

INTRODUÇÃO A AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA: AUTOMAÇÃO NOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO EM TEMPO REAL



Revista
Desafios

Artigo Original
Original Article
Artículo Original

Introduction to Agricultural Automation: Automation in Real Time Irrigation Systems

Introducción a la Automatización Agrícola: Automatización en Sistemas de Riego en Tiempo Real

Bruno Marcos Nunes Cosmo^{*1}; Tatiani Mayara Galeriani¹

¹Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Botucatu-SP, Brasil.

**Correspondência: Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Av. Universitária, nº3780 - Altos do Paraíso, Botucatu, São Paulo, Brasil. CEP:18.610-034. e-mail brunomcosmo@gmail.com*

Artigo recebido em 27/03/2020 aprovado em 03/05/2022 publicado em 06/05/2022.

RESUMO

O elevado crescimento populacional, gera incertezas quanto a segurança alimentar. Fato que se alinha com problemas de escassez e degradação de recursos, como água e solo. Assim, várias técnicas são empregadas almejando alcançar patamares superiores de produtividade, destacando-se a irrigação e o processo de automação. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo fornecer informações sobre a automação de forma ampla e enfatizar nos sistemas agropecuários com destaque na irrigação. O trabalho desenvolve-se no formato de uma revisão de literatura. Inicia-se pela automação, com apresentação do conceito e histórico, além de aspectos sobre o processo. No setor agropecuário, automação e tecnologia da informação culminaram na chamada agricultura 4.0. Com relação a automação na irrigação, o processo permite o manejo assertivo do sistema, utilizando-se de programações que consideram variáveis como a umidade do solo e do ar. Estes sistemas podem ser adquiridos comercialmente, ou confeccionados através de plataformas como o arduino. Portanto, destaca-se que o advento da automação com a evolução das práticas agropecuárias, levaram processos como a irrigação a novos níveis de tecnologia, permitindo o controle em tempo real. Assim, apesar dos diferentes níveis e formas de automação, o processo é uma medida que possibilita elevados ganhos em produtividade e eficiência.

Palavras-chave: Automatização; Revolução Agrícola; Agricultura 4.0.

ABSTRACT

The high population growth, generates uncertainties regarding food security. This fact is aligned with problems of scarcity and degradation of resources, such as water and soil. Thus, several techniques are employed aiming to reach higher levels of productivity, with emphasis on irrigation and the automation process. In this sense, the present work aimed to provide information on automation in a broad way and to emphasize agricultural systems with spotlight on irrigation. The work is developed in the format of a literature review. It starts with automation, presenting the concept and history, as well as aspects about the process. In the agricultural sector, automation and information technology culminated in the so-called 4.0 agriculture. Em relação à automação na irrigação, o processo permite o manuseio assertivo do sistema, utilizando programas que consideram variáveis como umidade do solo e do ar. Esses sistemas podem ser adquiridos comercialmente ou fabricados usando plataformas como o Arduino. Therefore, it is noteworthy that the advent of automation with the evolution of agricultural practices, took processes such as irrigation to new levels of technology, allowing real-time control. Thus, despite the different levels and forms of automation, the process is a measure that enables high gains in productivity and efficiency.

Keywords: Automation; Agricultural Revolution; Agriculture 4.0.

RESUMEN

El alto crecimiento demográfico genera incertidumbres con respecto a la seguridad alimentaria. Este hecho está alineado con los problemas de escasez y degradación de los recursos, como el agua y el suelo. Por lo tanto, se emplean varias técnicas con el objetivo de alcanzar niveles más altos de productividad, con énfasis en el riego y el proceso de automatización. En este sentido, el presente trabajo tuvo como objetivo proporcionar información sobre automatización de manera amplia y enfatizar los sistemas agrícolas con énfasis en el riego. El trabajo se desarrolla en el formato de una revisión de literatura. Comienza con la automatización, presentando el concepto y la historia, así como aspectos sobre el proceso. En el sector agrícola, la automatización y la tecnología de la información culminaron en la llamada agricultura 4.0. Con respecto a la automatización en el riego, el proceso permite el manejo asertivo del sistema, utilizando programas que consideran variables como la humedad del suelo y del aire. Estos sistemas pueden comprarse comercialmente o fabricarse utilizando plataformas como Arduino. Por lo tanto, es digno de mención que el advenimiento de la automatización con la evolución de las prácticas agrícolas llevó los procesos como el riego a nuevos niveles de tecnología, permitiendo el control en tiempo real. Así, a pesar de los diferentes niveles y formas de automatización, el proceso es una medida que permite grandes ganancias en productividad y eficiencia.

Descriptores: Automatización; Revolución agrícola; Agricultura 4.0.

INTRODUÇÃO

É indiscutível o elevado processo de aumento populacional enfrentado em nível global nas últimas décadas, este cenário culmina em uma elevação das incertezas diante da capacidade da produção agropecuária em garantir o fornecimento de alimentos e outros artigos do setor primário, a insegurança alimentar é uma preocupação crescente (CAVALCANTE et al., 2011).

Alinhando-se a preocupação em garantir o fornecimento de alimentos em quantidade e qualidade, estão presentes problemas como a degradação dos solos, escassez de água, baixa eficiência no uso de agroquímicos, dentre outros entraves de ordem social, econômica e ambiental, devido à má utilização dos recursos disponíveis (LOPES; CONTINI, 2012).

Diante destes cenários, é evidente a necessidade em encontrar métodos alternativos de aumentar a produtividade agrícola, ao mesmo passo que se utilizam os recursos disponíveis de forma eficiente, visando garantir a manutenção destes em quantidade e qualidade para as próximas gerações. Nesse sentido, atividades tecnológicas como a irrigação, são exemplos, de medidas para intensificar

a produtividade, fazendo-se uso racional dos recursos (AMORIM, 2009).

A irrigação é uma técnica empregada em todo o planeta, visando em especial corrigir a insuficiência hídrica de regiões áridas ou com chuvas irregulares, garantindo desta forma a segurança de produção, bem como a maximização da produtividade dos sistemas (FERREIRA, 2011). A evolução das tecnologias de irrigação e a demanda crescente pelo uso da água nas atividades humanas acentuou a busca por métodos de irrigação mais eficientes e econômicos.

Entretanto, apesar da irrigação configurar uma alternativa que permite a intensificação da produtividade em certas regiões e / ou a possibilidade da mesma em outras, muitas vezes os métodos disponíveis não são empregados de forma eficiente.

Existe uma série de fatores dentro de qualquer sistema de irrigação que devem ser considerados, para seu adequado funcionamento, estes fatores podem ser de ordem mecânica (funcionamento dos componentes do sistema), operacional (entes envolvidos na realização do processo) e técnicos (conhecimento sobre o processo) (ALBUQUERQUE; SILVA, 2008).

O fator técnico, está diretamente ligado aos operadores e o mesmo interfere diretamente nos demais fatores, pois o conhecimento das inter-relações do sistema garante o devido funcionamento do fator mecânico e operacional. Entretanto, muitas vezes o conhecimento técnico do operador é limitado e a assistência aos sistemas é escassa em determinadas regiões, o que confere a realização da irrigação de forma empírica, ou seja, sem ou com pouco embasamento técnico (GUIMARÃES, 2011).

Embora considere-se que em muitos casos o conhecimento prático do operador seja eficiente, este tipo de abordagem gera margem de vulnerabilidade e fragilidade ao erro, realizando irrigações em excesso e/ ou déficit, não gerando o máximo de produtividade possível com o sistema, e muitas vezes empregando mais energia e recursos do que o necessário.

Diante das necessidades por corrigir este fator técnico no sistema, e da necessidade de fornecer informações com fácil assimilação, o setor de Tecnologia de Informação – TI, e os processos de informatização encontram-se em franca expansão em diversos setores, dentre eles o agropecuário, e dentro deste as técnicas de irrigação (GUIMARÃES, 2011).

Dentre as opções de tecnificação dos sistemas, a automação ou automatização dos sistemas ganham elevado destaque, por permitir o uso racional dos recursos e reduzir exponencialmente a margem de erro na realização das operações, além de garantir a implementação de outras técnicas combinadas de forma mais eficiente, como exemplo, da quimigação (BALDIN et al., 2013).

Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo, apresentar informações sobre a automação dos sistemas de irrigação, apresentando uma visão da automação de forma ampla e afunilando a mesma dentro do setor agropecuário, até atingir os sistemas mais avançados de automação para o setor de irrigação no cenário moderno.

PROCESSOS DE AUTOMAÇÃO

Conceito e Histórico

Para adentrar aos processos de automação na irrigação ou mesmo no meio agropecuário, primeiro é necessário compreender melhor a automação em si, o conceito por trás do processo e como o mesmo surgiu. O termo automação deriva do latim “*Automatus*” que traduzido ao pé da letra significa mover-se por si, em outras palavras refere-se ao sistema que pode atuar sem a interferência humana (GONGORA et al., 2014).

Ainda de acordo com Gongora et al. (2014), a automação emprega os conhecimentos de diferentes áreas de forma harmoniosa, visando a diminuição da mão-de-obra e empregando a incorporação de informação ao processo, reduzindo custos e aumentando a velocidade do processo. Os sistemas automatizados podem apresentar maior ou menor grau de complexidade, indo desde a participação do homem como parte do sistema, até sistemas que dispensam totalmente a participação humana, destinando está apenas ao gerenciamento da atividade.

Esta ideia inicial, transmite a mensagem de um sistema complexo, entretanto, utilizando-se as concepções de Negreiros e Dias (2007), a automação é um conceito polissêmico, ou seja, que reuni vários significados, sendo sinônimo de automatização e informatização, ou ainda, sendo considerado a junção das palavras automático e informação, ou, informação automática. De forma generalizada, significa a substituição do trabalho manual do ser humano, por sistemas previamente programáveis que realizam diversas operações com velocidade superior à do ser humano.

Considerando as definições generalizadas apresentadas por Lima (2003), Negreiros e Dias (2007), Gongora et al. (2014) e Pellini (2017), a automação tem uma definição clara, mas com

compreensão abrangente, uma vez que não são apenas sistemas com alto nível de engenharia computacional, programação complexa e sem total interferência humana que podem ser considerados automatizados.

Para Rosário (2009), a automação também pode ser constatada como junção de conhecimentos que alterem a observação, esforço e a tomada de decisão do ser humano, empregando para tal, dispositivos eletrônicos, mecânicos e softwares.

A simples substituição de uma atividade realizada manualmente pelo ser humano como os cálculos de correção e adubação do solo, quando realizada através da elaboração de planilhas automáticas em programas como o Excel para agilizar os mesmos, pode ser considerado um processo de automatização, semelhante ao realizado no trabalho de Perazzoli e Santos (2012).

Semelhante a pluralidade do termo automação, encontra-se a história sobre seu real surgimento, de acordo com Goeking (2010), o termo automação foi originado nos Estados Unidos no ano de 1946, em fábricas de automóveis e sendo entendido como qualquer sistema que utilize computação para substituir o trabalho humano e aumentar a velocidade e qualidade do processo produtivo, a criação do transistor (componente elétrico que controla a passagem de corrente elétrica em certos sistemas) em 1947, impulsionou o desenvolvimento da automação.

Entretanto, de acordo com Silva e Gambarato (2016), o termo *automation*, é criado apenas em 1960, como foco no marketing industrial voltado a apresentação do emprego de computadores no sistema de controle automático de diversos equipamentos da empresa.

Entretanto, apesar do surgimento do termo dar-se apenas por volta de 1947 a 1960, a observação de suas aplicações, pode ser considerada muito antes disso, de acordo com Lima (2003), dentre os primeiros dispositivos automáticos rudimentares, destaca-se o

relógio d'água ou Clepsidra, desenvolvido em meados do século II a.C., semelhante às ampulhetas de areia.

De acordo com Silva e Gambarato (2016), cita-se o moinho hidráulico para produção de farinha do século X, como outra das primeiras invenções automatizadas de forma rudimentar. Entretanto Silva e Gambarato (2016), e diversos autores são unânimes em considerar a revolução industrial como o “boom” e berço da automação moderna.

A revolução industrial ocorrida na segunda metade do século XVIII, levou a substituição do trabalho manual e/ ou braçal a um outro nível, utilizando-se de máquinas que realizam a mesma tarefa que os operários, empregando, entretanto, maior eficiência e qualidade. Como exemplo, da máquina a vapor criada em 1775, para movimentar equipamentos industriais (GOEKING, 2010).

Da substituição da mão-de-obra humana pelas máquinas, muitas revoluções ocorreram, como os processos de montagem em série empregando robôs em meados da década de 60, gerando grandes volumes com rapidez e qualidade, mas com poucas opções de personalização, e posterior à está, a necessidade de produção mais flexível, esta necessidade levou ao surgimento do Controlador Lógico Programável – CLP, substituindo os antigos relés e possibilitando rápidas modificações no processo produtivo (GOEKING, 2010).

Os eventos históricos anteriores só demonstram a necessidade de desenvolvimento e evolução da automação, indo de equipamentos rudimentares como o relógio d'água e/ ou outros, até a máquina a vapor durante a revolução industrial, seguindo-se da robotização e dos grandes saltos observados atualmente com os ambientes automatizados, também denominados sistemas inteligentes conforme os trabalhos de Rodrigues (2017) e Silva (2018), dentre outros avanços em diversas áreas como a industrial, comercial e agrícola.

Considerações Sobre Automação

Como mencionado anteriormente, a automação é o processo de tornar a informação automática, ou o emprego de sistemas que operam independente da intervenção humana em diferentes níveis. De acordo com os trabalhos de Lamb (2015), Moreira e Chiareto (2016) e Lima et al. (2017), o principal motivo da automação foi o aumento de produtividade das indústrias e dos setores em que o conceito de automação foi aplicado posteriormente, vinculado a maior produtividade vieram outras vantagens posteriores.

Ainda de acordo com Lamb (2015), Moreira e Chiareto (2016) e Lima et al. (2017), a automação apresenta como principais vantagens a maior produtividade em volume, redução dos erros humanos e do custo de mão-de-obra, maior segurança e consequente menor risco de acidentes, flexibilidade de produção devido à possibilidade de reprogramação, maior qualidade embutida, carga horária de trabalho de 24 horas, ou seja, realizadas as devidas manutenções os sistemas podem operar sem necessidade de intervalos de turno ou descanso, maior precisão e repetibilidade, além de tornar capaz a mensuração e monitoramento de cada etapa.

Entretanto, ainda segundo os autores anteriores, o sistema pode apresentar algumas desvantagens relacionadas direta ou indiretamente ao processo, dentre elas, o elevado custo de alguns equipamentos em determinados setores, custo de reparado de certos equipamentos, necessidade de equipe profissional com maior qualificação que apresenta duas limitações: encontrar tal pessoal e o custo dessa mão-de-obra que apesar de menor em volume é mais elevada, indiretamente, pode-se citar os problemas sociais provindos da perda de emprego das

pessoas que realizavam as atividades antes do advento dos equipamentos pelo determinado setor.

Seguindo-se as vantagens e limitações da automação é importante, realizar a categorização da mesma, o fato da automação estar dividida em diferentes níveis, culmina na abordagem de forma distinta por cada autor em cada segmento de um setor, entretanto, Machado e Konopacki (2019), apresentam uma fragmentação com exemplificação simples, mas eficiente sobre os sistemas.

De acordo com Machado e Konopacki (2019), trabalhando com automação no uso do WhatsApp, identificaram dois sistemas de usuários de plataforma autônomos, os *Bots* e os *Ciborgues*, o primeiro reflete o usuário inteiramente controlado por robô, sendo um programa desenvolvido por alguém para interagir “sozinho” com outros usuários de acordo com suas especificações, enquanto o segundo realiza o uso coordenado de automação, com intervenção humana, isso classificada os *Bots* como automação completa ou total e os *Ciborgues* em automação parcial.

Considerando-se o exemplo acima, pode-se dividir os processos de automação em parciais, ou seja, quando o fator humano está presente e faz uso de algum sistema para complementar suas operações, como o exemplo, da planilha de cálculos, e em processos de automação totais ou completos, onde o fator humano é responsável apenas por desenvolver e gerenciar os objetivos do processo, mas a realização do mesmo é realizada totalmente pelo sistema.

Destaca-se a existência dos componentes da automação, entretanto, os mesmos são variáveis conforme a necessidade de cada segmento, assim, serão abordados os componentes tidos como básicos: O Controlador Lógico Programável – CLP ou PLC e os Microcontroladores. De acordo com Goeking (2010), os CLPs são dispositivos digitais que possibilitam o controle de diferentes processos, por apresentarem uma memória programável, onde podem

ser reunidas instruções que serão transmitidas aos demais componentes do processo para executar as mesmas.

Os CLPs surgiram por volta de 1968, com emprego inicial no setor industrial, mas ganhando novas funções e horizontes com o decorrer do tempo, sendo capazes de executar instruções sequenciais, temporizar processos, realizar contagens, acionar e desligar componentes, manipular dados, regular processos e afins, o uso do CLP é realizado por programação computacional, entretanto, muitos apresentam linguagem de fácil interação (GOEKING, 2010).

Os CLPs ganharam notório destaque por serem empregados com maior facilidade que os relés utilizados até então, não necessitarem de elevadas estruturas física e nem da alteração dessa para realizar novas programações, o que culminou na economia de recursos e agilidade nos processos produtivos (GONGORA et al., 2014).

A utilização dos CLPs para controlar outros componentes dos sistemas automatizados é uma grande vantagem que permite a realização de funções múltiplas no sistema, entretanto, não deve-se considerar que o sistema possua apenas um CLP, dado as dimensões e aplicações de cada sistema, o mesmo pode apresentar interligação de CLPs, ou seja, um controlador destinado a um grupo de funções e outro destinado a outro grupo, conforme cita Machado Neto (2014).

De acordo com Stevan Júnior e Silva (2015), os CLPs podem ser compreendidos como microprocessadores que desempenham a função de controle de outros componentes, enquanto isso, os microcontroladores são circuitos programáveis completos, apresentando todos os componentes de um computador, ou seja, em comparação com os CLPs, o microcontrolador apresenta circuitos de controle,

portas de entrada e saída, conversores e etc., enquanto o CLP é o circuito de controle propriamente dito.

Destaca-se ainda conforme Stevan Júnior e Silva (2015), que os CLPs são de mais fácil compreensão que os microcontroladores, uma vez que exigem apenas interpretação de comandos elétricos e lógicos, enquanto os microcontroladores exigem o estudo do sistema de hardware, linguagem de programação e conhecimento de softwares diversos. Sistemas como o Arduíno têm funcionamento semelhante ao dos microcontroladores, sendo um sistema de placas já prontas que facilitam a manipulação do microcontrolador, entretanto, a facilidade de uso, acaba por não levar o usuário a aplicar todas as possibilidades existentes no microcontrolador.

Além dos CLPs e dos microcontroladores, outro conceito importante para a automação moderna é a Internet das Coisas – IoT, termo que considera de forma genérica tudo que possa ser mensurado ou monitorado a distância.

De acordo com Almeida (2013) e Oliveira et al. (2016), o termo *Internet of Things* ou “Internet das Coisas”, surgiu por volta de 1999, devido a convergência de múltiplas tecnologias envolvendo a comunicação sem fio, a internet, sistemas embarcados, componentes eletromecânicos e outras tecnologias, a IoT visa interoperar os objetivos vinculados ao sistema utilizando a infraestrutura de internet existente e disponível. Seus componentes são basicamente a coisa ou objeto operado, as redes de comunicação que conectam esses objetos e os sistemas computacionais que transmitem e processam os dados e a informação do sistema.

Baseados nos conceitos de CLP, microcontrolador e internet das coisas, muitas plataformas e sistemas têm surgido visando automatizar e melhorar os processos de diversos segmentos, desde atividade extremamente complexas

e minuciosas, até a automação de simples funções residenciais, nesse sentido, ganham destaque diversas plataformas que revolucionaram e popularização os conceitos de automação, dentre elas, a plataforma arduino é uma das mais conhecidas na atualidade (SILVA et al., 2017; STEVAN JÚNIOR; SILVA, 2015).

AUTOMAÇÃO NA AGROPECUÁRIA

Realizando uma breve caracterização da agropecuária ou agronegócio brasileiro, destaca-se que a atividade agropecuária, poderia ser considerado um ramo nato do Brasil, repercutindo em cerca de 20 a 25% do Produto Interno Bruto Nacional – PIB, sendo responsável por elevado número de empregos e da exportação nacional, uma vez que o país é um dos maiores produtores de artigos primários como café, cana-de-açúcar, soja, carnes e outros (CEPEA, 2017).

Entretanto, apesar desta característica natural do Brasil para o setor agropecuário, os cultivos agrícolas, ficam expostos a diversos riscos em especial aqueles vinculados às oscilações climáticas, fatores ligados às limitações operacionais humanas e outros eventos que configuram a atividade agropecuária como uma das atividades com maior vulnerabilidade a riscos não planejados do setor econômico (SEAGRI, 2010; SEAGRI, 2011).

Partindo-se da importância do setor agropecuário para o Brasil e extrapolando a cadeia a níveis globais, bem como considerando as vulnerabilidades do sistema, que são semelhantes nos diversos pontos do globo, a evolução das práticas agrícolas tornou-se uma necessidade, tal evolução inicia-se desde o processo de domesticação dos cultivos, desenvolvimento das primeiras práticas de cultivo do solo, irrigação e outros processos até chegar aos conceitos da agropecuária moderna.

De acordo com Inamasu et al. (2016), a automação no meio rural (agrícola, pecuário e florestal), consiste nos processos operacionais que são monitorados, controlados e executados por meio de máquinas e/ou dispositivos mecânicos, eletrônicos ou computacionais visando maximizar a capacidade operacional humana, visando aumentar a produtividade, otimizar o tempo, insumos e capital, reduzir perdas no processo e aumentar a qualidade dos produtos e processos, permitindo ainda a melhoria na qualidade de vida do produtor/ trabalhador rural.

No trabalho de Perazzoli e Santos (2012), é demonstrado como o simples processo de automatizar planilhas de cálculos para correção e adubação do solo pode significar uma forma de automação rural. Casagrande e Cândido (2016), apresentam outro exemplo, de automação simples, ao trabalharem com o controle de caixa ou fluxo de caixa em feiras livres, implementando o uso de planilhas eletrônicas para a marcação das saídas e receitas da atividade, antes realizada em cadernos, estas planilhas podem ser utilizadas para preenchimento de dados local e posterior alimentar planilhas automáticas que permitem o controle do fluxo de caixa da atividade.

Os exemplos, mais modernos conferem principalmente ao advento das Tecnologias de Informação – TI ou Tecnologias da Informação e da Comunicação – TIC (MASSRUHÁ, 2015), avanços de outras tecnologias como os Sistemas de Posicionamento Global (GPS) e o advento dos pilotos automáticos (ALMEIDA JÚNIOR; PEROZINI; THOMAS, 2015), sensoriamento dos sistemas permitindo aplicações de produtos a taxas variáveis (MARTINS, 2017), e várias outras tecnologias que culminaram no surgimento da chamada Agricultura 4.0.

Agricultura 4.0

A produção agrícola passou por diversas modificações ao longo da história, culminando em diferentes fases da produção, estas fases podem ser divididas segundo alguns autores em períodos, segundo Massruhá (2018), a agricultura pode ser dividida em 4 períodos principais:

- **Agricultura 1.0:** Agricultura rudimentar, caracterizada pelo advento da tração animal;
- **Agricultura 2.0:** Marcada pela implementação dos motores a combustão;
- **Agricultura 3.0:** Incorporação da automatização e advento da agricultura de precisão;
- **Agricultura 4.0:** Interconexão dos sistemas, por meio da tecnologia Big Data, permeando a Internet das Coisas, Tecnologia da Informação e Comunicação e outros componentes.

Os dois primeiros períodos encontram-se mais relacionados ao advento da mecanização, seja ela por tração animal, ou mecanizada, enquanto os dois últimos, referem-se a avanços tecnológicos, voltados para a área da computação. A automação se encontra presente em todos os períodos, mas para destacar os avanços no segmento, serão focados os períodos 3.0 e 4.0.

Voltando-se para a agricultura 4.0, pode-se considerar que a evolução e/ ou interligação da agricultura 3.0 culmina em seu desenvolvimento, assim a linha que distingue estes períodos é relativamente tênue, enquanto o GPS isoladamente pertence a agricultura de precisão, quando este passa a gerar dados como mapas de produtividade, fertilidade, população de plantas daninhas e afins e disponibiliza estes dados em rede, passa então a fazer parte do último período.

Alguns autores como Pereira (2019), difere da opinião de Massruhá (2018), e inserem a agricultura de precisão como parte da agricultura 4.0.

Um exemplo de tecnologia da era 4.0, é o de Martins (2017), ao empregar os sistemas de posicionamento e o sensoriamento remoto para geração de mapas de produtividade, bem como de fertilidade a partir da amostragem do solo, o que permite a aplicação de corretivos em taxa variável.

De acordo com Pereira (2019), um dos maiores adventos da agricultura 4.0, pautasse no monitoramento inteligente da lavoura, transformando a agricultura de precisão em agricultura de decisão, por permitir a gestão mais assertiva do agronegócio. Alguns dos equipamentos que permitem o monitoramento inteligente, são o emprego de drones que favorecem a análise de falhas de plantio, “manchas” de excesso ou falta de irrigação, detecção de pragas e/ ou doenças.

Outra forma de monitoramento é citada por Massruhá (2018), como o emprego de chips nos rebanhos bovinos, permitindo a reunião de dados do nascimento até o abate do animal e que fornecem base para a tomada de diversas medidas de manejo, além de permitir a rastreabilidade do rebanho, culminando com uma exigência dos consumidores modernos.

De acordo com Rocha (2018), a agricultura ou agropecuária 4.0, pode ser melhor denominada como Agropecuária Digital, devido a utilização de tecnologias de informação para aprimorar os diversos processos, estando presente deste a customização e elencação de recursos financeiros para aquisição de insumos, até a geração de ferramentas que melhorem o processo.

Apesar da automação ser normalmente relacionada ao emprego de computadores e sistemas informatizados, ela está envolvida na agricultura 4.0, uma vez que esta forma de agricultura vai além, ela leva a automação das atividades ao nível de resposta imediata, ou, processos automatizados em tempo real, gerando retornos dos sistemas, a partir do recolhimento de dados do campo ou de outra fonte de

alimentação, conforme Ribeiro, Marinho e Espinosa (2018).

De forma generalizada a agricultura automatizada, conectada ou da era digital, envolve o emprego de tecnologias que antes eram abordadas por outras áreas como a industrial e a de informática, mas que estão migrando para o setor agropecuário, neste sentido, uma das técnicas que apresentam expressiva alavancagem da modernização é o processo de irrigação.

Automação na Irrigação

Dentre todos os setores da agropecuária, a irrigação é um dos com maiores destaques, pois a técnica configura-se como um dos processos mais antigos realizados pela humanidade, estando vinculada ao surgimento da própria agricultura, entretanto, apesar da história antiga, é um dos setores com maior possibilidade de expansão, por apresentar possibilidades variadas de combinação com outros sistemas, conforme apresenta Baldin et al. (2013), ou mesmo, de melhoria dos sistemas existentes.

Diversos são os exemplos de melhorias e avanços na irrigação, por exemplo, Vela et al. (2013) e Adekoya et al. (2014), destacam para a cultura do arroz que a simples substituição dos sistemas de irrigação tradicionais por superfície (com ênfase na inundação), por sistemas como o gotejamento ou a aspersão podem resultar na economia de 2/3 da água empregada, sem perdas da produtividade, e possibilitando ainda a realização de técnicas como a quimigação.

Considerando culturas como arroz, pode-se destacar a importância da automação, no momento de substituição do sistema de irrigação tradicional por outro que empregue menos água, por exemplo, o cultivo de arroz com irrigação por pivô central, emprega menos água que o sistema inundado,

entretanto, para garantir sua eficiência a água deve ser fornecida nos momentos adequados (CARVALHO et al., 2013), para garantir isso, o produtor pode automatizar o sistema, por meio de uma programação para irrigar após determinada condição da lavoura.

Vários conceitos devem ser considerados diante da automação dos sistemas de irrigação, estabelecendo uma ordenação destes conceitos, voltando-se aos conceitos iniciais abordados neste trabalho, primeiro é necessário definir se a automação será total ou parcial, se for parcial, qual a parte do sistema a ser automatizado, considerando o sistema, o mesmo é passível de automação, estes questionamentos devem ser a chave para a automação eficiente do sistema.

Para proceder a automação de um sistema de irrigação, primeiro é necessário conhecer qual o sistema está sendo manejado, Braga et al. (2015), destaca os 4 grandes tipos de irrigação como superficial, localizada, aspersão e subirrigação ou subterrânea, cada um destes sistemas apresentará uma forma distinta de automação.

De acordo com Frizzone (2017), os sistemas de irrigação por superfície, tidos como os mais simples em termos de engenharia, apresentam também o processo de automação mais simples, utilizando-se de válvulas volumétricas que permitem a passagem de determinado volume de água e em seguida fecham-se, esse funcionamento pode ser mais ou menos sofisticado a depender do nível de investimento do produtor. O volume pode ser pré-definido e necessitar de acionamento manual, ou ser acionado automaticamente em determinados momentos do dia.

Os métodos de irrigação localizada e por aspersão apresentam elevada semelhança no processo de automação, de forma simplificada, uma automação pré-determinada pode ser realizada apenas ao programar a disposição de um volume determinado de água em um período determinado, essa atividade pode

ser realizada em qualquer um dos sistemas de irrigação. Nesse sentido são necessárias apenas dois componentes, um controlador que receberá a programação e a conexão deste com o sistema de irrigação.

Vários são os trabalhos voltados a automação da irrigação desde aqueles de ordem doméstica (SANTOS et al., 2016), para pequenos produtores (OLIVEIRA et al., 2016), e em grandes áreas (LARA, 2014). Atingindo sistemas de irrigação localizada (DANTAS, 2016), técnicas de aspersão como o pivô central (LARA, 2014), dentre outros.

A automação pode também estar relacionada a outros processos que não apenas a distribuição de água para os cultivos, mas sim de componentes como o reservatório de água do sistema, de acordo com Santos et al. (2016), pode-se automatizar a aplicação de água, ou o processo de reabastecimento do reservatório de água que alimenta o sistema, ou ainda ambos os componentes. Por exemplo, um sistema de boias em nível pode atuar realizando o acionamento da bomba que alimenta o reservatório, sempre que o volume de água se encontrar abaixo de um determinado limite, que pode ser determinado no planejamento do sistema.

Outra possibilidade da automação é a realização da quimigação, por meio da injeção dos agroquímicos como fertilizantes ou defensivos, uma vez que este processo seja realizado sem a necessidade que o produtor realize as diluições e misturas de forma manual, pode ser considerado um sistema automatizado, conforme extraísse de Alves Júnior et al. (2018).

Quando o sistema de automação apresentar mais variáveis que realizam a coleta de dados e transferem essas informações em tempo real ao operador, mesmo que a resposta não seja tomada de imediato, o sistema pode ser classificado como em tempo real, e nestes casos existe maior complexidade de manipulação das variáveis existentes.

Automação na irrigação em tempo real

De acordo com Puhmann (2014), os sistemas operacionais em tempo real ou RTOS (*Real Time Operating Systems*), são um grupo complexo de sistemas, voltados em especial para aplicações que exigem a execução de tarefas com prazos compatíveis em relação a ocorrência de eventos externos. O termo tempo real, pode gerar pluralidade, dependendo da velocidade de resposta ao evento de um sistema, havendo sistemas considerados de tempo real que podem levar minutos ou horas até a execução de uma resposta.

Os sistemas de automação em tempo real na irrigação, devem levar em conta que a única modificação dos sistemas e automação tradicionais é a realização da resposta, a resposta passa a ser interativa, e determinada de acordo com variáveis mensuradas advindas do meio externo, como a umidade do ar e do solo (SANTOS et al., 2016), temperatura (OLIVEIRA et al., 2016), luminosidade (REIS, 2015), velocidade do vento (MEDEIROS, 2018), dentre outros fatores.

Apesar do foco deste trabalho não ser apresentar as linguagens e códigos utilizados em programação, deve-se compreender ao menos, a existência destes, de acordo com Reis (2015), a automação moderna, leva em consideração a existência de sensores que realizam a coleta de dados, e posterior transmissão destes dados por meio de uma rede de transmissão, como as diferentes frequências de internet, os dados são levados até o centro de processamento, onde são convertidos em informação por meio de comandos previamente estabelecidos, por meio da programação em diferentes linguagens de acordo com os componentes empregados, após processados, estes dados são convertidos em uma informação que é devolvida ao sistema na forma de uma ação-resposta.

Exemplificando a explicação anterior, um sensor de umidade do solo indica que a mesma está abaixo da estabelecida como de segurança pelo programador (por exemplo, ao atingir 20% de umidade do solo a irrigação deve ser acionada, essa informação é inserida no sistema por meio de um código em linguagem de programação específica), a informação é transmitida por frequência via rádio até o processador (por exemplo, um CLP), em seguida o processador transforma o dado 20% de umidade em necessidade de irrigação e devolve essa resposta ao sistema, que irá acionar os aspersores na área, a quantidade a ser irrigada pode ser definida de acordo com a umidade do solo e estar programada previamente no sistema.

O exemplo acima, é uma explanação simples, pois um, dois ou diversos fatores podem ser considerados, para a definição da tomada de decisão. A automação em tempo real, também pode configurar apenas ao processo de monitoramento e ser dependente de um comando externo, por exemplo, no trabalho de Souza et al. (2016), é realizado o monitoramento da umidade do solo em tempo real, considerando-se a inserção desse dado a um sistema interligado, o elo humano, ao receber a informação proveniente do sensor de monitoramento, pode acionar manualmente (física ou remotamente) o sistema de irrigação.

Portanto, o funcionamento dos sistemas em tempo real depende dos estímulos gerados pelas variáveis externas, bem como da resposta previamente programada para cada variável, sendo que a resposta pode ser totalmente automatizada, ou seja, o sistema recebe a informação, processa e realiza a execução ou com interferência humana, ou ainda misto, onde o processo é automático, mas permite a intervenção e manipulação humana.

Sistemas de Automação para irrigação

Um dos conceitos de destaque na automação dos sistemas de irrigação é a possibilidade de os mesmos serem adquiridos prontos de empresas especializadas, ou ainda, serem confeccionados pelo próprio produtor rural, o advento da informática e a facilidade de aquisição de peças e componentes eletrônicos, com linguagem simplificada permite a geração de sistemas pontuais.

Neste cenário de inovações, vários são os pacotes tecnológicos que podem ser empregados para o monitoramento e operação dos sistemas irrigados, por exemplo, Tarabal (2018), descreve a utilização do sistema Agrosmart para realização do monitoramento em tempo real das condições de umidade do solo, precipitação e clima, empregando diversos equipamentos para coleta de dados, estes dados são cruzados e processados, e pelo uso de uma plataforma, podem ser tomadas decisões sobre o quanto e como irrigar. Existem diversos sistemas de automação já configurados no mercado, entretanto, a automação também pode ser realizada pelos próprios produtores.

De acordo com a ASN (2017), um componente de automação simples é o Acionador Simplificado para Irrigação ou “pinga-pinga”, desenvolvido por professores da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, o sistema consiste, em uma vela de filtro, um controlador de nível (peça de máquinas de lavar) e uma mangueira de nível de pedreiro, estas peças são combinadas de forma que o acionamento do sistema de irrigação ocorre quando a umidade do solo encontra-se baixa, e o desligamento quando a umidade atingir um nível determinado pela vela de filtro.

Apesar da existência de sistemas ou componentes como o citado anteriormente, o maior destaque dos sistemas de automatização modernos concentra-se no emprego da plataforma Arduino e similares (DANTAS, 2016; SANTOS et al., 2016), estas plataformas apresentam baixo custo de aquisição

de seus componentes, diversas funções nas quais os módulos do sistema podem ser empregados e a possibilidade de integrar novas funções e novos componentes durante o desenvolvimento das operações, caracterizando um sistema flexível e adaptável.

Ainda pode-se mencionar Vasconcelos et al. (2012), empregando o uso dos CLPs na programação de sistemas de irrigação, devido também a seu baixo custo e flexibilidade, além da interface com outros dispositivos. O emprego de CLPs ocorre de forma semelhante aos sistemas de arduino, entretanto, os CLPs são considerados componentes mais complexos isoladamente, mas que podem ser vistos como componentes embutidos dentro dos microcontroladores, mas o fato não impede seu emprego pelos usuários.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retomando aos conceitos apresentados no decorrer deste trabalho, a necessidade de evolução do setor industrial culminou no desenvolvimento e expansão do conceito de automação, conceito este que se expandiu para outros segmentos, como o setor agropecuário, tal expansão culminou com a necessidade de avanços para aumentos em produtividade e sistemas mais eficientes em seus diferentes setores.

O advento da automação, aliado aos conceitos de tecnologia da informação e informatização, elevaram o agronegócio a um nível superior, caracterizado pela chamada agricultura 3.0 e 4.0 ou agricultura de precisão e agricultura digital, este avanço integrou diversas áreas da agropecuária, como a produção de carnes, a correção da fertilidade dos solos, monitoramento das lavouras e até os sistemas de irrigação.

Na irrigação a automação levou o manejo do sistema ao nível de controle imediato, ou em tempo real, que permite a coleta de informações momentaneamente, junto a diagnósticos que favorecem o processo de tomada de decisão. Apesar dos inúmeros componentes para a automação, como a linguagem de programação, os componentes eletrônicos, redes de conexão e afins, esta tecnologia tem ganhado destaque e adesão devido as interfaces de uso facilitado.

Portanto, apesar dos diferentes níveis de automação na agropecuária e as diferentes formas de interpretar o conceito, automatizar os sistemas produtivos, com foco nos sistemas de irrigação é uma medida que possibilita aumentos de produtividade e eficiência dos sistemas agrários atuais, possibilitando seu contínuo desenvolvimento.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

ADEKOYA, M. A.; LIU, Z.; VERED, E.; ZHOU, L.; KONG, D.; QIN, J.; MA, R.; YU, X.; LIU, G.; CHEN, L.; LUO, L. Agronomic and Ecological Evaluation on Growing Water-Saving and Drought-Resistant Rice (*Oryza sativa* L.) Through Drip Irrigation. **Journal of Agricultural Science**, v.6, n.5, p.110-119, 2014.

ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. **Agricultura tropical: Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 1340p.

ALMEIDA, F. M. **Internet das coisas aplicada a domótica**. 2013. 77f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Computação) – Universidade Federal do Sergipe, São Cristóvão, 2013.

ALMEDA JÚNIOR, J. J.; PEROZINI, A. C.; THOMAS, P. C. Utilização de piloto automático no plantio mecanizado da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), Alto Taquari-MT. **Nucleus**, v.12, n.2, p.211-220, 2015.

ALVES JÚNIOR, J.; SALES, D. L. A.; PEREIRA, R. M.; RODRIGUEZ, W. D. M.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. W. P. Viabilidade econômica da

irrigação por pivô central nas culturas de soja, milho e tomate. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.22, p.1-6, 2018.

AMORIM, J. R. A. **Qualidade da água subterrânea e riscos para irrigação**. Brasil: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009.

ASN – AGÊNCIA SEBRAE DE NOTÍCIAS. **Agricultores familiares apoiados pelo Sebrae/ RJ adotam tecnologia de combate ao desperdício de água**. Sebrae, 2017.

BALDIN, E. L. L.; FUJIHARA, R. T.; CRUZ, P. L.; SOUZA, A. R.; KRONKA, A. Z.; NEGRISOLI, E. **Tópicos especiais em proteção de plantas**. Botucatu: FEPAF, 2013. 164p.

BRAGA, I. P. C.; ANDRADE, C. L.; MEDEIROS, K. P. F. M.; DANTAS, H. F. B.; REIS, R. B. Análise do sistema de irrigação automatizado com estudo de caso no campo de futebol da UFERSA Campus Mossoró-RN. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36, 2016, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Enegep, 2016. p.1-11.

CAVALCANTE, J. A. C.; DELGADO, A. R. S.; MEDEIRO, J. A. C. C.; CARVALHO, D. Usos de recursos na dose certa: Uma ferramenta computacional para otimização agrícola. **SeG**, v.6, n.4, p.398-413, 2011.

CARVALHO, I. R.; KORCELSKI, C.; PELISSARI, G.; HANUS, A. D.; ROSA, G. M. Demanda hídrica das culturas de interesse agrônomo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.17, p.966-985, 2013.

CASAGRANDE, C.; CÂNDIDO, J. B. **Diagnóstico da gestão econômico-financeira na agricultura familiar**: O caso dos horticultores que atuam na feira-livre de Pato Branco – PR. 2016. 81f. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Ciências Contábeis) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **PIB Agronegócio**. CEPEA – CNA - IBGE. 2017.

DANTAS, K. S. **Automação da irrigação: Um sistema de irrigação localizada baseado em internet das coisas**. 2016. 40f. Monografia (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Universidade Federal do Ceará, Quixadá, 2014.

FERREIRA, V. M. **Irrigação e drenagem**. Floriano: Universidade Federal do Piauí, 2011. 128p.

FRIZZONE, J. A. **Os métodos de irrigação**. Piracicaba: Esalq, 2017. 32p.

GOEKING, W. **Memória da eletricidade: Da máquina a vapor aos softwares de automação**. Brasil: O Setor Elétrico, 2010.

GONGORA, V. L. et al. **Inovação e tecnologia**. Londrina: SENAI, 2014. 348p.

GUIMARÃES, V. G. **Automação e monitoramento de sistema de irrigação na agricultura**. 2011. 123f. Trabalho de Conclusão do Curso (Engenharia de Controle e Automação) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

INAMASU, R. Y.; BELLOTE, A. F. J.; LUCHIARI JUNIOR, A.; SHIRATSUCHI, L. S.; OLIVEIRA, P. A. V.; BERNARDI, A. C. C. **Portfólio Automação Agrícola, Pecuária e Florestal**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2016. 16p.

LARA, L. S. P. **Estudo de técnicas de automação na irrigação para agricultura com foco na irrigação por pivô central**. 2014. 57f. Monografia (Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.

LAMB, F. **Automação industrial na Prática**. Brasil: AMGH, 2015. 376p.

LIMA, F. S. **A automação e sua evolução**. Natal: UFRN, 2003. 4p.

LIMA, I. T. S.; SANTOS, P. V. S.; COSTA, M. A.; SANTOS, P. B.; FREITAS, T. R.; SILVA, P. V.; LIMA, M. M. Automação como processo de aumento da produtividade. **Universo Recife**, Recife, v.4, n.2, 2017.

LOPES, M. A.; CONTINI, E. Agricultura, sustentabilidade e tecnologia. **Agroanalysis**, São Paulo, v.1, p.28-34, 2012.

MACHADO, C.; KONOPACKI, M. **Poder computacional**: Automação no uso do WhatsApp nas eleições. Rio de Janeiro: Instituto de Tecnologia e Sociedade do Rio de Janeiro, 2019. 21p.

MACHADO NETO, A. R. **Automação de uma pequena central termoelétrica**. 2014. 76f. Monografia (Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Jaraguá do Sul, 2014.

MARTINS, M. **Automação em semeadora de precisão com aplicação de taxa variável e desligamento linha a linha**. 2017. 50f. Trabalho de

Conclusão do Curso (Engenheiro Eletricista) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2017.

MASSRUHÁ, S. M. F. S. **Contribuição da TI para o desenvolvimento agropecuário**. Brasil: Embrapa Informática e Agropecuária, 2018. 56p.

MASSRUHÁ, S. M. F. S. Tecnologias da informação e da comunicação: O papel na agricultura. **Agroanalysis**, p.29-31, 2015.

MEDEIROS, P. H. S. **Sistemas de irrigação automatizado para plantas caseiras**. 2018. 54f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Computação) – Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2018.

MOREIRA, S. P.; CHIARETO, J. Automação de marketing como estratégia de vendas: Um estudo de caso da great place to work Brasil. **Revista Liceu**, São Paulo, v.6, n.2, p.30-47, 2016.

NEGREIROS, L. R.; DIAS, E. W. Automação de arquivos no Brasil: Os discursos e seus momentos. **Arquivística.net**, Rio de Janeiro, v.3, n.1, p.38-53, 2007.

OLIVEIRA, A. H.; NEVES, J. B.; REZENDE, T. T.; TEIXEIRA, P. A. Aplicações de automação em IOT – *Internet of Things*. **Revista Científica E-Locução**, n.1, p.27-45, 2016.

OLIVEIRA, J. R.; SASSAKI, K. K. T.; PINTO, P. S. P.; COSTA, W. B. C. **Controle de irrigação automatizado para pequenos produtores rurais com sistema de monitoramento e armazenamento de dados em tempo real e remoto**. Bauru: AGB, 2016.

PELLINI, E. L. **Introdução a automação de sistemas elétricos**. São Paulo: PEA, 2017. 62p.

PERAZZOLI, V.; SANTOS, M. A. P. **Automatização de cálculos de correção e adubação de solo**. Videira: IFC, 2012. 9p.

PEREIRA, E. **Entenda como a agricultura 4.0 inovou no monitoramento inteligente da lavoura**. Brasil: Cotrijuc, 2019.

PUHLMANN, H. F. W. **Sistemas operacionais de tempo real** – Introdução. Embarcados, 2014.

REIS, J. S. **Sistemas de controle aplicado a automação de irrigação agrícola**. 2015. 73f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Automação Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procopio, 2015.

RIBEIRO, J. G.; MARINHO, D. Y.; ESPINOSA, J. W. M. Agricultura 4.0: Desafios à produção de alimentos e inovações tecnológicas. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2018, Catalão. **Anais...** Catalão: Sienpro – UFG, 2018. p.1-7.

ROCHA, J. S. S. **O impacto da utilização da tecnologia Big Data na agropecuária brasileira**. 2018. 20f. Trabalho de Conclusão do Curso (Economia) – Insper, São Paulo, 2018.

ROSÁRIO, J. M. **Automação industrial**. São Paulo: Baraúna, 2009. 514p.

RODRIGUES, F. C. **Sistemas inteligentes para automação residencial sustentável**. 2017. 31f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) – Faculdade Pindamonhangaba, Pindamonhangaba, 2017.

SANTOS, G. A.; SANTOS, A. A.; SOUZA, J. R. L.; SILVA, W. L. Autoirriga: Um sistema de irrigação automatizado. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 11, 2016, Maceió. **Anais...** Maceió: Connepi, 2016. p.1-10.

SEAGRI – SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA, ABASTECIMENTO E DESENVOLVIMENTO RURAL. Instrumentos de Gestão do Risco Agrícola: O Caso do Brasil. **Informático Técnico SEAGRI**, n.1, p.1-17, 2011.

SEAGRI – SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA, ABASTECIMENTO E DESENVOLVIMENTO RURAL. Seguro Agrícola: Algumas Experiências Internacionais. **Informático Técnico SEAGRI**, n.1, p.1-13, 2010.

SILVA, C. **Ambientes inteligentes automatizados: Uma junção entre automação e engenharia mecânica**. 2018. 34f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Anhanguera, Santo André, 2018.

SILVA, A. D. C.; ROCHA, L. V.; MACHADO, A. P.; GUTIERRES, D. M. G.; SANTOS, L. S.; GUTIERREZ, C. B. B. Sistema de automação para captação de água pluviais e gerenciamento hídrico residencial utilizando aplicativo móvel. **Revista Espacios**, v.38, n.19, p.31, 2017.

SILVA, M. C.; GAMBARATO, V. T. S. Domótica e tecnologias utilizadas na automação residencial. **Tekhne e Logos**, Botucatu, v.17, n.2, p.56-67, 2016.

SOUZA, C. F.; SILVA, C. R.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; COELHO, E. F. Monitoramento do teor de água

no solo em tempo real com as técnicas de TDR e FDR. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p.26-42, 2016.

STEVAN JÚNIOR, S. L.; SILVA, R. A. **Automação e Instrumentação Industrial com Arduino**: Teorias e projetos. Brasil: Editora Erica, 2015. 296p.

TARABAL, F. **Agrosmart na Prática**: Raízen - Cana-de-açúcar. Brasil: Agrosmart, 2018.

VASCONCELOS, H. S.; FERREIRA, M. A.; TEIXEIRA, A. S.; SANTOS, C. C.; SOUZA, F. N. P.;

CANAFISTULA, F. J. F. Controle da irrigação via PLC com acionamento remoto por válvulas Latch por rádio frequência. In: INOVAGRI, 2012, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Inovagri, 2012.

VELA, R. H. N.; DALLACORT, R.; DALCHIAVON, F. C.; ARAUJO, D. V.; BARBIERI, J. D.; KOLLING, E. M. Lâminas de irrigação na cultura do arroz de terras altas, no médio norte do estado de Mato Grosso. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.17, p.1753-1764, 2013.