

INTERNET DAS COISAS: ARDUINO COMO SOLUÇÃO DE AUTOMAÇÃO PARA O MELHOR APROVEITAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA ENERGIA ELÉTRICA NA AGRICULTURA

INTERNET OF THINGS: ARDUINO AS AN AUTOMATION SOLUTION FOR THE BETTER USE OF WATER RESOURCES AND ELECTRICAL ENERGY IN AGRICULTURE

Jonas Daniel Hermany¹
Aléssio Inácio Cagliari²

RESUMO

Diversos fatores contribuem para que os sistemas de automação, e tecnologias relacionadas, ainda não estejam presentes em grande número nas pequenas e médias propriedades rurais. A falta de conhecimento, recursos financeiros e tecnologias acessíveis continuam a privar o meio agrícola das melhores práticas de cultivo, principalmente quanto ao melhor aproveitamento dos recursos disponíveis e necessários para o alcance de uma boa produtividade. Desta forma, objetiva-se, por meio de um estudo de caso, analisar as principais tecnologias de sensoriamento e apresentar formas de monitoramento e controle, por meio de uma automação de baixo custo, para a otimização da utilização dos recursos hídricos e da energia elétrica. Para isso, com a crescente evolução da Internet das Coisas, tecnologias de hardware e software livres, como a plataforma Arduino, têm ganho popularidade pela fácil utilização e possibilidades de aplicação para os mais diversos fins, permitindo também que melhorias e alterações sejam feitas facilmente, sem a necessidade de altos investimentos, trazendo ganhos tanto para quem desenvolve a tecnologia quanto para quem a utiliza.

Palavras-chave: Internet das Coisas. Arduino. Automação. Hardware Livre. Agricultura. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Several factors contribute to the fact that automation systems and related technologies are not yet present in large numbers in small and medium-sized rural properties. The lack of knowledge, financial resources and accessible technologies continue to deprive the agricultural environment of the best cultivation practices, especially as to the best use of available resources and necessary for the achievement of good productivity. The objective of this study was to analyze the main sensing technologies and to present monitoring and control methods, through a low cost automation, to optimize the use of water resources and electric energy. For this, with the increasing evolution of Internet of Things, free hardware and software technologies, such as the Arduino platform, has gained popularity by easy use and application possibilities for the most diverse purposes, also allowing improvements and changes to be made easily, without the need for high investments, bringing gains both to those who develop the technology and to those who use it.

Keywords: Internet of Things. Arduino. Automation. Free Hardware. Agriculture. Sustainability.

¹ Graduando em Gestão da Tecnologia da Informação, Centro Universitário FAI, hermany.jonas@gmail.com.

² Mestre em Ensino Científico e Tecnológico pela Universidade Regional Integrada de Santo Ângelo – RS, URI. Especialista pela Escola Superior Aberta do Brasil – ESAB. Professor do Curso de Gestão da Tecnologia da Informação, Centro Universitário FAI. Sócio proprietário, IpInova Tecnologia, alessio.gti@seifai.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

Considerando o fato de que a correta aplicação das técnicas de produção gera um produto final de maior qualidade, bem como menores custos para quem o produz, a eficiente gestão da agricultura tem um papel importantíssimo tanto para o sustento das pessoas quanto para a estabilidade da economia (LOPES; CONTINI, 2012).

Atualmente, diversas tecnologias sofisticadas de inteligência embarcada já cumprem o papel da automatização no cenário agrícola, principalmente por meio da coleta e análise dos dados de sensores, sistemas de geolocalização e controladores industriais, com o objetivo de monitorar as mais diversas variáveis ligadas aos aspectos de produção, auxiliando na evolução da agricultura de precisão e aprimoramento dos sistemas de apoio a decisão. (MASSRUHÁ, 2015).

Apesar de o Brasil estar evoluindo quanto à aplicação de recursos tecnológicos na agricultura, grande parte dos produtores ainda carece de informações e tecnologias adequadas e acessíveis (LOPES; CONTINI, 2012). Neste contexto, a Internet das Coisas (IoT) vem revolucionando o conceito de automação nas mais diversas áreas, com sistemas cada vez mais inteligentes e tangíveis (LACERDA; LIMA-MARQUES, 2015).

Neste sentido, com base no segmento de automação agroindustrial seguido pela empresa IP Inova Tecnologia – por meio de hardware e software livres – e levando em consideração o nicho predominantemente agrícola no qual se encontra, com o presente artigo pretende-se apresentar uma possibilidade de ampliação do atual ramo de negócios com a proposta de um sistema automatizado de irrigação voltado para áreas agrícolas de pequeno e médio porte.

Assim, objetiva-se apresentar um estudo das possibilidades da automação dos processos de produção voltados à agricultura de pequena e média escala por meio da plataforma Arduino aplicada ao conceito de Internet das Coisas, com foco no melhor aproveitamento dos recursos hídricos e da energia elétrica.

Desta forma, o baixo custo aliado à facilidade de utilização e os diversos componentes, sensores e ferramentas disponíveis fazem do Arduino uma plataforma capaz de trazer novas perspectivas para a agricultura por meio de sistemas automatizados para o eficiente controle, monitoramento e melhor aproveitamento dos recursos utilizados neste meio, melhorando a produtividade e promovendo a sustentabilidade para o aumento da produção que se demanda.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Diversas tecnologias que conhecemos, e com as quais podemos contar atualmente, tiveram o seu marco na Revolução Industrial do século XVIII, a grande responsável pela

aceleração do desenvolvimento da automação, onde a crescente substituição do trabalho braçal pela mecanização trouxe maior eficiência para os processos, atendendo a necessidade de produzir mais e melhor (GOEKING, 2010).

Após a Segunda Guerra Mundial, segundo Lemos (2009, p. 162), “[...] [a] força de trabalho passou a estar envolvida na produção e distribuição de informações e conhecimento e não mais na produção de bens materiais”. Foi neste período que surgiram os maiores avanços na automação, onde o salto tecnológico da robótica e da engenharia e novas fontes de energia trouxeram dispositivos automáticos possíveis de serem programados para fins específicos e, que aplicados aos equipamentos, proporcionaram o controle automático dos processos, resultando em uma maior precisão e velocidade de produção para as indústrias em geral (SELEME; SELEME, 2013).

Ferreira (1985, p. 163) define automação como “sistemas automáticos de controle, pelo qual os mecanismos verificam seu próprio funcionamento, efetuando medições e introduzindo correções, sem a interferência do homem”. Já nos Estados Unidos, em 1946, a automação era conceituada como uma forma de substituir o trabalho humano a fim de obter maior controle sobre a produção (GOEKING, 2010). Então, de maneira simplificada, Seleme e Seleme (2013, p. 85) descrevem automação como “[...] a tecnologia pela qual um processo ou procedimento é realizado sem a ajuda humana, que utiliza, para sua execução, um programa de instruções combinado com um sistema de controle”.

Antes da vinda de empresas estrangeiras para o Brasil – o que impulsionou a corrida por modernização dos processos produtivos mediante a concorrência – o país enfrentava muito mais dilemas que envolviam tanto fatores tecnológicos quanto sociais, além do fato de uma grande desorganização nos processos de automação (TEIXEIRA; VISOTO; PAULISTA, 2016).

Atualmente, as mudanças repentinas de tecnologias e formas organizacionais, bem como o constante apelo ao crescimento da economia, já fazem parte de uma rotina que acelera a demanda por produtos e serviços inovadores à medida que as empresas e indústrias disputam espaço em um cenário cada vez mais competitivo. O investimento em algo novo certamente atrai riscos e gera desafios, porém a inovação não está ligada somente à invenção ou descoberta do inexistente, como também não está restrita à tecnologia, mas sim à forma com que ela será aplicada em determinado meio, ramo ou setor (LEMOS, 2009).

Apesar dos sistemas automatizados ainda não estarem disseminados pelos diversos setores da produção brasileira, é possível afirmar que a automação é um dos ramos tecnológicos que mais está crescendo, tanto que sua utilização não se restringe mais aos limites industriais e, atualmente, já está presente em residências na forma de casas inteligentes, em escolas

auxiliando na melhoria da educação, no meio agrícola automatizando a produção de alimentos e em diversas outras áreas que estão evoluindo cada vez mais por meio das tecnologias de automação (TEZA, 2002).

Contudo, um dos grandes empecilhos que ainda acompanha a automação são os altos custos envolvidos, justificados pela complexidade que se atribui a este ramo tecnológico, o que acaba restringindo sua aquisição àqueles que possuem grande capital – levando em consideração que muitos setores possuem, durante grande parte do seu desenvolvimento, baixa lucratividade. Então, são necessários equipamentos acessíveis e robustos o suficiente para serem utilizados em larga escala e que consigam ou possibilitem adaptações para que seja possível atender diversas demandas (ABREU; BASTOS, 2015).

Desta forma, considerando que todas as informações, conhecimentos e técnicas acessíveis através de quaisquer que sejam os meios, são criadas, desenvolvidas e disseminadas por humanos, estando sujeitas a falhas, a ideia de sistemas inteligentes e autônomos mostra-se muito mais viável, eficiente e confiável tanto para a tomada de decisões quanto na coleta, processamento, disponibilização e utilização de informações importantes – em tempo real (SABEL, 2016).

Por isso, para que a automação se torne mais tangível e alcance maiores resultados, a Internet das Coisas (IoT) está trazendo novos conceitos e disseminando ferramentas de baixo custo, dentre as quais fazem parte diversos controladores e sensores de fácil utilização e integração (ALMEIDA, 2015).

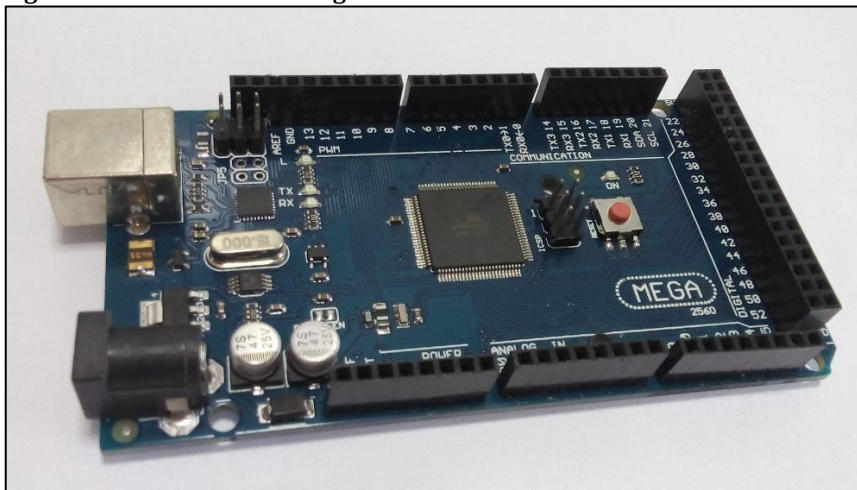
Do inglês Internet of Things (IoT), a Internet das Coisas refere-se à integração de objetos físicos e virtuais em redes conectadas à Internet, permitindo que “coisas” colem, troquem e armazenem uma enorme quantidade de dados numa nuvem, em que uma vez processados e analisados esses dados, gerem informações e serviços em escala inimaginável. (ALMEIDA, 2015, p. 7).

No ramo industrial, por exemplo, diversas aplicações inteligentes comandam equipamentos por meio de sensores e redes de comunicação, onde a computação em nuvem e as tecnologias relacionadas a *Big Data* são essenciais para que os dispositivos sejam capazes de “pensar e agir”. Neste sentido, garantir a interoperabilidade torna-se primordial para que essas tecnologias possam trabalhar de forma automática, com a menor quantidade de erros possíveis, garantindo altos índices de confiabilidade e qualidade (ABREU, 2017).

Desta forma, a plataforma Arduino ganha destaque em meio às inovações ligadas à automação sendo, de acordo com Stevan Junior e Silva (2015, p. 124), “baseada em microcontroladores [...] que possibilitam que esse dispositivo possa interagir com o ambiente e

ter controle sobre atuadores no mesmo [...] bastando interligar as interfaces com o meio e programá-lo com as funções desejadas”.

Figura 1 – Placa Arduino Mega.



Fonte: Autores.

Também no mundo da IoT, o Arduino está fortemente presente com a proposta de fazer com que sofisticadas ferramentas de automação possam ser substituídas por dispositivos que cumprem o mesmo papel e sejam de fácil acesso, permitindo que se tenha liberdade para a modificação e integração de componentes, mediante a grande disponibilidade e adaptabilidade dos mesmos (BEGHINI, 2013).

Dessarte, da mesma forma que qualquer outro equipamento eletrônico, os circuitos do Arduino foram projetados com base em conceitos e técnicas de engenharia elétrica. Então, a placa Arduino pode ser considerada uma versão em miniatura de um computador, sendo possível utilizá-la tanto para fins de testes e aprendizagem quanto em projetos sofisticados que envolvam protocolos de comunicação e Bancos de Dados (MCROBERTS, 2011).

2.1 INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE NA AGRICULTURA

Um dos grandes desafios da tecnologia para o futuro da agroindústria é garantir a sustentabilidade, permitindo que a agricultura continue suprindo a necessidade de alimentos, ao mesmo tempo que possa efetivar a aplicação de boas práticas essenciais e determinantes para a preservação dos recursos naturais (LOPES; CONTINI, 2012).

Porém, uma das grandes preocupações em relação aos processos de inovação no meio agrícola é a crescente evasão da população rural. Com isso, os desafios da agricultura tendem a aumentar à medida com que os custos com recursos e insumos, combinados com a escassez de mão de obra, exigirão ações cada vez mais drásticas: ou criam-se soluções que permitam a

produção com sustentabilidade e eficiência, que sejam acessíveis e aplicáveis não apenas às grandes propriedades, ou a agricultura irá esgotar os recursos naturais e iminentemente entrará em um processo de deterioração contínua (LOPES; CONTINI, 2012).

Eventualmente, da mesma forma que acontece nas agroindústrias, grande parte do meio agrícola remete a tecnologias e/ou sistemas automatizados que proporcionem a redução de rotinas manuais de trabalho, otimizem o tempo de produção e entreguem uma melhor qualidade para o produto final, de forma a diminuir os custos de operação que envolvem, além dos recursos humanos, principalmente os recursos hídricos e a energia elétrica (GROOVER, 2011).

Neste sentido, as tecnologias de informação e comunicação têm contribuído significativamente para o desenvolvimento da agricultura, apresentando um potencial ainda maior quando incorporado o conceito de Internet das Coisas onde, com a computação em nuvem, torna-se possível monitorar os dados de sensores remotamente e tomar decisões importantes na hora certa, as quais indubitavelmente irão impactar na produção e no produto final (SENAR, 2017).

Estas tecnologias, porém, ainda enfrentam diferentes desafios impostos por inúmeros fatores naturais que influenciam no surgimento de diversos acontecimentos inesperados, os quais fazem com que o nível de precisão dos dados e os resultados obtidos sejam inferiores se comparados com outros ramos de automação (MASSRUHÁ; LEITE; MOURA, 2014).

Inevitavelmente, independente da escala de produção agrícola, várias características integram as fases e formas de manejo do plantio, onde a irrigação destaca-se em meio aos sistemas utilizados por ser um dos principais fatores capazes de determinar o andamento e a qualidade final da produção, tornando-se essencial o monitoramento e controle dos processos por meio de tecnologias que sejam capazes de auxiliar na redução de falhas e melhorar a eficiência da técnica aplicada (GUIMARÃES, 2011).

À vista disso, a agricultura é que mais utiliza e depende dos recursos hídricos, consumindo cerca de 69% da água doce – sendo que no Brasil a irrigação utiliza quase 50% do volume de água disponível (PIRES, 2008). Pires (2008, p. 99) enfatiza, ainda, que “no mundo, aproximadamente 18% da área cultivada são irrigados, sendo esta responsável por 44% da produção agrícola do mundo”.

Embora a agricultura irrigada seja uma grande consumidora dos recursos hídricos, diversos fatores contribuem para que esta técnica aumente cada vez mais, sendo os principais deles os fatores climáticos e populacionais que, imprescindivelmente, estarão sempre presentes. Então, inovações que tragam soluções para o controle e a melhor distribuição da água são tão importantes para a produtividade e sustentabilidade quanto para a inclusão de pequenos e

médios produtores, de forma a aproximar o campo da cidade e dar mais oportunidades de crescimento para a agricultura familiar (LOPES, 2012).

Além do grande consumo dos recursos hídricos, a agricultura irrigada é uma das práticas que mais consome energia elétrica. Logo, a medida com que aumentam os gastos, será necessária a utilização de fontes alternativas para a geração de energia elétrica, o que acabará resultando em maiores custos e um racionamento forçado (BERNARDO, 1997).

Por isso, Bernardo (1997, p. 10) explica que quando se trata de pequenas propriedades e escalas de produção relativamente baixas, “é cada vez mais comum verificar que os benefícios econômicos de uma melhoria no manejo da irrigação estão mais relacionados com a redução do custo com energia do que com o possível aumento da produtividade”.

Neste contexto, recentemente, com a implantação das bandeiras tarifárias na cobrança de energia elétrica no Brasil, por exemplo, diversas áreas de produção foram reduzidas e muitos agricultores desistiram de seus cultivos devido aos altos custos com a eletricidade, sendo que a conta chegou a aumentar mais de 50% em algumas propriedades (FRANCO, 2015).

Desta forma, segundo Seixas e Marchetti (1982, p. 6) “a evolução do consumo de energia na agricultura tem acompanhado a produtividade agrícola ao longo da história. Nesse ponto, é interessante notar que, quanto mais desenvolvida é a agricultura, menor é o seu rendimento energético”.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente artigo expõe os resultados de uma abordagem qualitativa, onde foram analisadas diversas variáveis e fatores referentes às possibilidades da automação com hardware livre na agricultura. Desta forma, segundo Malhotra (2001, p. 155), essa abordagem “é uma metodologia de pesquisa não-estruturada, exploratória, baseada em pequenas amostras que proporcionam *insights* e compreensão do contexto do problema”.

Foi desenvolvido um estudo de caso, por meio de pesquisas bibliográficas, onde foram identificadas demandas e carências tecnológicas da agricultura de pequeno e médio porte, e partindo do conceito de Internet das Coisas, foram elencadas as principais tecnologias de sensoriamento e monitoramento relacionadas à plataforma Arduino, as quais mostram-se capazes de atender as necessidades expostas, bem como resultar em um novo produto para a empresa IP Inova Tecnologia e consequente ampliação do seu nicho de mercado.

Conforme Gil (2010), o estudo de caso consiste em um profundo estudo do tema, restringindo-se a poucos ou um único objetivo a fim de adquirir um amplo conhecimento sobre

o assunto, podendo o pesquisador formular teorias e hipóteses racionais acerca do aprendizado adquirido durante o desenvolvimento dos estudos.

Coexistente, a pesquisa bibliográfica, segundo Gil (2010, p. 29), “é elaborada com base em material já publicado. Tradicionalmente, esta modalidade de pesquisa inclui material impresso, como livros, revistas, jornais, teses, dissertações e anais de eventos científicos”. Porém, diante das novas formas de disseminação e acesso à informação, as mídias digitais e materiais provenientes do meio eletrônico também fazem parte deste tipo de pesquisa que traz como principal vantagem a possibilidade de alcançar uma ampla quantidade de informações (GIL, 2010).

Diante dos diversos ramos da agricultura, o desenvolvimento do estudo de caso teve como ponto de partida a falta de tecnologias acessíveis, bem como as possíveis transformações que a automação da irrigação pode proporcionar para a agricultura e a possibilidade de expansão do nicho de mercado da empresa IP Inova Tecnologia no segmento da automação agroindustrial. Neste sentido, foram tratados com importância dois fatores que dividem sua relevância quando se fala em sustentabilidade e qualidade da produção: os recursos hídricos e a energia elétrica.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Mediante os estudos realizados, apresentam-se aqui tecnologias de sensoriamento, monitoramento e controle para uma automação de baixo custo voltada a sistemas de irrigação, onde a plataforma Arduino é utilizada como o hardware responsável pela interação com os sensores, atuação sobre o meio e comunicação com um servidor em nuvem, sendo este último, para fins de armazenamento de dados e interação com dispositivos ou softwares programados para permitir o controle e monitoramento remoto do sistema automatizado.

4.1 ARDUINO COMO SOLUÇÃO PARA AUTOMAÇÃO

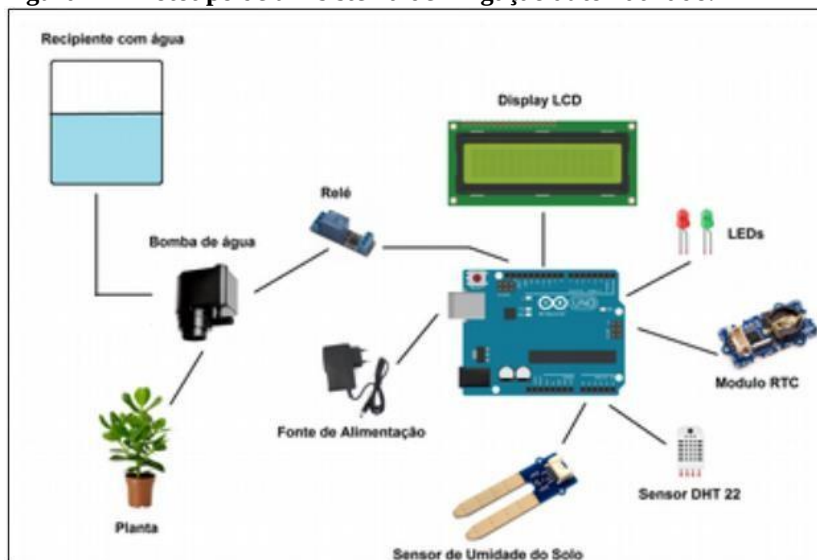
O Arduino, por ser composto por uma plataforma embarcada de hardware e software livres, permite, por meio de seu microcontrolador Atmel AVR, a sua utilização para diversos tipos de aplicações, com recursos que viabilizam o armazenamento dos diversos dados gerados pelos sensores – responsáveis pela interação do sistema de automação com o ambiente no qual ele está inserido – bem como o monitoramento, controle e comunicação do Arduino com possíveis dispositivos conectados e/ou sistemas que utilizem os dados armazenados para gerar e entregar informações.

A programação do Arduino é feita por meio de uma IDE específica baseada nas linguagens de programação C, C++ e Java. Nela são escritos e compilados os blocos de código que vão ser interpretados pelo microcontrolador (MCROBERTS, 2011). Esses códigos são armazenados em uma memória própria do Arduino – sendo que o mesmo dispõe de memória RAM e memória ROM – que o auxilia no gerenciamento e controle dos seus componentes e periféricos (DA CUNHA; DA ROCHA, 2016).

4.1.1 Automação de Sistemas de Irrigação

Um sistema de irrigação automatizado consiste basicamente na atuação de um controlador sobre o comando de bombas e válvulas, por meio da interpretação de ordens de programação especificadas previamente, com o propósito de garantir que, antes de qualquer ação ser executada, todas as variáveis permitam a operação (REIS, 2015). No esquema da Figura 2 é possível observar os componentes que integram um simples sistema automatizado de irrigação, conforme descrito.

Figura 2 – Protótipo de um sistema de irrigação automatizado.



Fonte: Da Cunha e Da Rocha (2016).

A variedade dos componentes e os diferentes processos de fabricação contribuem para uma não uniformidade nos sistemas de irrigação (MEYER, 2005). Neste sentido, considerando o objetivo de atender a diversas demandas, a automação não pode deter-se a um tipo de sistema de irrigação, devendo atender ao requisito de adaptar-se à necessidade de cada caso, com o propósito de melhorar o que já funciona.

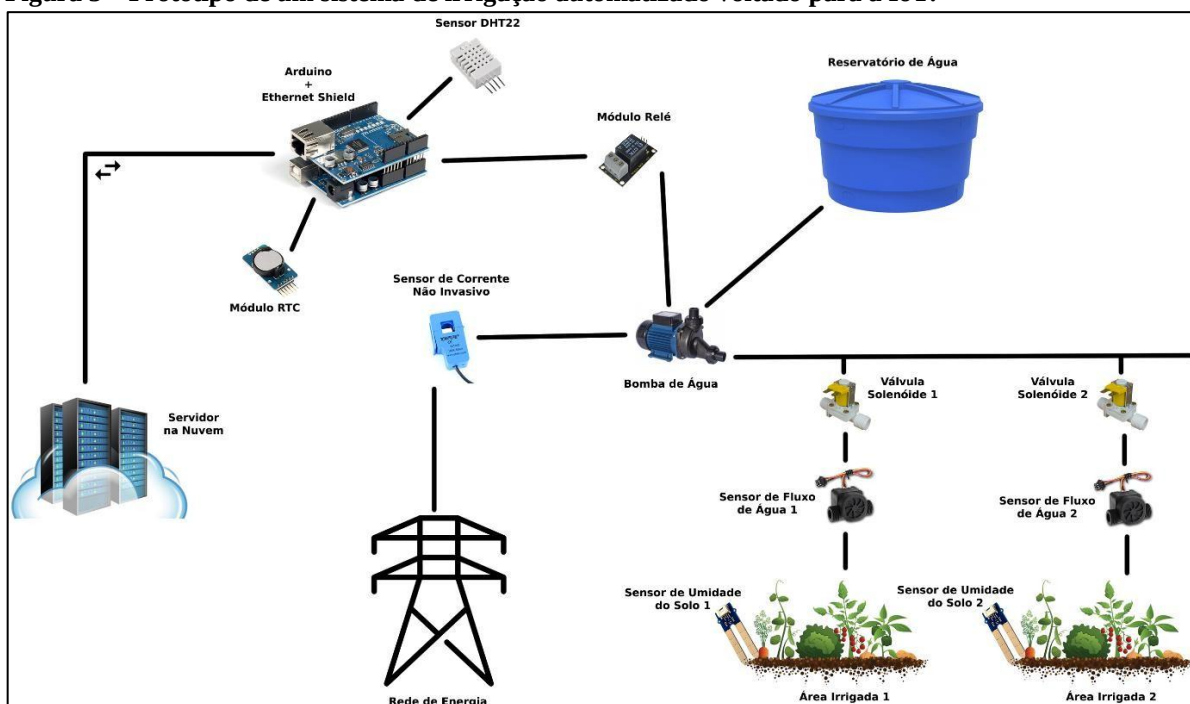
Assim, quanto mais independente for a atuação de cada sensor, ou seja, quanto menos o sistema estiver condicionado à presença de determinado periférico – considerando cada sensor

apenas como um complemento para o conjunto da automação – maior será a possibilidade de atuar sobre os aspectos que realmente necessitam ser levados em consideração para determinado esquema de irrigação, seja qual for a marca, modelo ou material que compõe o equipamento.

Quando agregamos o conceito de Internet das Coisas – onde tudo está conectado e os dispositivos “conversam” por meio da rede – surgem novos requisitos de hardware, software e infraestrutura que devem ser cumpridos, principalmente aqueles que condicionam a conexão com a internet, para que o controlador possa se comunicar com um servidor em nuvem, por exemplo.

A Figura 3 mostra o protótipo do sistema visado pelo estudo de caso, ou seja, desenvolvido para a Internet das Coisas e projetado para ser mais eficiente e permitir um maior controle dos fatores presentes na prática da irrigação, bem como o armazenamento dos dados gerados pelos sensores, possibilitando o monitoramento dos mesmos. O protótipo serve apenas para demonstrar quais são os componentes necessários e onde cada um deles irá atuar.

Figura 3 – Protótipo de um sistema de irrigação automatizado voltado para a IoT.



Fonte: Autores.

Certamente o controle do tempo, em um sistema de irrigação, é determinante para o manejo racional desta prática e, por ser uma tarefa que exige precisão, quanto menor a margem de erros melhores resultados poderão ser obtidos. Neste sentido, o módulo Real Time Clock (RTC) consegue entregar os horários estabelecidos com um alto nível de acerto.

O módulo Real Time Clock (RTC) funciona como um relógio para o Arduino, permitindo que sejam configurados horários para o acionamento da irrigação com a segurança de que os mesmos serão cumpridos. Então, a partir do momento em que os horários estiverem gravados na memória do Arduino, o microcontrolador irá tratar de detectar a configuração e, se não houverem condicionamentos, atuar sobre a irrigação.

Dentre os sensores que atuam integrados para proporcionar a melhor assertiva possível quanto à prática de irrigação, destacam-se os sensores de umidade do solo por serem passivos de configurações específicas para as variações de umidade do solo ideais para cada tipo de cultivo, formando assim, a principal variável de verificação condicional para os atuadores da automação, onde o mesmo assume também a responsabilidade de violação dos horários programados para que se faça o acionamento da irrigação no caso de condições críticas.

Porém, para que o microcontrolador do Arduino consiga atuar sobre as bombas e válvulas que compõe o sistema de irrigação faz-se necessário o relé, que cumpre o papel de interruptor de energia, sendo o responsável por ligar ou desligar os equipamentos de irrigação – e sendo compatível com os mais diversos circuitos elétricos que podem ser condicionados ao Arduino.

Para que se possa obter uma maior flexibilidade da área a ser irrigada são utilizadas as válvulas solenoide, que consistem basicamente de uma bobina de fios de cobre, a qual é responsável por controlar o corpo da válvula. Dependendo da bobina estar ou não energizada, o corpo pode assumir a posição de aberto ou fechado, ou seja, permitindo ou restringindo a passagem da água (REIS, 2015). Desse modo é possível direcionar a irrigação somente para determinados campos de cultivo.

Contudo, variações repentinas de temperatura e umidade são fatores propensos a gerar interferências ou danos na produção. Por isso o sensor DHT22, que faz a leitura da temperatura e umidade do ambiente, é um importante componente que está presente com a responsabilidade de trazer as variáveis externas para o condicionamento da irrigação.

Por meio da detecção e análise dos dados do sensor de umidade de solo e do sensor de umidade e temperatura externas como base para o acionamento das bombas de irrigação e controle das válvulas, já se consegue obter uma redução significativa no consumo de energia elétrica e de água, porém ainda não é possível mensurar claramente esses fatores.

Como uma das soluções, o sensor de corrente SCT-013 possui a capacidade de medir a corrente de energia que está percorrendo a instalação elétrica. Como ele é um sensor não invasivo e não é ligado diretamente ao cabo de energia, este dispositivo utiliza o campo magnético gerado pela condução da energia elétrica, que passa por suas espiras, para gerar um

fator de cálculo da energia utilizada (BRITO, 2016).

Posteriormente, também faz-se presente o sensor de fluxo de água, que funciona de forma parecida com um registro, sendo instalado em linha com os canos de irrigação para efetuar a medição da quantidade de água que circula pelo seu corpo e, por meio de pulsos elétricos – sendo que cada pulso representa uma certa vazão de água – permitir que o consumo seja calculado e armazenado.

Neste contexto, é importante ressaltar que, para que seja possível realizar uma medição com o maior nível de precisão factível é necessário condicionar os sensores e o Arduino ao circuito elétrico, ou seja, fazer a regulação da voltagem da rede de energia, para que não seja aplicada uma tensão além do que os componentes são capazes de suportar, anulando o máximo possível de interferências eletromagnéticas (BRITO, 2016).

Com os diversos sensores, módulos e componentes respectivamente instalados e configurados, todos os dados gerados pela atuação destes dispositivos estão aptos ao armazenamento externo por meio da Ethernet Shield acoplada ao Arduino. Este componente é o responsável pela comunicação do Arduino com a internet sendo que, comumente, as bibliotecas oferecem suporte para acesso à rede IP por meio dos protocolos TCP ou UDP, embora o protocolo MQTT, otimizado para dispositivos de Internet das Coisas, seja o mais recomendado e esteja em constante ascensão.

Com o Arduino on-line, os dados lidos pelos sensores podem ser facilmente armazenados em um servidor local ou na nuvem. Da mesma forma, também é possível exercer controle remoto sobre o Arduino, a exemplo da realização do acionamento ou desligamento da irrigação por meio de um sistema web desenvolvido com funções que possibilitem tais operações. Todas as ações realizadas pelo controlador também podem ser armazenadas e monitoradas caso se faça necessário.

Assim, com uma base de dados em constante atualização, torna-se fácil monitorar o tempo que a irrigação permaneceu acionada, qual foi o consumo energético dos equipamentos, realizar cálculos de custos em relação ao preço cobrado pela energia elétrica, determinar qual foi o consumo total de água durante determinado período, gerar relatórios, detectar padrões de consumo, realizar comparativos para determinar em quais condições a irrigação é mais eficiente, dentre inúmeras outras possibilidades mas, principalmente, a de ter esses dados disponíveis e acessíveis no momento em que forem necessários.

Conexo a isto, segundo a CEMIG (1993), o correto manejo da irrigação reduz cerca de 20% da água e 30% da energia elétrica gastas no processo, considerando que a irrigação correspondia, em 1993, por pouco mais de 1% da energia elétrica gasta anualmente no Brasil.

Atualmente o consumo destes recursos certamente é bem maior, porém é possível afirmar que as taxas de economia com a automação da irrigação tenham seguido a proporção de aumento.

Desta forma, para o desenvolvimento de um sistema automatizado como o que está sendo proposto, deve ser levando em consideração que a quantidade de componentes, módulos e sensores irá variar de acordo com a complexidade do esquema de irrigação.

Em seguimento, na Tabela 1 estão elencados os dispositivos necessários para o desenvolvimento do sistema de controle automatizado esquematizado na Figura 3, bem como o custo aproximado de cada item.

Tabela 1 – Componentes necessários para o desenvolvimento do protótipo da Figura 3.

Quantidade	Descrição	Custo Total (R\$)
1	Placa Arduino Mega	75,00
1	Ethernet Shield	55,00
1	Módulo Relé	13,00
1	Sensor de Umidade e Temperatura DHT22	37,00
2	Sensor de Umidade do Solo	70,00
2	Válvula Solenoide	70,00
1	Módulo Real Time Clock	15,00
1	Sensor de Corrente Não Invasivo	48,00
2	Sensor de Fluxo de Água	70,00
Total		453,00

Fonte: Autores.

Considerando então, os profissionais, a experiência e as tecnologias que a empresa IP Inova Tecnologia possui atualmente para o desenvolvimento deste sistema, pode ser atribuído um tempo estimado de 1 a 2 meses até que se alcance um produto apto a entrar em produção. Porém, deve ser levado em consideração que o tempo de instalação e ajustes apropriados para cada sistema dependem fortemente de fatores climáticos e da cultura em questão.

Desta forma, a mensuração do custo total da automação de um sistema de irrigação está condicionado à diversos fatores que somente podem ser alcançados com o estudo e identificação das especificações exigidas por cada área a ser automatizada, bem como a distribuição dos atuadores e a demanda da escala de produção.

Para o agricultor que adquire o sistema, além das vantagens econômicas com a otimização dos gastos de água e energia elétrica, será possível substituir completamente o modo manual de irrigação. Assim, o trabalho braçal passa a ser eficientemente substituído por dispositivos eletrônicos que não se cansam, atuam independentemente, trabalham com baixas taxas de erro e agregam técnicas mais inteligentes ao agronegócio, permitindo também que o produtor tenha mais controle sobre o seu cultivo.

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante os resultados obtidos, é possível constatar que a plataforma Arduino, além de ser uma solução de baixo custo, é capaz de suprir eficientemente as demandas da automação de um sistema de irrigação, tanto no controle e monitoramento dos sensores e atuadores quanto na interação com plataformas externas e serviços em nuvem para a troca e entrega de dados mostrando, desta forma, seu potencial de atuação para a Internet das Coisas.

Portanto, pode-se ressaltar que a otimização na utilização dos recursos hídricos e da energia elétrica por um sistema automatizado de irrigação é totalmente viável e mensurável, bem como os benefícios que o mesmo proporciona quanto à melhor assertiva desta prática. Neste ponto a adaptabilidade da plataforma Arduino, que permite uma fácil escala do sistema, mostra que é possível alcançar bons resultados com uma automação por meio de plataformas de hardware e software livres.

Inevitavelmente, os sistemas automatizados desenvolvidos por meio de tecnologias livres permitem o controle total sobre a programação da atuação dos microcontroladores e dão liberdade para modificar o que for necessário e adaptar a automação para que seja possível atender a diversas demandas, de forma a entregar uma eficiência equiparável aos controladores industriais fechados e proporcionar um rápido retorno sobre o investimento.

O assunto abordado apresenta uma ampla possibilidade de crescimento. Desta forma, como melhoria para a continuidade do projeto, podem ser desenvolvidas formas de controle para a detecção de falhas e geração de alertas sobre o estado dos sensores e atuadores a fim que o sistema automatizado opere em boas condições e possa entregar resultados confiáveis.

6 REFERÊNCIAS

ABREU, Cristiano Santos Pereira de; BASTOS, Tiago Jampietro. **Automação de abrigos de cultivos para culturas hidropônicas**. 2015. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de

Tecnologias da Informação e Comunicação, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2015.

ABREU, Marcelo. Revolucionando a Indústria. **Computação Brasil**, Porto Alegre, n. 29, p.50-53, abr. 2015. Disponível em: <<https://app.magtab.com/leitor/203/edicao/1868>>. Acesso em: 02 out. 2017.

ALMEIDA, Hyggo. Tudo Conectado. **Computação Brasil**, Porto Alegre, n. 29, p.6-8, abr. 2015. Disponível em: <<https://app.magtab.com/leitor/203/edicao/1868>>. Acesso em: 02 out. 2017.

BEGHINI, Lucas Bragazza. **Automação residencial de baixo custo por meio de dispositivos móveis com sistema operacional Android**. 2013. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

BERNARDO, Salassier. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Viçosa: MMA, SRH, ABEAS, UFV, v. 34, 1997.

CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Estudo de otimização energética: setor irrigação-pivô central**. Belo Horizonte, 1993. 22 p.

DA CUNHA, Kianne Crystie Bezerra; DA ROCHA, Rodrigo Vilela. Automação no processo de irrigação na Agricultura Familiar com plataforma Arduino. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 1, n. 2, p. 62-74, 2016.

FERREIRA, A.B.H. **Novo dicionário da língua portuguesa**. São Paulo: Nova Fronteira, 1985.

FRANCO, Pedro Rocha. **Energia mais cara sufoca agricultura de irrigação**. 2015. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2015/08/20/internas_economia,680155/energia-a-mais-cara-sufoca-agricultura-de-irrigacao.shtml>. Acesso em: 03 out. 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184 p.

GOEKING, Weruska. Da máquina a vapor aos softwares de automação. **O Setor Elétrico**, São Paulo, v. 52, p.70-77, maio 2010. Disponível em: <<https://www.osetoreletrico.com.br/xxxx/>>. Acesso em: 02 out. 2017.

GROOVER, M. P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011.

GUIMARÃES, Vinícius Galvão; BAUCHSPIESS, Adolfo. **Automação e monitoramento remoto de sistemas de irrigação visando agricultura familiar**. 2011. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

LACERDA, Flavia; LIMA-MARQUES, Mamede. Da necessidade de princípios de Arquitetura da Informação para a Internet das Coisas. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 20, n. 2, p. 158-171, 2015.

LEMOS, Cristina. Inovação na era do conhecimento. **Parcerias estratégicas**, v. 5, n. 8, p. 157-180, 2009.

LOPES, Maurício Antônio; CONTINI, Elisio. Agricultura, sustentabilidade e tecnologia. **Agroanalysis**, v. 32, n. 02, p. 27-34, 2012.

MALHOTRA, Naresh K. **Pesquisa de marketing**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira. Tecnologias da informação e da comunicação - O papel na agricultura. **Agroanalysis**, v. 35, n. 9, p. 29-31, 2015.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; MOURA, M. F. Os novos desafios e oportunidades das tecnologias da informação e da comunicação na agricultura (AgroTIC). In: MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; ROMANI, L. A. S. (Ed.). **Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Cap. 1. p. 23-38.

MEYER, Gabriel Ladeira. **Controle de sistemas de irrigação com monitoramento via programação**. 2005. 79 f. Monografia de graduação em Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec, 2011. 453 p.

PIRES, Regina Célia de M. et al. Agricultura irrigada. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v. 1, p. 98-111, 2008.

REIS, Jéssica Sarto dos. **Sistema de controle aplicado à automação de irrigação agrícola**. 2015. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Automação Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procopio, 2015.

SABEL, Gustavo. **Protótipo de um sistema gerenciador de equipamentos eletrônicos via wi-fi para economia de energia**. 2016. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2016.

SEIXAS, Jorge; MARCHETTI, Delmar. Produção e consumo de energia na agricultura. **Embrapa Cerrados-Documents (INFOTECA-E)**, 1982. 15 p.

SELEME, Robson; SELEME, Roberto Bohlen. **Automação da Produção: uma abordagem gerencial [livro eletrônico]**. Curitiba: Intersaberes, 2013. 211 p.

SENAR. **Agricultura digital abre perspectivas para pesquisa**. 2017. Disponível em: <<http://www.senar.org.br/agricultura-precisao/tag/futuro-da-agricultura-internet-das-coisas-iot/>>. Acesso em: 21 out. 2017.

STEVAN JUNIOR, Sergio Luiz; SILVA, Rodrigo Adamshuk. **Automação e instrumentação industrial com Arduino: Teoria e Projetos**. São Paulo: Érica, 2015. 296 p.

TEIXEIRA, Ana Flávia Serpa; VISOTO, Nayanne Antunes Ribeiro; PAULISTA, Paulo Henrique. Automação industrial: seus desafios e perspectivas. **Revista Científica da FEPI**, v. 9, 2016.

TEZA, Vanderlei Rabelo. **Alguns aspectos sobre a automação residencial - domótica**. 2002. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.