brasil*. Disponível em: https://www.irrigacao.net/irrigacao/conheca-mais-sobre-a-historia-da-irrigacaono-brasil. Acesso em 15 de abril de 2020.

KUANG, Q. *Monitoramento automático e sistema de controle de irrigação com economia de água*. 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/293299211\_Automatic\_monitor\_and\_control\_system\_of\_water\_saving\_irrigation. Acesso em 18 outubro de 2020.

LIN, Na. *et al*. *Fertigation management for sustainable precision agriculture based on Internet of Things*. [Journal of Cleaner Production](https://www.sciencedirect.com/science/journal/09596526), [Volume 277](https://www.sciencedirect.com/science/journal/09596526/277/supp/C), 20 December 2020, 124119. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620341640. Acesso em 2 de outubro de 2020.

MURUGESAN, S. Harnessing green IT*: Principles and practices.* IT Professional, v. 10, n. 1, 2008, p. 24-33.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil*: Identificação de Áreas Prioritárias / Editores: José Roberto Borghetti, Washington L. C. Silva, Helder Rafael Nocko, Luís Nicolas Loyola, Gustavo Kauark Chianca – Brasília, 2017.

PAZ, V.D; TEODORO, R.E; MENDONÇA, F.C. *Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente***.** ev. bras. eng. agríc. ambient. vol.4 no.3 Campina Grande Sept./Dec. 2000.

PENA, R. *Economia de água na agricultura*. Disponível em: [<](https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/economia-agua-na-agricultura.htm)<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/economia-aguanaagricultura.htm>[>](https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/economia-agua-na-agricultura.htm). Acesso em 13 de abril de 2020.

PRADO, G. do; NUNES, L. H.; TINOS, A. C. *Avaliação técnica de dois tipos de emissores empregados na irrigação localizada.* Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**,** Instituto de Pesquisa e Inovação na Agricultura Irrigada-INOVAGRI, v. 8, n. 1, p. 12, 2014.

REDAÇÃO AGRISHOW, 2019. *Você conhece as principais causas do desperdício na irrigação?.* Disponível em: [https://digital.agrishow.com.br/sustentabilidade/voc-conhece-principaiscausas-do-desperd-cio-na-irriga-o](https://digital.agrishow.com.br/sustentabilidade/voc-conhece-principais-causas-do-desperd-cio-na-irriga-o). Acesso em 10 de abril de 2020.

SANTANA, Leonardo Mendes; *Sistema de Irrigação Automatizado*, Trabalho de Conclusão de curso, UNICEUB, 2010.

SOUZA, L. O. C. *et al*. *Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura.* Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB. v. 10, n. 3, p. 541–548, 2006.

TESTEZLAF, R. *Irrigação: Métodos, sistemas e aplicações***.** Faculdade de Engenharia Agrícola Unicamp-FEAGRI, 2011.

TRILLES, J. *et al*., *Development of an pen sensorized platform in a smart agriculture context*: A vineyard support system for monitoring mildew disease, Sustain. Comput. Infor., in press. 3. Intergovernmental Panel on Climate, 2019.

# TORKYA, [Mohamed;;](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169919324329#!) HASSANEIN, Ella. *Integrating blockchain and the internet of things in precision agriculture: Analysis, opportunities, and challenges*. Available online 8 September 2020, 105476. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169919324329>. Acesso em 2 de outubro de 2020.