



DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA OTIMIZAÇÃO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DESCARTADA POR CONDICIONADORES DE AR

BATISTA, A. C.¹; COSTA, L. A. M. A.¹; BATISTA, A. C.².

¹ Universidade Federal de Roraima

² Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA

Palavras-chave: sistemas embarcados, irrigação, Internet das coisas, desenvolvimento sustentável, inovação tecnológica

Resumo

A água residual dos condicionadores de ar é produzida sem custos adicionais e pode ser aplicada em irrigação urbana como fonte alternativa contribuindo para a conservação das águas dos mananciais e favorecendo o microclima urbano. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um protótipo para otimizar o aproveitamento dessa água em irrigação microcontrolada. Sua implementação foi realizada com a plataforma NodeMCU-ESP8266 e servidor Web como meio de interação do usuário no controle e monitoramento do sistema, compondo-se, assim, um sistema embarcado incorporado com o conceito de Internet das coisas. A água é coletada em reservatório apropriado e drenada por gravidade em até três setores de irrigação de acordo com a configuração parametrizada pelo usuário na aplicação Web e enviada ao ESP8266. A aplicação de novas tecnologias e abordagens tecnológicas em protótipos de novos produtos e a novas funcionalidades agregadas, contribuem muito para a inovação e desenvolvimento de produtos ainda mais eficientes com funcionalidades que podem estar diretamente voltadas ao desenvolvimento tecnológico sustentável.

DEVELOPMENT OF PROTOTYPE FOR OPTIMIZATION OF THE USE OF WATER DISCARDED BY AIR CONDITIONERS

Keywords: embedded systems, irrigation, Internet of things, sustainable development, technological innovation

Abstract

The residual water from air conditioners is produced no additional cost and can be applied urban irrigation as alternative source contributing to conservation springs water and favoring urban microclimate. The prototype developed aims to optimize the use that water in microcontrolled irrigation. Its implementation was accomplished with the platform NodeMCU-ESP8266 and Web server composing itself an embedded system incorporated with the concept of Internet of things like tool of control and remote monitoring. The water is collected in appropriate reservoir and drained by gravity in up to three irrigation sectors according to the programming done by the user in the Web application and sent to ESP8266. Application of new technologies in prototypes making has contributed to innovation actions creating more efficient products and additional functionalities that can be used to promote sustainable development.

INTRODUÇÃO

A mitigação da escassez de água nas áreas urbanas exige ações de conservação da água nas quais se incluem: o uso racional, a minimização do consumo e utilização de fontes alternativas (EGITO, FONTANA, MORAIS, 2015). Em se tratando de fontes alternativas, tem-se a água descartada por condicionadores de ar que apresenta grande potencial de aproveitamento contribuindo diretamente para a conservação da água. (CARVALHO, CUNHA, FARIA, 2012).

Em termos de qualidade, as características físico-químicas dessa água são compatíveis com a Portaria MS518/2004, (CARVALHO, CUNHA, FARIA, 2012), podendo ser aproveitada em bateria de automóvel, no radiador, descarga de banheiros, indústria, lavagem de tecidos, cultura de peixes em aquário e irrigação (AKRAM et al., 2018).

Além disso a água exerce um importante papel nas cidades. Ela atua em conjunto com a vegetação como regulador do microclima urbano, pois sua capacidade de armazenar calor propicia o resfriamento da temperatura, melhorando a qualidade ambiental urbana (OLIVEIRA FILHO, 2015).

Entretanto, não se observa na literatura pesquisada estudos no desenvolvimento de protótipos que otimizem o aproveitamento da água para aplicação em irrigação, em especial em edificações já construídas.

O objetivo do presente trabalho foi, portanto, desenvolver um protótipo para otimizar o aproveitamento da água produzida por condicionadores de ar com um sistema embarcado de gerenciamento de irrigação automatizada e incorporado com o conceito de Internet das coisas, contribuindo dessa forma com o aproveitamento de água gerada por fontes não convencionais e conseqüentemente com o desenvolvimento sustentável.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia adotada para consecução dos objetivos foi realizada com a apropriação do conhecimento científico por meio de pesquisa bibliográfica e pesquisa experimental realizada em laboratório na construção de modelos e posterior validação.

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica acerca de água produzida por condicionadores de ar, buscando-se na literatura trabalhos que tragam indicativos da qualidade da água, quantidade produzida e maneiras de aproveitamento já propostas.

Para um melhor aproveitamento a água disponível foi aplicada em irrigação localizada que segundo Poloni et al. (2018) pode ser definida como uma aplicação precisa de água na forma de gotas, localizados em pontos selecionados ao longo das linhas condutoras de água e, se bem manejado, resulta na economia de água e energia.

Frente às alternativas de modelagem, optou-se pela construção de um protótipo em razão da observação das funcionalidades do sistema e quando colocados à disposição dos clientes e utilizadores melhoram a compreensão e participação na avaliação da proposta do novo produto. Eles permitem uma observação sobre o comportamento e reação dos utilizadores numa antecipação ao produto final (MARTINS, 2010).

Dessa maneira procurou-se construir um protótipo com material que poderá ser utilizado no produto final, sejam os itens eletroeletrônicos ou mesmo os construídos em PVC, possibilitando uma melhor avaliação de seu desempenho.

Funcionalmente o protótipo pode ser dividido em 5 subsistemas: Hardware, Software, Coleta e armazenamento, Distribuição e Irrigação. Os subsistemas se interligam conforme diagrama em blocos da Figura 1.

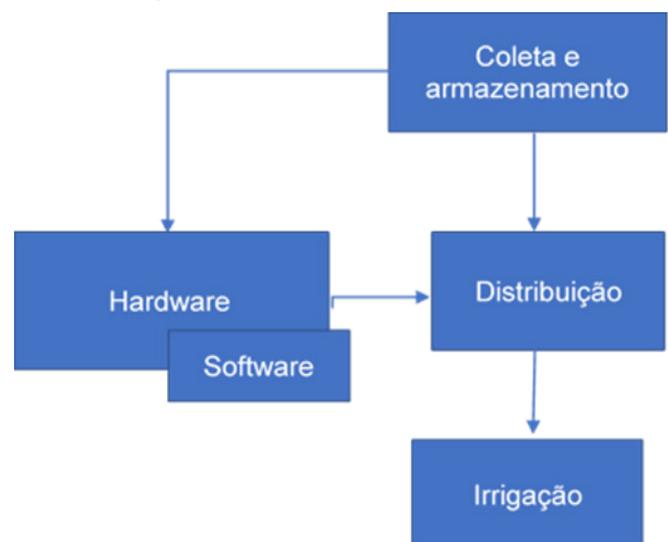


Figura 1. Diagrama em blocos do sistema

O fluxo de água na irrigação é mantido pelo

subsistema de distribuição que tem suas válvulas controladas pelo hardware e software de acordo com a configuração parametrizada pelo usuário. O subsistema de coleta e armazenamento compreende o reservatório e as tomadas de água do condicionador de ar e de outra fonte convencional, água da torneira ou pluvial, a fim de suprir uma demanda de água não atendida pela pequena quantidade produzida pelos condicionadores de ar, sendo essa última controlada de acordo com o nível de água no reservatório. Não há sistema de bombeamento, a irrigação é efetuada por gravidade. A seguir será descrita a constituição de cada subsistema.

Hardware

Referente ao Hardware de supervisão e controle tomou-se para seleção as plataformas de desenvolvimento de sistemas embarcados listadas na tabela 1 das quais foi selecionada para o desenvolvimento do sistema a NodeMCU. Trata-se de uma plataforma de desenvolvimento baseada no microcontrolador Esp8266 e pode ser programado na IDE Arduino (HERRERA, MAMANI, VILLALOBOS, 2017).

Tabela 1. Requisitos de hardware e plataformas pesquisadas

A Requisitos da plataforma de desenvolvimento	Arduino UNO	PIC-GEDS	NodeMCU ESP8266	ESP-01	Raspberrry Pi3
Processador: 32-bit	-	-	X	X	X
Processamento 40 MHz (mínimo)	-	X	X	X	X
Memória FLASH 4MB (mínimo)			X	X	X*
Memória RAM 128 kB (mínimo)	-	-	X	X	X
Número de GPIO (4 no mínimo)	X	X	X	-	X
Servidor web incorporado	-	-	X	X	X
Desenvolvimento em linguagem C	X	X	X	X	X
Wi-Fi nativo padrão 802.11b/g/n	-	-	X	X	-
Alcance rede Wi-Fi: 50 m (mínimo)	*	*	X	X	*
Antena Wi-Fi integrada	-	-	X	X	-
Comunicação: Serial (TX/RX)	X	X	X	X	X
Comunicação: TCP e UDP	*	*	X	X	X
Tensão de alimentação 5 Vcc	X	X	X	-	X
Nível de tensão GPIO 5 Vcc	X	X	-	-	X
Preço médio (04/2018)	32,50	128,00	35,70	21,80	218,35

*necessitam de periféricos externos para implementação do requisito.

O módulo NodeMCU, Figura 2, quando comparado com as demais plataformas de desenvolvimento, se mostrou a mais apropriada em razão de possuir, integrado na própria placa, os seguintes periféricos: Antena Wi-Fi; Módulo ESP8266; Regulado de tensão 3,3Vcc, Conversor USB/serial e Conector mini-USB para programação e alimentação. Essa integração contribuiu para a construção de um protótipo mais compacto.

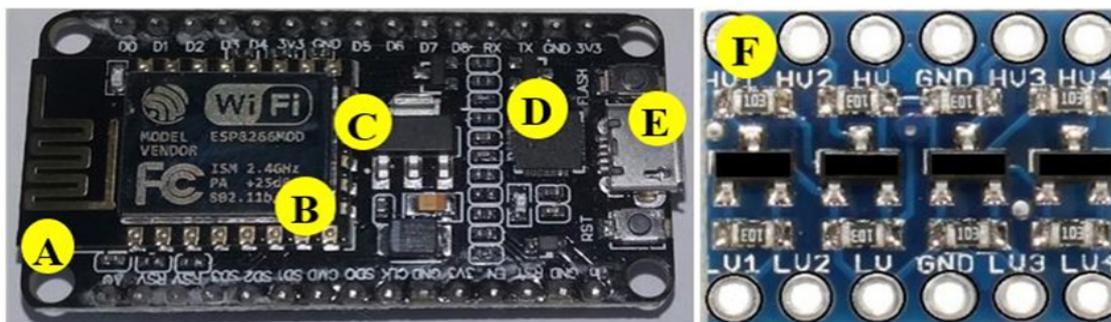


Figura 2. NodeMCU com ESP8266: A. Antena Wi-Fi; B. Módulo ESP8266; C. Regulador de tensão 3,3Vcc; D. Conversor USB/serial; E. Conector mini USB tipo b; F. Conversor de tensão 5 Vcc/3,3 Vcc

Além da redução no tamanho do protótipo, a integração de periféricos permite uma melhor confiabilidade durante a fase de desenvolvimento principalmente porque minimiza os erros causados por falhas de mau contato.

As portas GPIO (General Purpose In Out) do NodeMCU, num total de 13, funcionam com nível de tensão de 3,3 Vcc drenando até 15 mA. Para acionamento das válvulas de controle de vazão foi necessário um módulo relé, que opera em nível de tensão de 5 Vcc, nesse caso foi necessário uso de um conversor 5 Vcc/3,3 Vcc, Figura 2F, fazendo o acoplamento elétrico entre os dispositivos.

Software

O software do sistema pode ser dividido em dois módulos: gerenciamento de hardware e aplicação Web. O primeiro foi desenvolvido em linguagem de programação C e o segundo também em C em conjunto com HTML e CSS aplicadas respectivamente na marcação de hipertexto e formatação da interface Web.

O módulo de gerenciamento de hardware foi desenvolvido, na plataforma Arduino IDE. Essa plataforma possui amplo uso no desenvolvimento de sistemas embarcados e ainda diversos trabalhos de pesquisa desenvolvidos na comunidade acadêmica (CORREIA, RISSINO, ROCHA, 2016; ISHIKAWA et al., 2017; MAMANI, HERRERA, VILLALOBOS, 2017). Contribuiu ainda para escolha dessa plataforma sua distribuição gratuita e facilidade de uso em razão das bibliotecas de gerenciamento de periféricos disponibilizadas, contribuindo assim com um menor tempo de desenvolvimento.

Para o desenvolvimento da aplicação Web utilizou-se a plataforma Bootstrap. Desenvolvido pela equipe do Twitter, o Bootstrap é um framework open-source compatível com HTML e CSS que foi criado para auxiliar no desenvolvimento de web sites responsivos (COSTA, 2014).

O contador interno do ESP8266 juntamente com a aplicação do Network Time Protocol - NTP permitiram a implementação de um relógio calendário via software, eliminando o uso do Real Time Clock – RTC, periférico externo normalmente utilizado em sistemas embarcados para referência de tempo do

sistema.

O inconveniente de se usar o RTC via hardware é que além de ser um item adicional, aumentando em volume, faz-se necessário a adição de outro mecanismo para realizar o ajuste do mesmo, dificultando o uso do sistema pelo cliente. A implementação do RTC via software, juntamente com o NTP, possibilita o ajuste de horário no momento em que o sistema é energizado, podendo inclusive, sofrer atualizações de horário periodicamente conforme definido pelo programador.

A aplicação do protocolo NTP incluiu o requisito de acesso ao sistema de gerenciamento de tempo, que pode ser local ou agregado a sites governamentais específicos para tais funções. Adotou-se para o protótipo construído o acesso via Internet.

Coleta e armazenamento

Dentre as opções de material para confecção do subsistema de coleta e armazenamento optou-se por componentes em PVC já existentes no mercado. Essa escolha baseou-se no tempo e na forma facilitada de construção do protótipo, no tipo de material e numa concepção de produto que após finalizado necessitará ser compatível com outros itens disponíveis no mercado para que se tenha todas as funcionalidades atendidas.

O reservatório foi construído em tubo de PVC 100 mm fabricado para esgoto. Esse componente se mostrou mais apropriado em razão dos seguintes fatores:

- Características técnicas de pressão máxima 6 mca e temperatura máxima 45°C;
- Menor preço, metro linear X capacidade volumétrica, tabela 2;
- Tê de inspeção 100X75 mm, bitola existente no comércio;
- Limitação no modo de instalação embutido.

Tabela 2. Comparativo de preço por metro linear e volume de tubos em PVC

Tubo em PVC para esgoto	Volume linear (litros/m)	Preço* (R\$/m)	Preço /Volume (R\$/m)
Tubo PVC esgoto 75mm	4,41	7,35	1,66
Tubo PVC esgoto 100mm	7,85	8,02	1,02

Tubo PVC esgoto 150mm	17,66	21,29	1,21
Tubo PVC esgoto 200mm	31,40	49,85	1,59

*Levantamento feito em setembro de 2018.

A capacidade volumétrica útil do reservatório é determinada pela altura *h*, que compreende a coluna de água formada entre saída de água para o subsistema de distribuição e a tomada de água do dreno do condicionador de ar.

O subsistema conta com duas tomadas de água distintas, sendo uma a água coletada do dreno dos condicionadores de ar e a outra coletada de fonte convencional. O reservatório pode ser instalado sobreposto à alvenaria ou embutido. Entretanto, quando instalado embutido, seu diâmetro fica limitado a 100 mm, pois, as paredes em alvenaria possuem, em média, 150 mm, incluindo o embuço.

Distribuição

A distribuição de água é regulada por válvulas eletrônicas, Figura 3A., acionadas de acordo com os horários programados, quando o sistema opera em modo automático ou controladas diretamente pelo usuário, quando em modo manual. As válvulas estão agrupadas num conjunto de três, figura 3B, possibilitando operacionalizar até três setores de irrigação. Sua tensão de funcionamento é de 127 V.

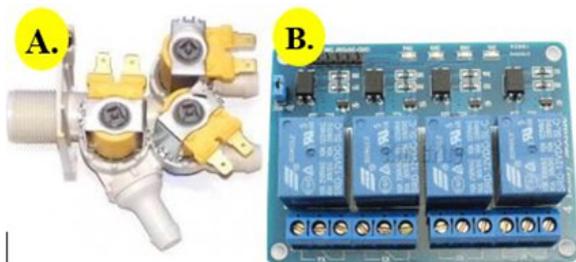


Figura 3. Componentes da distribuição: A. Válvula eletrônica 3 vias; B. Módulo relé 4 canais. Fonte A: www.casaeleтроpeças.com.br/painel-eletrica/valvulas. Fonte B: <https://pt.dhgate.com/product/4-channels-12v-relay-module-for-arduino-arm/388477030.html>

Para acionamento das válvulas foi utilizado um módulo de potência, Figura 3B., implementado com 4 relés, os quais são acionados pelo microcontrolador ESP8266 via conversor de tensão já destacado anteriormente.

Irrigação

Para o subsistema de irrigação foram adotadas

mangueiras de 5/8” a fim de facilitar o acoplamento das mesmas às saídas do sistema de distribuição levando a água até o ponto de entrega. A água pode ser aplicada diretamente na área de concentração das raízes das plantas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 descreve o fluxograma de funcionamento do sistema. Ao ser inicializado, são feitas as configurações de data e hora via protocolo NTP com acesso ao site de Internet previamente configurado. Verifica-se, então, o modo de funcionamento definido pelo usuário, podendo ser modo manual, Figura 5A, ou automático, Figura 5C.

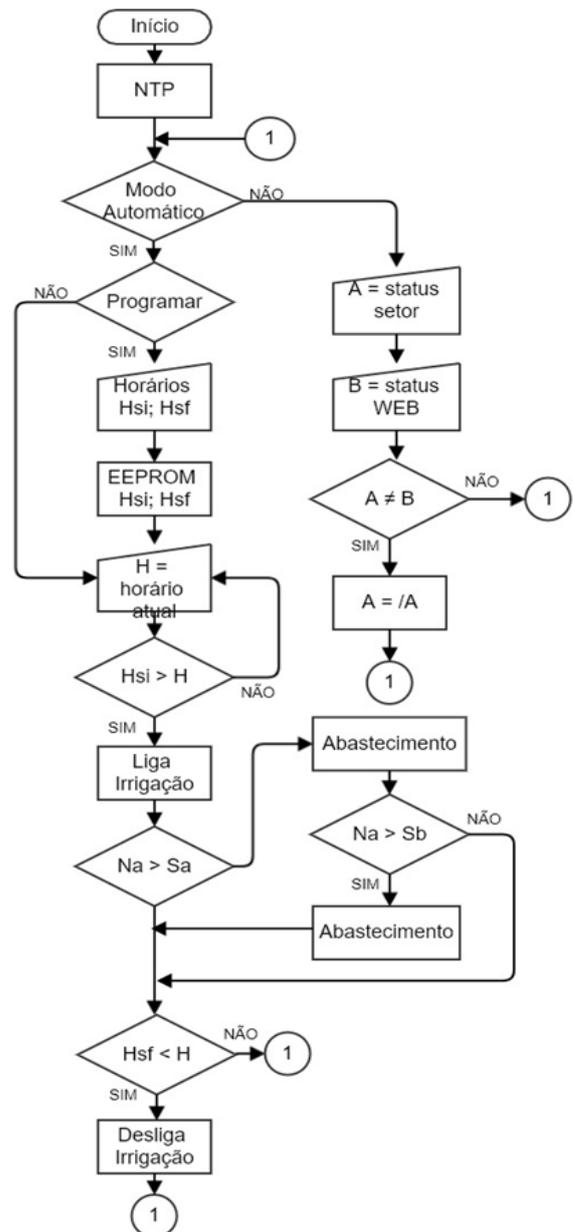


Figura 4. Fluxograma do sistema

No modo manual os comandos enviados pelo usuário na aplicação Web, Figura 5A, são comparados com o status atual de cada setor, caso seja diferente esse será permutado.



Figura 5. Aplicação Web: A. Modo manual; B. Programação; C. modo automático

No modo automático, o usuário insere os horários programados de irrigação definidos por setor, via interface disponibilizada na aplicação Web, Figura 8B, acessada de seu dispositivo móvel ou PC. Esses horários são enviados ao servidor Web e, então, armazenados em memória EEPROM emulada pelo ESP8266, isso mantém as informações salvas mesmo após um desligamento do sistema.

O sistema efetua a comparação de horários programados com a hora do sistema, fazendo os acionamentos de irrigação. Caso a água no reservatório esteja abaixo do nível mínimo de funcionamento das válvulas de saída, é acionada válvula de entrada de água da fonte convencional, mantendo-se aberta até que esse nível atinja o sensor de nível superior, Figura 6A.

A Figura 6C. ilustra o protótipo montado e instalado.

A montagem dos componentes dos subsistemas foi feita tirando proveito de itens já industrializados, disponíveis no comércio e compatíveis fisicamente entre si. As peças de PVC 100 mm foram interconectadas com cola adesiva para PVC ou encaixadas fazendo-se uso de anéis de vedação indicado pelos fabricantes. As buchas de redução foram fixadas ao tê de inspeção com massa epóxi, Figura 6C. Foi ainda adaptado ao tê de inspeção uma tampa confeccionada em PVC e fixada em sua base também com massa epóxi.

A massa epóxi apresentou boa aplicação no protótipo. Na fixação dos itens, mostrou-se eficiente na rigidez mecânica e vedação, não apresentando infiltrações durante a realização dos testes funcionais do mesmo.

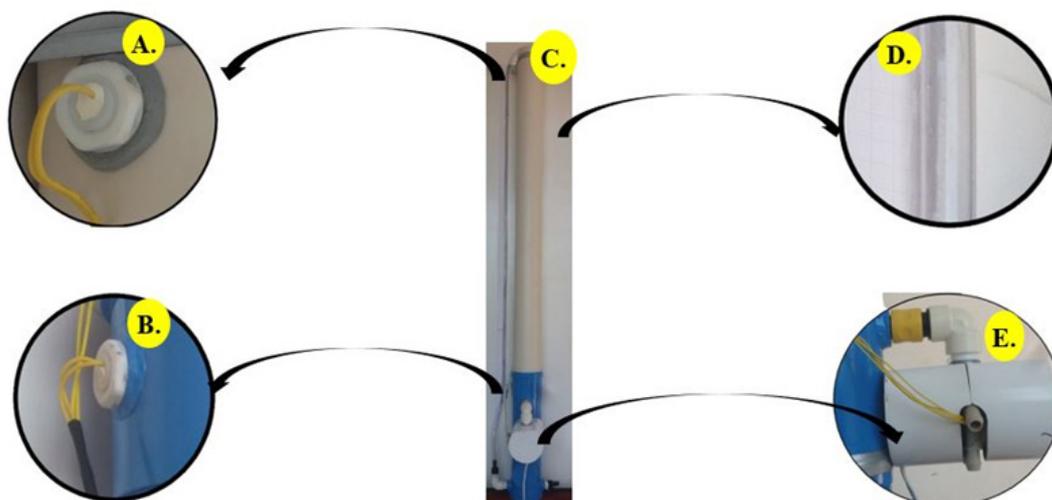


Figura 6. Protótipo: A. Sensor de nível superior; B. Sensor de nível inferior; C. montagem completa; D. Mangueira de nível; E. Distribuição

O fluxo de água é inversamente proporcional ao comprimento da mangueira utilizada, devendo o usuário determiná-lo de acordo com a variação de nível do indicador de nível do subsistema de coleta e armazenamento ou ainda fazer uso do gráfico 1, onde o fluxo de água foi determinado experimentalmente.

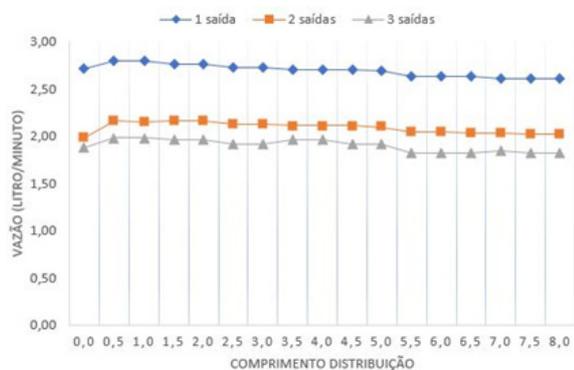


Gráfico 1. Curvas de vazão do protótipo

O gráfico 1 representa a vazão de água do sistema como função do comprimento da mangueira utilizada para irrigação. De acordo como o levantamento experimental realizado, observou-se que a vazão por saída é dependente do número de saídas acionadas simultaneamente, sendo 2,69, 2,09 e 1,90 l/min as vazões médias por saída quando acionadas respectivamente com 1, 2 e 3 saídas ao mesmo tempo. Observou-se ainda que a variação da vazão em relação ao comprimento da mangueira foi em torno de 7,6% no intervalo de 0,5 a 8 metros. Esse resultado se mostra favorável a escolha da mangueira de 5/8" adotada.

Para que seja garantido a irrigação de forma correta é necessário que o fluxo da entrada de água convencional seja maior que o fluxo de água na saída das válvulas de distribuição.

A tabela 3 apresenta um comparativo entre as principais características dos trabalhos correlatos e do trabalho desenvolvido.

Tabela 3. Comparativo entre trabalhos correlatos e o trabalho desenvolvido

Características	Modelos da literatura					Protótipo desenvolvido
	I	II	III	IV	V	
Aproveitamento de água de condicionador de ar	X	X	X	X	X	X
IoT	-	-	-	-	-	X

Irrigação microcontrolada	-	-	-	-	X	X
Irrigação por gravidade	-	-	-	-	X	X
Desenvolvimento de protótipo	-	-	-	-	-	X
Instalação facilitada	X	-	X	X	-	X
Manutenção facilitada	X	X	X	X	-	X

I – Mota, Oliveira e Inada (2011)

II – Bastos e Calmon (2013)

III – Fortes, Jardim e Fernandes (2015)

IV – Batista, Cezar e Nascimento (2015)

V – Gomes e Reis (2016)

CONCLUSÃO

A proposta apresentada se mostra como uma alternativa de otimização do aproveitamento da água descartada contribuindo diretamente para a conservação da água associando-a a pratica de irrigação localizada contribuindo também com o microclima urbano.

Apesar de existirem vários estudos sobre aproveitamento de água descartada por condicionadores de ar, não se observam propostas de modelos de protótipos que otimizem o uso desse líquido, já que as propostas para a utilização da água destes estudos são pouco eficientes sendo necessária a intervenção humana para se fazer uso da água, enquanto que no protótipo desenvolvido neste trabalho o usuário pode gerenciar o uso da água de forma automatizada.

O desenvolvimento do protótipo com materiais disponibilizados no comércio e compatíveis com a aplicação do produto contribuiu com a redução de tempo para sua construção e poderá servir de modelo para análise de futuros investidores corroborando com uma possível transferência de tecnologia.

O sincronismo de tempo do sistema realizado via protocolo NTP trouxe o requisito adicional de conectá-lo à Internet. Apesar de não ser um requisito inicial, tomou-se proveito desta nova funcionalidade para disponibilizar ao usuário o controle e monitoramento do protótipo via aplicação Web.

Construiu-se, portanto, um protótipo autônomo e não invasivo, não necessitando de obras para sua instalação e que pode ser adaptado para uso em outras fontes de água, como por exemplo a pluvial ou mesmo

a de torneira.

Possíveis trabalhos futuros poderão ser dedicados a inclusão de fonte de alimentação solar, interconectividade entre dispositivos no caso de prédios com grande número de condicionadores de ar e processamento de dados obtidos com os sensores já instalados.

LITERATURA CITADA

- AKRAM, W., et al. **Recycling of Condensed Water from an Air Conditioning Unit**. 2018 International Conference on Computer, Communication, Chemical, Material and Electronic Engineering (IC4ME2), Rajshahi - Bangladesh, 2018. pp. 1-5. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/publication/323280047>>. Acesso em: 19 de novembro de 2018.
- BASTOS, C.; CALMON, J. **Uso de água residual do ar condicionado e de água pluvial como gestão da oferta em uma edificação comercial: estudo de caso**. *Hábitat Sustentable*, v. 3, n. 2, p. 66-74, 31 dez. 2013. Disponível em: < <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/436>>. Acesso em: 8 de outubro de 2017.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria MS nº 518/2004**: Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental – Brasília: Editora do Ministério da Saúde ISBN 85-334-0935-4 MS – OS 2005/0358: 28p. 2005. Disponível em: < http://www.saude.mg.gov.br/index.php?option=com_gmg&controller=document&id=891>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2018.
- CARVALHO, M. T. C.; CUNHA, S. O.; FARIA, R. A. P. G. **Caracterização quali-quantitativa da água da condensadora de aparelhos de ar condicionado**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. Cuiabá, MT, 2012. Disponível em: < <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/IX-002.pdf>>. Acesso em: 12 de fev. de 2018.
- CORREIA, G. R.; RISSINO, S. D., ROCHA, H. R. O.; **Automação de sistema de irrigação com monitoramento via aplicativo Web**. *Revista Engenharia na Agricultura - REVENG*, [S.l.], v. 24, n. 4, p. 314-325, out. 2016. ISSN 2175-6813. Disponível em: <<https://reveng.ufv.br/index.php/reveng/article/view/675/441>>. Acesso em: 18 out. 2018.
- COSTA, F. F. **Design Responsivo para Web com Bootstrap**. Disponível em: <<http://blog.fimes.edu.br/fernando/files/2014/05/Design-responsivo-para-WEB-comBootstrap.pdf>>. Acesso em: 25 de jan. 2018.
- DE MORAES, E. C.; MAGRO, F. V. G. **Eficiência energética com foco no conjunto dos condicionadores de ar de um hospital veterinário em Maringá**. *Revista Uningá Review*, [S.l.], v. 29, n. 1, jan. 2017. ISSN 2178-2571. Disponível em: <<http://revista.uninga.br/index.php/uningareviews/article/view/1940>>. Acesso em: 04 set. 2018.
- EGITO, T. B., FONTANA, M. E., MORAIS, D. C. **Seleção de alternativas de conservação de água no meio urbano utilizando abordagem multicritério**. *Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental - REGET*, V. 19, N. 3, SEPT.-DEC., 2015. Disponível em: < <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/17935/0>>. Acesso em: 28 de novembro de 2018.
- FORTES, E.; JARDIM, P.; FERNANDES, J. **Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado**. XII Simpósio de excelência em gestão e tecnologia - SEGeT. Resende, RJ, 2015. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/37822430.pdf>> Acesso em: 23 de ago. de 2017.
- ISHIKAWA, R. H., et. al. **Sistema de irrigação automática com arduino**. *Revista Univap on-line*, v. 22, n. 40, 2016. Disponível em: < <https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/1054>>. Acesso em: 15 de novembro de 2018.
- MAMANI, M.; VILLALOBOS, M.; HERRERA, R. **Sistema web de bajo costo para monitorear y controlar un invernadero agrícola**. *Ingeniare. Rev. chil. ing., Arica*, v. 25, n. 4, p. 599-618, dic. 2017. Disponível em: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052017000400599&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 17 de maio 2018.
- MEDINA, B. E. **Internet das coisas em edifícios inteligentes: desenvolvimento de uma rede de sensores e atuadores sem fio para o controle de sistemas de climatização**. Campinas: Tese (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. 2017. Disponível em: < <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/330652>>. Acesso: 30 de maio de 2018.
- MOTA, T. R. **Reutilização da água dos aparelhos de ar condicionado em uma escola de ensino médio no município de Umuarama-PR**. *Anais Eletrônico, VII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar*. Centro Universitário de Maringá – CESUMAR. Editora CESUMAR, Maringá, Paraná, Brasil. 2011. ISBN 978-85-8084-055-1.
- OLIVEIRA FILHO, P. C. de et al. **Análise da Influência do Uso da Terra no Microclima Urbano: Caso Irati-PR. Floresta Ambiente. Seropédica**, v. 22, n. 4, p. 465-471, Dec. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872015000400465&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 17 jul. 2018
- PEREIRA, D. et al. **Comparação de técnicas de prototipagem tradicional manual e sua importância para o design**. *DATJournal Design Art and Technology*, [S.l.], v. 2, n. 2, dec. 2017. ISSN 2526-1789. Disponível em: <<http://ppgdesign.anhemi.br/datjournal/index.php/dat/article/view/62>>. Acesso em: 27 ago. 2018.
- POLONI, C. M. M., et al **Caracterização hidráulica de emissores microspray em diferentes pressões de serviço**. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, [S.l.], v. 4, n. 3, p. 0345-0348, jul. 2018. ISSN 2527-1075. Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/ojs/jcecc/article/view/2532>>. Acesso

em: 17 de novembro de 2018.

RELVAS, C. A. M.; **Processos de prototipagem rápida no fabrico de modelos de geometria complexa: Estudo realizado sobre modelo anatômico da mão.** 2002, 121p Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10216/13395>>. Acesso em: 23 de março de 2018.

SILVA, L. M. V. et al. **Proposta de reaproveitamento da água proveniente de aparelhos de ar condicionado para implantação de sistema sustentável no bloco “D” do Centro Universitário Tiradentes de Maceió.** Cadernos de Graduação Ciências exatas e tecnológicas, Alagoas, v. 5, n.1, p. 205-218, Novembro 2018, periodicos.set.edu.br ISSN: 2357-9919. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/index.php/fitsexatas/article/view/6072>>. Acesso em 18 de dezembro de 2018.