



Revista Interdisciplinar do Pensamento Científico. ISSN: 2446-6778
Nº 5, volume 5, artigo nº 58, Julho/Dezembro 2019
D.O.I: <http://dx.doi.org/10.20951/2446-6778/v5n5a58>
Edição Especial

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL PARA SUSTENTABILIDADE

Alan de Sá Borges¹

Graduando em Engenharia Civil

Leonardo F. Tunala²

Orientador, Engenheiro Químico

Resumo

O consumo de água potável tem preocupado muitas autoridades pelo mundo, que veem na redução do desperdício a solução para evitar a falta do recurso. Porém, parte da água potável residencial é usada para o descarte de rejeitos, uma situação que não precisa necessariamente de tal líquido. Outro problema que afeta a população é o elevado consumo de energia elétrica, o que propicia a possibilidade de curtos e incêndios nas residências, além de aumentar a demanda pela construção de usinas que causam danos ao ecossistema. A solução para estes problemas pode ser encontrada em tecnologias de controle de consumo que são acessíveis hoje em dia, como também associá-las a soluções de reúso de água. Neste trabalho, um sistema simples baseado no acionamento de relés e um algoritmo foram investigados para uma potencial solução abrangente em vários sistemas de consumo sustentável. O resultado foi o desenvolvimento de um algoritmo simples para o acionamento de relés para monitorar o tempo de banho, a segurança em tomadas onde se usa eletrodomésticos de alta potência, enchimento de cisternas ou caixas de bacias sanitárias. Para que este sistema seja usado nestas aplicações, é necessário fazer algumas especificações nos parâmetros (variáveis) do algoritmo tais como na faixa de limite de corrente estipulado para cada tomada, no tempo limite para o funcionamento destas tomadas e no tempo de espera para que cada tomada retorne ao seu funcionamento normal. Ainda são necessárias trocas de dispositivos e módulos para cada sistema, mas sem que seja necessário alterar o algoritmo.

Palavras-chave: Automação residencial; reúso de água; Arduino.

¹ Faculdade Redentor Metropolitana, Departamento de Engenharia, Queimados-RJ, bradozeal@gmail.com

² Faculdade Redentor Metropolitana, Departamento de Engenharia, Queimados-RJ, leotunala@gmail.com

Abstract

Drinking water consumption has been worrying many authorities around the world, who see waste reduction as the solution to avoid resource shortages. However, part of residential drinking water is used for waste disposal, a situation that does not necessarily need such liquid. Another problem that affects the population is the high consumption of electricity, which allows the possibility of short circuits and fire in residences, as well as increasing the demand for the construction of power plants that cause damage to the ecosystem. The solution to these problems can be found in consumption control technologies that are affordable today, as well as associating them with water reuse solutions. In this work, a simple relay drive based system and an algorithm were investigated for a potential comprehensive solution in various sustainable consumption systems. The result has been the development of a simple relay drive algorithm to monitor bathing time, safety in power outlet sockets, cistern filling or toilets. For this system to be used in these applications, it is necessary to make some specifications in the parameters (variables) of the algorithm such as the current *limit* range for each outlet, the *time* limit for the operation of these outlets and the *waiting* time for each outlet to return to its normal operation. Device and module changes are still required for each system, but without having to change the algorithm.

Keywords: Residential automation; water reuse; Arduino.

INTRODUÇÃO

A necessidade por automatização é indubitável e atualmente é possível observar a importância desse tipo de atividade quando se trata, por exemplo, de missões espaciais. A NASA já lançou quatro robôs a Marte: o *Sojourner*, *Spirit*, *Opportunity* e o *Curiosity*, cada um com suas próprias missões e na maior parte do tempo sozinhos, sem interação humana, devido a grande dificuldade de comunicação, devendo ser quase completamente automatizados, precisando também economizar energia e recursos para explorar o local durante muitos anos (GREGO, 2012 *online*). Há também sondas que viajam além da fronteira do sistema solar, isoladas e enviando informações, sem condições de serem controladas (REDAÇÃO GALILEU, 2019 *online*). Tais exemplos refletem no dia a dia da sociedade contemporânea, pois as máquinas precisam trabalhar cada vez mais para que cada cidadão possua mais tempo para dedicar a sua produtividade e necessidades. Hoje as máquinas são capazes de realizar a produção de veículos, filtração de água e até mesmo

purificação de ar, além de que hoje em dia há diversas tecnologias de automação, sendo exemplos básicos os sensores de presença e câmeras que permitem monitoramento pelo celular. Além de serem extremamente úteis, também proporcionam segurança, pois, em situações desastrosas como incêndios por curto circuito, atividades vulcânicas e *tsunamis*, o mais importante é a vida dos moradores das residências, que precisam ser resgatados. Sendo assim, pessoas que moram em áreas propensas aos dois desastres naturais supracitados podem contar com a tecnologia de automação para aumentar as chances de sucesso de seu resgate, porque se a residência for capaz de automaticamente desligar toda a rede elétrica, evita-se um incêndio por curto durante o desastre, como também alarmes automáticos que acionam em tais situações, alertando e acordando a todos, permitindo que deem início a fuga o mais cedo possível. Portanto, a automatização residencial é o início de algo sério e de grande utilidade para a vida do ser humano, mesmo que comece com algo simples como apagar e acender lâmpadas, futuramente poderá ser visto a médio ou longo prazo casas que proporcionem toda segurança e conforto para seus moradores.

No que diz respeito aos recursos hídricos, o consumo de água potável tem preocupado diversas autoridades governamentais pelo planeta, que veem na redução do desperdício uma saída para evitar que a água limpa torne-se cada vez menos acessível (BRASIL, 2019). Para contribuir com a redução do desperdício, soluções para as residências (casas, prédios etc.) são bastante viáveis. De acordo com estudos internacionais, o consumo de água potável em uma residência pode chegar a 5,4 m³ por pessoa/mês (SÃO PAULO, 2019). Parte desta água é usada para o descarte de rejeitos que não precisam necessariamente de água potável, como por exemplo o consumo por parte da *bacia sanitária*. Para resolver tal problema, são possíveis diversas soluções de reúso de água associadas a tecnologias de controle de consumo que são acessíveis hoje em dia.

No que se refere ao consumo de energia, apesar dos avanços tecnológicos das últimas quatro décadas, o principal recurso da matriz energética mundial é o mesmo desde 1850, o petróleo, tendo o carvão como a segunda maior demanda e o gás natural sendo a terceira (SALES, 2015 *online*). Portanto, “apesar dos investimentos em fontes alternativas – solar, eólica, geotérmica, mantêm-se os combustíveis fósseis como a principal forma de obtenção de energia em nível mundial” (SALES, 2015 *online*). Países desenvolvidos como os Estados Unidos, China e Alemanha investem cada vez mais em pesquisas para tornar mais eficiente a captação e a distribuição de energia originada pelo vento e sol (SALES, 2015 *online*). Já no Brasil, diferente da mundial, tem-se uma matriz energética nacional diversificada, tendo quase metade dela proporcionada por fontes renováveis, como a

hidrelétrica e biomassa (SALES, 2015 *online*). Infelizmente, algumas das fontes renováveis mais utilizadas ainda sim causam danos ao ecossistema devido a construção de barragens e usinas, como no caso das que produzem energia hidrelétrica, e quanto mais a população cresce, mais fontes são construídas, portanto quanto menor a energia consumida por uma sociedade melhor, pois diminui a demanda pela construção de mais usinas. Além disso, o alto consumo de energia elétrica residencial propicia a possibilidade de curtos e incêndios nas residências.

Em face destas questões, este trabalho propõe o uso da tecnologia aliada a sustentabilidade através da automação residencial com vistas ao desenvolvimento de uma casa inteligente e sustentável que permite a economia do consumo energético e de água potável. Com tal finalidade, implementa-se um sistema de monitoramento para servir de suporte a casa sustentável. Desta forma, investiga-se um sistema de controle baseado em um algoritmo que pode ser aplicável a qualquer estratégia de economia de consumo tanto de energia quanto de água potável. Este sistema de monitoramento funciona através da plataforma de prototipagem de baixo custo Arduino e de módulos e sensores adequadamente conectados.

DESENVOLVIMENTO

A primeira etapa do projeto proposto neste trabalho para a economia de consumo consiste em desenvolver o sistema de monitoramento e segurança. Um sistema de monitoramento bem projetado é a base para a implantação da automação residencial e assim de um sistema inteligente.

A figura 1 mostra o esquema básico de monitoramento da residência automatizada proposta. Neste esquema, o *Arduino* pode enviar informações a um celular *Android* via módulo *Bluetooth* ou enviar estas informações a um computador Raspberry Pi via comunicação serial (USB). Neste esquema, um *elemento de medida* (sensor de corrente) ligado a um *atuador* (relé) pode ligar ou desligar a alimentação de energia para um ponto elétrico (tomada) ou algum elemento final de controle (válvula, bomba, entre outros) ligado a este. A corrente medida pode variar entre 0 e 20 A. O monitoramento da corrente de consumo em cada tomada deve garantir seguramente que o sistema funcione corretamente.

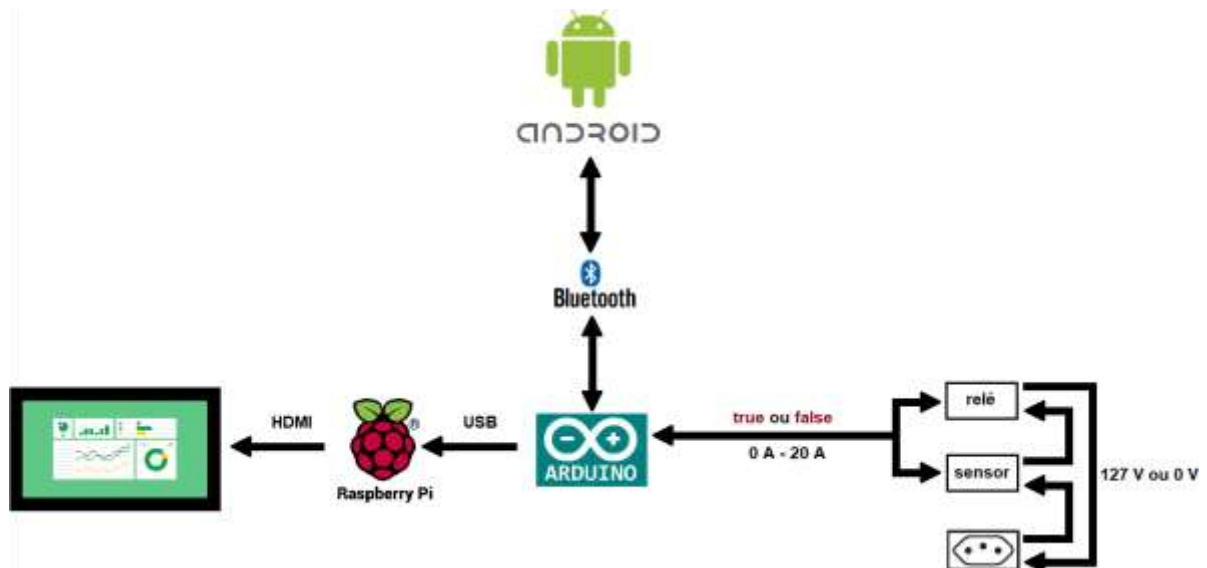


Figura 01 - Esquema do sistema de monitoramento

Fonte: Autoria Própria (2019).

A comunicação simultânea do Arduino com o Raspberry Pi ou Android não é possível, logo é necessário escolher uma das duas configurações. A comunicação com o Raspberry Pi pode ser interessante para o caso em que se deseja armazenar dados provenientes do sistema para análises posteriores.

O layout de um circuito, onde os sensores de corrente estão ligados ao Arduino e aos relés, está representado na figura 2. Neste sistema, os sensores de corrente devem estar posicionados antes dos relés de forma a sempre medir a corrente que é consumida em cada tomada. O valor das correntes é requisitado pelo Arduino em intervalos de tempos regulares, por exemplo em intervalos de 1 segundo. Na figura 2, a plataforma utilizada no esquema é o Arduino *Nano*, mas os Arduinos *Uno* ou *Mega* podem ser igualmente utilizados no sistema, diferindo apenas no número de portas que cada plataforma disponibiliza para a conexão dos módulos (relés e sensores). Quanto mais sensores e atuadores fizerem parte do sistema, mais *portas* do Arduino serão necessárias.

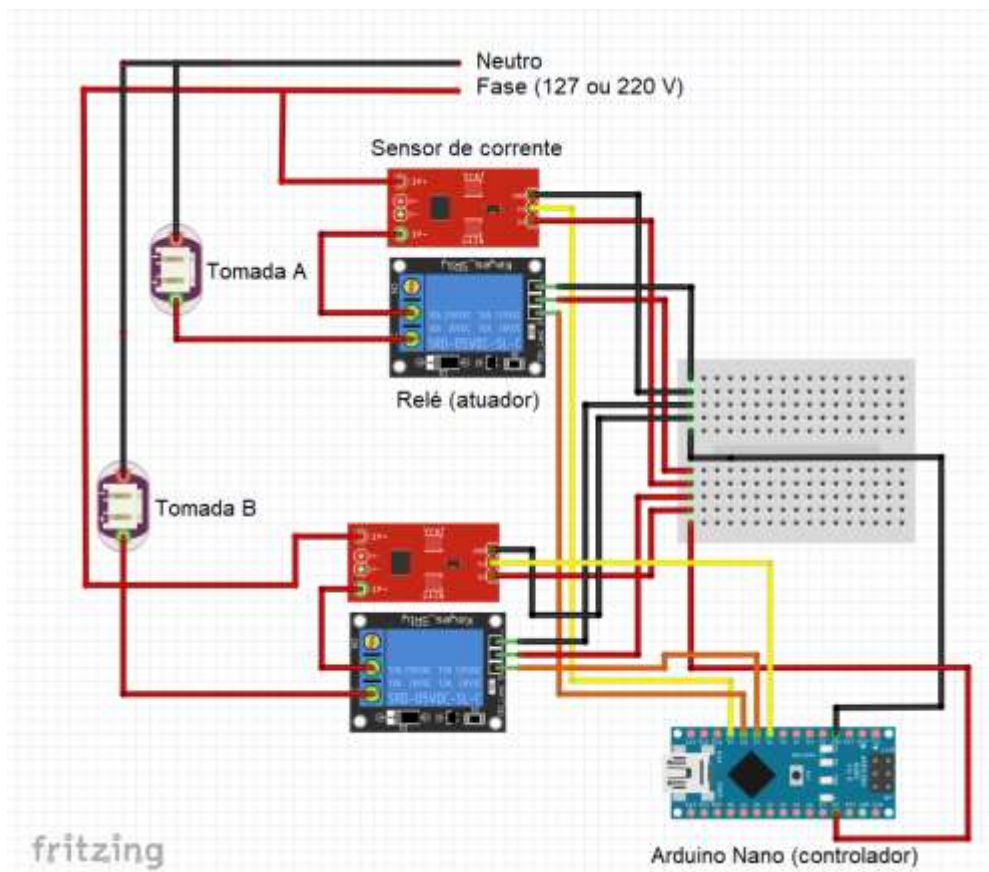


Figura 02 - Esquema para o sensoriamento de corrente em duas tomadas

Fonte: Autoria Própria (2019).

Um algoritmo deve ser gravado no microcontrolador do Arduino para que este possa executar a tarefa de comparar o valor medido aos limites de *tempo* de consumo e *corrente* estipulados para cada tomada. Neste trabalho, o desenvolvimento de um algoritmo o mais simples possível e que pode ser aplicado ao controle em diferentes estratégias de economia de consumo será objeto de investigação.

O Arduino pode estar conectado a um Raspberry Pi através da porta serial (USB) e assim também é possível trocar informações com o Arduino. Entretanto, esta conexão não é obrigatória, podendo ser usada apenas em substituição ao acesso das informações via módulo Bluetooth. Para acesso remoto via *internet*, o módulo *Bluetooth* deve ser substituído pelo módulo *Ethernet* ou *Wi-fi*, ambos disponíveis no mercado. Neste caso, as informações devem ser trocadas através de um *Browser* de internet. Desta forma, esta estrutura servirá de base para a investigação proposta.

O fluxograma (algoritmo) para o monitoramento está representado na figura 3. Neste algoritmo o usuário informa ao Arduino o *intervalo de limite* de corrente (limite inferior, 1 e

limite superior, 2), o *tempo* de consumo e o tempo de espera de uma determinada tomada classificada para um determinado uso. O usuário pode especificar através do sistema que utiliza *Android* ou *Raspberry Pi*. O algoritmo compara o *intervalo de limite* de corrente com o valor de corrente medido pelo sensor em intervalos regulares de *tempo de aquisição*. Caso o valor da corrente *não* saia do seu *intervalo limite*, o Arduino mantém o relé na posição normalmente fechado (NF), mantendo o contato. Caso, em algum instante o valor da corrente seja *sim*, fora da *faixa do limite* estabelecido, o algoritmo dispara o *contador* de tempo.

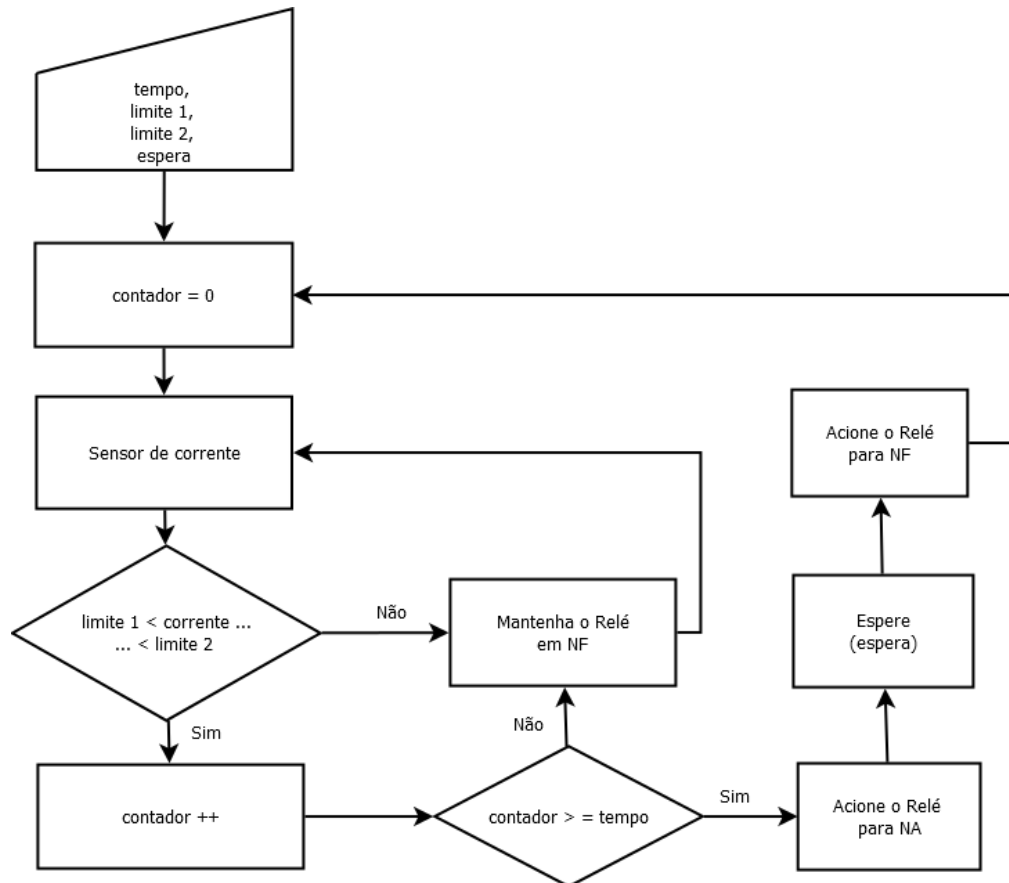


Figura 03 - Algoritmo de monitoramento de cada tomada

Fonte: Autoria Própria (2019).

Logo depois, um outro comparador verifica se a corrente é ultrapassada pelo *tempo* estabelecido, que deve ser função do *tempo de aquisição*. Caso o tempo *não* seja ultrapassado, o relé mantém o contato (NF). Entretanto, se *sim*, o Arduino aciona o relé para abrir o contato (NA) e cortar a alimentação de energia. Após abrir o contato, o sensor de corrente vai imediatamente retornar um valor nulo de corrente, por isso, o sistema deve

aguardar durante o tempo de *espera*. Logo após esperar, o sistema aciona o contato novamente (NF), reinicia o contador (contador = 0) e todo o sistema de controle é reiniciado.

Este algoritmo deve ser programado para cada tomada classificada para um respectivo monitoramento, ou seja, o mesmo algoritmo deve ser implementado para cada *malha de controle* (conjunto sensor-atuado-elemento final). Por exemplo, para o chuveiro, a *faixa de limite* de corrente pode ser ajustada para um intervalo que abrange a relação entre a tensão da rede e sua potência, ou seja, $i(\text{Ampères}) = P(\text{Watts})/V(\text{Volts})$, o *tempo* pode ser anulado e o tempo de *espera* é igual ao tempo de banho estabelecido. Para a tomada com o ferro de passar, por exemplo, o *intervalo de limite* de corrente deve ser ajustado para sua respectiva potência, o *tempo* deve ser ajustado para um valor que exceda um determinado valor estipulado pelo usuário e o tempo de *espera* deve ser ajustado para um tempo de resfriamento, caso o ferro de passar seja esquecido ligado.

Desta forma, as variáveis do *intervalo de limite*, *tempo* e *espera* devem ser estabelecidas para cada tomada classificada para um determinado eletrodoméstico. Cada tomada também pode ser ajustada para o modo padrão de funcionamento (sem controle) através do ajuste destas variáveis.

O sistema de monitoramento através do Arduino aliada a especificação de três variáveis (intervalo limite, tempo e espera) possui como principal vantagem a simplicidade e abrangência da técnica para monitoramento tanto para segurança residencial quanto em relação à economia de energia. O mesmo algoritmo descrito na figura 3 pode tanto ser usado para o controle do consumo energético quanto para o monitoramento para a segurança. Vale lembrar que em uma residência já existem itens normalmente implementados para a segurança da rede elétrica e prevenção de incêndios, como, por exemplo, os *disjuntores* que protegem a rede contra possíveis sobrecargas elétricas. Entretanto estes itens não permitem o controle do tempo de consumo específico para cada ponto elétrico. O sistema proposto neste trabalho pode agregar vantagens aos sistemas simples e de baixo custo já existentes.

O mesmo sistema pode ser usado para o controle de consumo de *água potável* na bacia sanitária. Entretanto, foram propostos alguns aspectos importantes a serem implementados para que este controle seja possível. A solução sugerida se apoia nos três aspectos explicados a seguir:

- 1. Uso de uma bacia cuja estrutura seja mais econômica:** uma bacia sanitária econômica é aquela que permite o controle da quantidade de água necessária para o

descarte de rejeitos humanos. Este controle pode ser feito através de armazenamento ou através de uma válvula de controle de descarga eficiente. Neste caso, propõe-se o uso de uma bacia sanitária, com caixa de 6 Litros acoplada, pois esta permite maior economia.

2. **Uso de um sistema de captação e recuperação de água de banho:** o uso de água potável para o banho pode chegar ao consumo de 9 Litros por minuto, dependendo da ducha utilizada (GOIÁS, 2017 *online*). Um reservatório auxiliar pode ser usado para captar parte do volume de água de banho e servir de alimentação alternativa para a caixa da bacia sanitária. O reservatório pode ser localizado logo abaixo do piso na área de banho de um morador individual ou ser comum a todos os moradores de um prédio, por exemplo (neste caso seria necessária uma estação de tratamento). A água de reúso armazenada é bombeada para a caixa da bacia sanitária por um sistema automático que mede o nível de água no reservatório auxiliar.
3. **Adequação comportamental dos residentes:** os residentes devem se adaptar ao sistema para que ele funcione de forma eficiente. O sistema de captação para reúso deve dispor da possibilidade de descarte direto da água de banho ou armazenamento para reúso já que nem sempre a água de banho pode ser reaproveitada. Para isto basta disponibilizar uma válvula manual nas proximidades da entrada de água para permitir a escolha. Os residentes devem sempre estar atentos a necessidade de armazenamento para reúso.

Após a implantação destes fatores, o sistema de controle pode ser implementado. Este é semelhante ao usado no monitoramento das tomadas, porém a única diferença está nos sensores e elementos finais de controle que devem ser utilizados neste sistema. Em uma bacia sanitária *sem reservatório*, um sensor de vazão deve ser usado para monitorar a taxa de volume enquanto uma válvula (elemento final) deve ser aberta ou fechada através do mesmo tipo de atuador (relé). Este sistema implica em um custo de intervenção maior para a implantação. Em caso de uma bacia *com reservatório*, um sensor de nível deve monitorar o nível de água na caixa da bacia e acionar uma bomba (elemento final) para bombear água a partir da caixa de armazenamento para reúso (segundo aspecto). O *intervalo limite* de corrente deve ser ajustado para a faixa de corrente de operação da bomba, o *tempo limite* pode ser ajustado para nulo e o tempo de *espera* deve ser função da vazão da bomba e volume da caixa da bacia sanitária a ser abastecida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização deste projeto, cria-se de um algoritmo capaz de prover sistemas de consumo sustentável. Ele é dependente de variáveis disponibilizadas pelo sistema que possam englobar diversas situações. No caso deste trabalho, o tempo de banho, segurança em tomadas onde são usados eletrodomésticos de alta potência, abastecimento de cisternas e caixas de bacias sanitárias. Porém, mesmo que o algoritmo seja capaz de ser utilizado nas situações supracitadas, o usuário ainda sim precisa realizar certas implementações em casos específicos. Tais implementações, no entanto, não tornam necessária a alteração do algoritmo. Percebe-se, também, que a corrente elétrica pode ser uma ferramenta fundamental para diferenciar equipamentos. Ela destaca cada tomada, garantindo o funcionamento e utilidade do algoritmo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Brasil implementa ações para garantir água em quantidade e qualidade**. Brasília, mar. 2011. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/inf/ormma/item/6933-brasil-implementa-acoes-para-garantir-agua-em-quantidade-e-qualidade>>. Acesso em: 29 set. 2019.

GOIÁS. Departamento de Águas e Esgotos de Caldas Novas. **Consumo de água**. Caldas Novas, 2017. Disponível em: <<https://www.demae.go.gov.br/projetos/consumo-de-agua/>>. Acesso em: 29 set. 2019.

GREGO, Maurício. 7 razões porque o Curiosity é o mais avançado robô espacial: Veja sete detalhes sobre o Curiosity, o mais avançado veículo robótico já enviado ao espaço, e sua missão em Marte. **Exame**, nov. 2012. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/ciencia/7-razoes-porque-o-curiosity-e-o-mais-avancado-robo-espacial/>>. Acesso em: 05 out. 2019.

REDAÇÃO GALILEU. Sonda da NASA chega ao objeto mais distante já explorado. **Galileu**, jan. 2019. Disponível em: <<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2019/01/sonda-da-nasa-chega-ao-objeto-mais-distante-ja-explorado.html>>. Acesso em: 05 out. 2019.

SALES, Marcos Vinicius. A questão energética na atualidade. **Globo**, jul. 2015. Disponível em: <<http://educacao.globo.com/artigo/questao-energetica-na-atualidade.html>>. Acesso em: 29 set. 2019.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Justiça e Cidadania. Fundação Procon-SP. **Qual o consumo médio mensal de água?** 2019. Disponível em: <<http://www.procon.sp.gov.br/texto.asp?id=681>>. Acesso em: 29 set. 2019.

Sobre os Autores

Alan de Sá Borges: Aluno graduando do curso Engenharia Civil da Faculdade Redentor Metropolitana. Atua na área de Engenharia Civil. E-mail: bradozeal@gmail.com

Leonardo F. Tunala: Professor dos cursos de Engenharia Civil, Engenharia Mecânica e Engenharia de Produção da Faculdade Redentor Metropolitana. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). E-mail: leotunala@gmail.com