



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS
NATURAIS - CTRN
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL - UAEC
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**



Genilson Gomes Felinto Filho

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA ELETRÔNICO DE
INFORMAÇÃO AO USUÁRIO SOBRE SEU CONSUMO DE ÁGUA: A
TORNEIRA FALANTE**

Orientadora: Dayse Luna Barbosa
Coorientador: Antônio Leomar Ferreira Soares

CAMPINA GRANDE - PB

DEZEMBRO 2020

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS - CTRN
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL - UAEC
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Genilson Gomes Felinto Filho

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA ELETRÔNICO DE
INFORMAÇÃO AO USUÁRIO SOBRE SEU CONSUMO DE ÁGUA: A
TORNEIRA FALANTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Campina Grande para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil, sob orientação da Prof.^a Dr.^a Dayse Luna Barbosa e coorientação do Eng.^o M.e Antônio Leomar Ferreira Soares.

CAMPINA GRANDE - PB

DEZEMBRO 2020

FOLHA DE APROVAÇÃO

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA ELETRÔNICO DE INFORMAÇÃO AO USUÁRIO SOBRE SEU CONSUMO DE ÁGUA: A TORNEIRA FALANTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Campina Grande para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil, sob orientação da Prof.^a Dr.^a Dayse Luna Barbosa e coorientação do Eng.^o M.e Antônio Leomar Ferreira Soares.

Genilson Gomes Felinto Filho

Orientando

Prof.^a Dayse Luna Barbosa

Orientadora

Eng. Antônio Leomar Ferreira Soares

Co - Orientador

Andréa Carla Lima Rodrigues

Examinadora interna

Igor Antônio de Paiva Brandão

Examinador externo

NOTA: _____

Campina Grande, dezembro de 2020.

Jesus respondeu: “Quem bebe desta água logo terá sede outra vez, mas quem bebe da água que eu dou nunca mais terá sede. Ela se torna uma fonte que brota dentro dele e lhe dá a vida eterna”. João 4.13-14

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Jesus Cristo, meu Senhor e fonte da água viva, que me capacitou a chegar até aqui. Glória seja dada a Ele eternamente! Amém!

Agradeço à minha família por todo o cuidado, apoio e investimento ao longo de todos esses anos. Em nenhum momento me abandonaram.

Agradeço também aos meus queridos irmãos da Missão Federal, que estiveram comigo durante toda a graduação e em muitos momentos me motivaram a não desistir do curso.

Agradeço aos professores da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, em especial à minha orientadora Prof.^a Dayse Luna Barbosa, por me guiar e por acreditar no meu potencial, permitindo que eu trabalhasse em uma área ainda pouco explorada pelos colegas da engenharia civil, bem como às professoras Andrea Carla Lima Rodrigues e Patrícia Hermínio Cunha Feitosa, por me receberem no PMSB, demonstrando também acreditarem na minha capacidade. Estas 3 pessoas ficarão para sempre na minha lembrança como profissionais que se dedicam a fazer seus alunos crescerem e se desenvolverem, e por isso contam com a simpatia de todos.

Também registro meu agradecimento ao engenheiro Antônio Leomar, idealizador da torneira falante, e ao colega Igor Antônio, por terem me fornecido suporte para o desenvolvimento do sistema que baseia este trabalho.

RESUMO

Em face da notória escassez de água a que estão submetidas não apenas a região nordeste do Brasil mas também diversas partes do planeta, e diante da constante busca por melhorias no gerenciamento desse recurso, é natural que novas tecnologias surjam para cumprir esse papel. Este trabalho foi realizado na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), e teve por objetivo desenvolver um sistema eletrônico de medição de consumo de água que fornecesse ao usuário, em tempo real, a quantidade consumida, e também avaliasse o consumo ao final do mesmo, de forma visual e sonora, a fim de conscientizar o indivíduo sobre o desperdício de água em atividades comuns do dia a dia. O dispositivo seria aplicado em banheiros do campus, visto que em instituições públicas os usuários não são diretamente cobrados pelo uso da água e isso pode acarretar em maiores índices de desperdício. Uma pesquisa virtual foi feita para que se soubesse qual seria a recepção por parte da comunidade acadêmica de um sistema avaliativo. Por fim o sistema foi desenvolvido nos moldes desejados, com potencial conscientizador e capacidade para alcançar uma maior parcela da comunidade acadêmica por ser acessível a pessoas com deficiências visuais e auditivas. Além disso, chegou-se à conclusão de que o sistema seria bem recebido pelos usuários, visto que 94% dos entrevistados se mostraram receptivos quanto à avaliação ao fim do consumo e 97% afirmaram que modificariam seus padrões de consumo se fossem mal avaliados pelo sistema.

Palavras-chave: Consumo de água, Medição em tempo real, Sistemas inteligentes.

ABSTRACT

In view of the notorious scarcity of water to what the Brazilian northeastern region and other many parts of the planet are subjected, and also in view of the constant search for improvements in the management of this resource, it is natural that new technologies appear to fulfill this role. This work was done at Federal University of Campina Grande (UFCG) and aimed the development an electronic system of water consumption measurement that could give real-time information to the users about their consumption and also evaluate it at the end, visually and audibly , in order to aware the users about the water waste in usual daily activities. The dispositive would be installed at some bathrooms of the campus, since users of public institutions are not directly charged by water consumption, what can lead into higher levels of water waste. A virtual research was made in order to analyze the reception of an evaluating system by the academic community. Finally, the system was developed as designed previously, with capacity of awareness and capable of reaching to a larger part of the academic community, since it's also accessible to people with hearing deficiency and visual impairment. Beyond that, the conclusion of a good receiving by the users was reached, for 94% of the people interviewed would be interested at being evaluated and 97% said that they would change their consumption patterns in case of receiving a bad result.

Keywords: Water consumption, Real-time measurement, Smart systems.

ANA: Agência Nacional das Águas
APP: Área de Preservação Permanente
CAGEPA: Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
DFID: Department for International Development
EMBASA: Empresa Baiana de Águas e Saneamento
IFPB: Instituto Federal da Paraíba
IoT: Internet of Things (Internet das Coisas)
MDR: Ministério do Desenvolvimento Regional
MMA: Ministério do Meio Ambiente
ONU: Organização das Nações Unidas
PU: Prefeitura Universitária
PWM: Pulse-Width Modulation
PNCDA: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
SABESP: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SIGA: Sistema de Gerenciamento de Água
SNIS: Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
UFCG: Universidade Federal Campina Grande
UNIMEP: Universidade Metodista de Piracicaba
WWC: World Water Council (Conselho Mundial da Água)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução dos volumes do Açude Epitácio Pessoa.....	15
Figura 2 - Mapa da seca do mês Janeiro/2015	16
Figura 3 - Sistema utilizado por Tiefenback et al.....	23
Figura 4 - Chuveiro EVA e seu aplicativo.....	24
Figura 5 - Torneira Twist	25
Figura 6 - iSAVE Faucet.....	25
Figura 7 - Chuveiro MyShower.....	25
Figura 8 - Fluxograma metodológico.....	27
Figura 9 - Primeiro projeto do protótipo.....	28
Figura 10 - Esquema de montagem do protótipo	30
Figura 11 – Esquema de desenvolvimento do protótipo	31
Figura 12 – Esquema de funcionamento do protótipo.....	32
Figura 13 - Protótipo finalizado.....	32
Figura 14 - Sensor de fluxo posicionado no ponto de saída de água.....	34
Figura 15 - Projeto de suporte para a torneira falante	35
Figura 16 - Suporte para a torneira falante	36
Figura 17 - Afirmação de adoção de medidas anti-desperdício de água no campus	37
Figura 18 - Percepção do desperdício nos banheiros do campus.....	37
Figura 19 - Opinião sobre a conscientização para redução do consumo de água no campus	38
Figura 20 - Tempo real versus fim de consumo	38
Figura 21 - Opinião sobre a avaliação do consumo	39
Figura 22 - Reação dos usuários a uma avaliação boa	40
Figura 23 - Reação dos usuários a uma avaliação ruim	40
Figura 24 - Opinião acerca do corte de fornecimento de água em casos de consumo elevado	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Funcionamento de diferentes equipamentos poupadores.....	21
Quadro 2 – Discriminação dos componentes do sistema	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Orçamento do sistema	33
Tabela 2 - Classificação do consumo de acordo com seu valor	35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	13
2.1. Objetivo geral	13
2.2. Objetivos específicos	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1. Água e sociedade	13
3.2. Escassez regional	14
3.3. Gestão da demanda.....	17
3.4. Instituições públicas	18
3.5. Equipamentos poupadores	21
3.6. Acesso à informação.....	22
3.7. Sistemas inteligentes	24
3.8. Classificação do consumo.....	25
4. METODOLOGIA.....	26
4.1. Validação do sistema	26
4.2. Descrição das etapas.....	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5.1. Desenvolvimento do protótipo	29
5.2. Funcionamento do sistema	34
5.3. Relação entre o indivíduo e o consumo de água	37
5.3.1 Afirmação de adoção de medidas redutoras de consumo de água no campus	37
5.3.2 Percepção do desperdício nos banheiros do campus	38

5.3.3 Opinião sobre a conscientização para redução do consumo de água no campus	38
5.3.4 Tempo real <i>versus</i> fim do consumo	39
5.3.5 Opinião sobre a avaliação do consumo	40
5.3.6 Reação dos usuários a uma avaliação do consumo	40
5.3.7 Opinião acerca do corte de fornecimento de água em casos de consumo elevado	42
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
APÊNDICE	48
APÊNDICE A – Questionário aplicado	49

1. INTRODUÇÃO

A evolução no gerenciamento do consumo de água tem sido pauta, há muitos anos, de diferentes pesquisas e estudos no âmbito acadêmico. Não apenas cidades situadas em áreas áridas mas também centros urbanos construídos em regiões com altos índices pluviométricos já passaram por situações de escassez prolongada.

Entre os anos de 2012 e 2017, o município de Campina Grande, na Paraíba, enfrentou uma severa crise hídrica. O Açude Epitácio Pessoa, “Boqueirão”, manancial que abastece a região, passou por um período de diminuição de seu volume e pouca ou nenhuma recarga hídrica, atingindo em 2017 a menor marca de sua série histórica. (OLIVEIRA E AMBROZEVICIUS, 2017). Nesse período foi necessário que se realizasse um racionamento no município, com o objetivo de, pela redução da oferta de água à população, manter o reservatório em operação por um maior período de tempo.

A escassez do recurso e a necessidade de ações que proporcionem um melhor uso do mesmo têm sido a tônica do desenvolvimento de políticas públicas, ações e sistemas que possibilitem o fornecimento bem planejado à população e a reeducação da mesma para o consumo consciente e sustentável, que atende às demandas de modo satisfatório e garante recurso para as gerações futuras.

Diante disso, a gestão da demanda se apresenta como uma ferramenta útil para adequação do consumo ao contexto em que a população está inserida. A partir da necessidade de controle, sistemas de abastecimento são melhorados, equipamentos destinados à medição do consumo são atualizados e novas ferramentas são desenvolvidas para que as metas traçadas sejam atingidas com maior eficiência.

É possível citar o desenvolvimento dos sistemas inteligentes de gerenciamento de água. De acordo com o DFID (2011, p.2):

Os sistemas inteligentes de água apresentam uma nova abordagem para promover de segurança hídrica diante de riscos futuros incertos mas significativos de crescimento populacional, variabilidade hidrológica e eventos extremos, e intensificação das demandas por alocação de água para abastecimento, agricultura, indústria e ecossistemas.

Dado que nas instituições públicas o consumo não é refletido em gastos diretos para os usuários, é possível que em tais ambientes o empenho em economizar água seja menor, tornando necessária a conscientização para redução de consumo. Contudo, embora o consumo não retorne diretamente aos usuários por meio de valores financeiros, existe o retorno indireto do pagamento através dos impostos, dado que é a população que sustenta as instituições públicas. É válido então buscar novas

medidas que incentivem e eduquem os usuários para a preservação da água disponível.

Diante disso, foi escolhido o campus sede da Universidade Federal de Campina Grande como área de estudo devido à escassez hídrica recentemente enfrentada pelo município, bem como à existência, nesta localidade, de um programa de conscientização para redução do consumo de água que também promove o desenvolvimento de novas tecnologias.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral:

Desenvolver um sistema eletrônico inteligente de informação ao usuário sobre consumo consciente de água

2.1. Objetivos específicos:

- a) Desenvolvimento de um protótipo eletrônico para medição do consumo;
- b) Avaliar a aceitabilidade do uso do protótipo dentro do campus a partir a aplicação de questionário.
- c) Estudo da relação dos usuários com o consumo de água na UFCG e o potencial impacto de um sistema de classificação de consumo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Água e sociedade

A água é um recurso abundante no planeta, e grande parte da superfície terrestre é coberta por massas de água. A sua existência originou e influenciou a estruturação de diversas civilizações ao longo da história, como a mesopotâmica ou mesmo a romana, sendo fundamental para os recorrentes problemas sanitários da Idade Média (pela falta do uso da água) bem como para o surgimento e a expansão da indústria. O desenvolvimento humano está intrinsecamente conectado à presença de corpos hídricos ou mananciais.

Embora seja um recurso essencial à vida e à dinâmica do planeta, nem toda a água doce está disponível ao consumo. Além da relativa baixa disponibilidade do recurso, há também a constante, e pungente, falta deste em áreas específicas do globo, e, esporadicamente, em outras regiões. Não obstante à redução da

disponibilidade de água atualmente, há o aumento na demanda mundial pelo recurso, que deve crescer cada vez mais.

3.2. Escassez regional

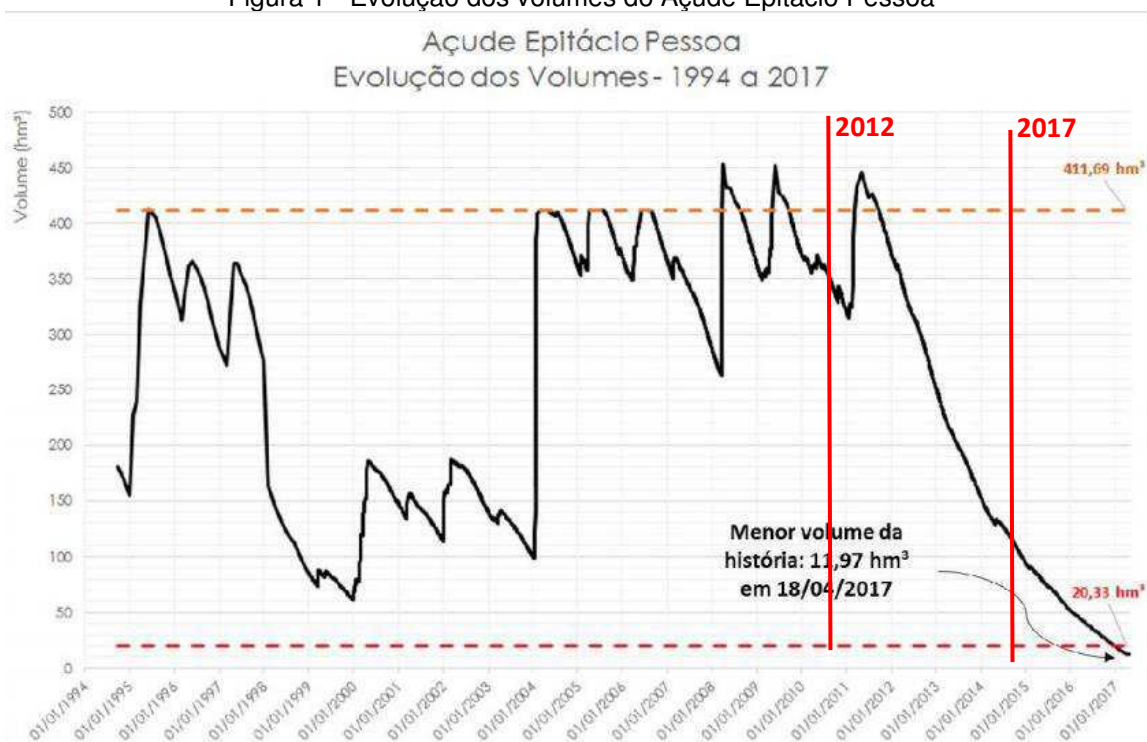
Reconhecidamente, o Brasil é um país rico em recursos hídricos, detendo vários aquíferos, lagos e rios. Segundo o Ministério do Meio Ambiente, no território nacional estão concentrados 12% de toda a água doce do planeta. Embora possua tamanha riqueza hídrica, também é um país que tem dificuldades quanto à disponibilidade de água. Estima-se que no Brasil, em 2018, quase 38 milhões de pessoas sofreram com secas e estiagens, sendo 80% destes residentes no Nordeste (ANA, 2018).

Nessa região, mais especificamente o semiárido, onde se situa o Polígono das Secas, há, costumeiramente, longos períodos de escassez. Segundo Campos e Studart (2003, p. 69), nessa região, há uma “alta variabilidade temporal (intra e interanual) e espacial das precipitações, altas taxas de evaporação e solos predominantemente cristalinos”, condições limitantes para disponibilidade constante de corpos hídricos e mananciais.

Diversas cidades dessa região passam por ciclos prolongados de estiagem, a exemplo de Campina Grande-PB. Na Figura 01 é possível ver a série histórica de volumes do manancial que abastece o município, com destaque para o período de 2012 a 2017, em que houve grande período de seca.

Na Figura 1 é possível identificar o processo de redução constante do volume a partir do ano de 2012, como também a ausência de novas recargas no manancial.

Figura 1 - Evolução dos volumes do Açude Epitácio Pessoa



Fonte: Oliveira e Ambrozevicus, 2017.
Edição: Autor (2020)

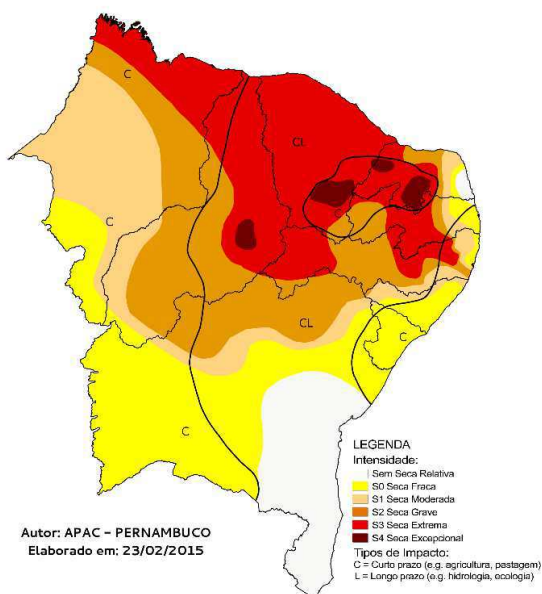
A escassez afeta também outras regiões do país, inclusive zonas de alta densidade populacional, como capitais e regiões metropolitanas. O estado de São Paulo, na região sudeste, também vivenciou, nos anos de 2014 e 2015, um período em que os níveis pluviométricos se apresentaram muito menores em relação à média histórica (MARENGO et al. 2015). Essa diminuição acarretou no colapso hídrico de reservatórios que abasteciam as cidades do estado, incluindo a maior delas, e também do país, São Paulo.

A falta de água implica na redução do fornecimento para consumo humano, que representa mais de 23% da retirada total de água no país (ANA, 2018), assim como para produções agrícola e industrial, navegação, pesca, geração de energia, turismo e outros tipos de uso.

Na Figura 2, é possível observar o fenômeno da seca sobre a região nordestina no mês de janeiro de 2015, período em que o fenômeno foi bastante severo.

Figura 2 - Mapa da seca do mês Janeiro/2015

Monitor de Secas Janeiro/2015



Fonte: <http://msne.funceme.br/map/mapa-monitor/analise/105>

A quantidade de água disponível também é regida pela qualidade da mesma. Para a realização do abastecimento, são escolhidos mananciais com capacidade para fornecimento de água tanto nas quantidades requeridas quanto em condições de qualidade aceitáveis. Isso significa que do número de mananciais existentes, apenas uma parcela pode ser considerada para o abastecimento, dado que nem todos podem garantir a vazão necessária ou a viabilidade no tratamento do recurso.

Além disso, há ainda a deterioração destes. Muitos mananciais utilizados são afetados pela retirada descontrolada de água e pela poluição. Diversos fatores que comprometem a qualidade da água podem ser enumerados. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente:

Entre as situações que causam degradação das áreas de mananciais, podem ser destacadas: ocupação desordenada do solo, em especial áreas vulneráveis como as APP; práticas inadequadas de uso do solo e da água; falta de infraestrutura de saneamento (precariedade nos sistemas de esgotamento sanitário, manejo de águas pluviais e resíduos sólidos); superexploração dos recursos hídricos; remoção da cobertura vegetal; erosão e assoreamento de rios e córregos; e atividades industriais que se desenvolvem descumprindo a legislação ambiental. (MMA, 2019)

Historicamente, as zonas urbanizadas tendem a se aproximar das fontes hídricas, tornando-as mais escassas ou poluindo-as, impelindo os tomadores de decisão a percorrer maiores distâncias em busca de novos mananciais (GOMES,

2019, p.13-14). Tal concepção é predatória e impulsiona a diminuição da quantidade de água disponível ao consumo humano.

O uso descontrolado, que não considera a necessidade futura ou que não atende aos critérios estabelecidos pelas agências reguladoras, é tão ou mais danoso que poluição dos corpos hídricos. Além da escassez natural da água e da deterioração dos mananciais, outro fator que interfere diretamente na quantidade disponível ao uso é o desperdício, causado tanto pela ineficiência do sistema de abastecimento quanto pelo mau uso por parte da própria população.

Em nível coletivo, o desperdício de água ocorrido nos sistemas de abastecimento do país se dá a partir de vazamentos, erros de medição e consumos não autorizados. Em 2017, o índice de perdas na distribuição aferido no país foi de 38,3%, tendo algumas cidades ultrapassado a barreira dos 60% (TRATA BRASIL & GO ASSOCIADOS, 2019). No mesmo estudo, constatou-se, para o estado da Paraíba, um percentual de desperdício de 38% na distribuição, e, para a cidade de Campina Grande, constatou-se um nível de 23,5%.

Em nível individual, além das perdas no sistema observa-se que o desperdício ocorre nas utilizações comuns e diárias pela população, seja mantendo aberta a torneira enquanto se escova os dentes, lavando áreas comuns com mangueira, banhos demorados.

3.3. Gestão da demanda

A quantidade utilizada pela população interfere diretamente na retirada de água dos mananciais, e o excesso nessa retirada pode gerar perdas e desequilíbrios no ciclo hidrológico, aumentando a possibilidade de escassez. A partir disso justifica-se o empenho no uso racional da água nos dias de hoje.

Uma ferramenta que se destina a solucionar o problema da disponibilidade de água é a gestão da demanda da mesma. Esse processo visa otimizar a relação entre a demanda e a oferta, a fim de que o recurso esteja disponível a um uso contínuo ao longo dos anos, considerando-se que atenderá a condições de preservação e economia. A escassez do recurso impele os gestores a adotarem soluções que aplaquem o consumo desequilibrado e favoreçam o racional. A ideia que se adota para o consumo hoje é que apenas o necessário seja utilizado, reduzindo assim o volume desperdiçado.

Nos períodos de escassez hídrica é comum ver os gestores agirem de modo a garantir o prolongamento do fornecimento de água para a população, seja diminuindo a retirada de água dos mananciais, o que, conseqüentemente, induz a população a armazenar água ou diminuir o consumo, seja regularizando o sistema de abastecimento, consertando vazamentos e reduzindo as perdas, evitando também os desperdícios. Em momentos extremos, chega-se ao ponto da realização do racionamento compulsório. Todavia, mais eficiente do que adotar medidas emergenciais é adotar medidas relacionadas à convivência com o problema.

Também é comum ver, especialmente em momentos de amplo crescimento urbano, que tais gestores informam a expansão na oferta de água (Barros et al., 2016). A oferta não adequada a uma regulamentação bem definida pode garantir o abastecimento, mas desconsiderando as potenciais perdas no sistema. O consumo predatório se mostrou, historicamente, agressivo ao meio ambiente e gerador de desigualdades.

A abordagem produtivista, predominante até ao final do século XX, foi marcada pelas grandes obras hidráulicas baseadas em planejamentos estratégicos de ofertas, e foi geradora de grandes conflitos sociais, degradação ambiental e pela irracionalidade macroeconômica. (CÂMARA, 2009, p.13).

O caminho inverso também é válido, visto que a conservação do recurso e a diminuição no consumo diário geram viés para redução na retirada. A partir do consumo diário da população, a empresa distribuidora, junto aos órgãos reguladores, pode fazer novos planejamentos e definir quando e quanto de água deve ser liberado, as perdas na distribuição tendem a ser reduzidas e a economia do recurso é incentivada.

3.4. Instituições públicas

Nas instituições públicas, os consumidores não sentem diretamente os impactos de um consumo elevado, pois não há um valor de gasto financeiro diretamente aplicado a eles. Isso pode fazer com que o consumo consciente seja deixado de lado, dado que não há uma ação punitiva em resposta ao consumo do usuário, como haveria caso ele consumisse o mesmo valor em sua residência.

Contudo, o gasto com água pela instituição é pago pela população em geral de modo indireto através dos impostos. Sendo assim, faz-se necessária, nesses ambientes, a conscientização para economia de água também devido a questões financeiras.

Além da quantificação financeira, é preciso focar também na preservação do recurso. O ambiente de ensino, como a escola e a faculdade, desempenha um papel importante na formação da consciência ambiental e da cidadania dos estudantes. O manejo dos recursos naturais pode ser mais bem orientado de acordo com o incentivo à preservação por parte das instituições. De acordo com Melo et al. (2014):

Assim, o ambiente escolar é considerado um espaço propício para estudar as questões relacionadas ao consumo de água, pois se trata de um ambiente alicerce para a formação do caráter dos cidadãos e para a conscientização da importância de preservação ambiental e do uso racional. O espaço escolar reúne diversos fatores que possibilitam o emprego de ferramentas de pesquisa para realizar um levantamento do consumo de água e da percepção dos usuários para o uso racional.

Em diversas instituições públicas, como universidades, secretarias, repartições, unidades administrativas, entre outras, há o empenho em diminuir o consumo de recursos, como, por exemplo, água, energia elétrica e papel. As ações desenvolvidas nesse sentido têm gerado resultados palpáveis para a efetiva redução também de gastos, o que se justifica principalmente em momentos em que o fornecimento de recursos por parte do governo diminui de acordo com a situação econômica do país.

Exemplos desse empenho são os trabalhos desenvolvidos em universidades. Rosa (2017) analisou a redução do consumo de energia elétrica em uma escola de Goiânia após a substituição de equipamentos e reeducação dos usuários, alcançando um valor de energia consumida 16% menor do que o valor do mesmo período no ano anterior.

Santos, L. (2010) propôs a análise acerca dos padrões de consumo de água na sede da EMBASA, antes, durante e depois da implantação de medidas para racionalização do mesmo. As medidas foram a organização dos fatores técnicos da rede, acompanhamento via internet do consumo na edificação e criação de uma equipe gestora. Concluiu-se que as ações foram responsáveis por reduzir em 24% o total consumido.

Carvalho (2011) estudou o impacto da impressão frente e verso na diminuição do uso de papel na UNIMEP, concluindo que tal ação poderia reduzir em 50% o consumo do material nas impressões do campus.

Especificamente no que se trata de água, há projetos e políticas governamentais que visam incentivar a diminuição no consumo e desperdício. Um exemplo é o PNCD, Programa da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério

das Cidades, que tem por objetivo geral promover o uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, propiciando a melhor produtividade dos ativos existentes e a postergação de parte dos investimentos para a ampliação dos sistemas.

O PNCDA tem por objetivos específicos definir e implementar um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais, concorrentes para uma efetiva economia dos volumes de água demandados para consumo nas áreas urbanas, consolidados em publicações técnicas e cursos de capacitação (MDR, 2011).

Considerar a redução do consumo de água implica em obter também redução nos gastos públicos com esse recurso. Visto que elas funcionam como incubadoras para inovações em atitudes e tecnologias (BOTASSO et al., 2014) e dado que o dinheiro empregado no custeio dos recursos e bens utilizados por essas instituições deriva das contribuições tributárias da população, saber gerenciar consumos é proporcionar à população novos recursos para o uso correto da água e trabalhar de modo eficiente com as finanças do país. De acordo com Curi et al. (2014):

O gerenciamento dos recursos naturais pelas Universidades Federais exige a implementação de sistemas de gestão de custos que permitam alocar tais recursos de maneira eficiente. Utilizar as novas tecnologias e metodologias para tornar a gestão pública mais transparente, eficaz, participativa e responsável é um desafio a ser enfrentado pelos gestores públicos.

Algumas instituições têm realizado ações efetivas que visam reduzir gastos e controlar o consumo de água. O IFPB, campus Cajazeiras foi utilizado o controle automatizado de reservatórios, através de componentes eletrônicos, a fim de reduzir o desperdício no extravasamento de água e no consumo de energia elétrica por parte das bombas, eliminando a necessidade de acionamento manual por parte de um operador (SANTOS, M. E OLIVEIRA, 2014).

Em 2014, a Universidade Federal de Campina grande começou um sistema de redução no consumo de água no campus sede da instituição, a partir da aplicação de medidas estruturais como construção de reservatórios em locais estratégicos, retirada de vazamentos e instalação de hidrômetros nas edificações, e educativas, através da instalação de placas que alertam e incentivam a redução do consumo (BRANDÃO, 2019). Como resultado, obteve-se um índice de 70% na redução do consumo de água,

e também uma economia financeira de aproximadamente R\$ 2 milhões, ao longo de um período de cinco anos (PU-UFCG, 2019).

O programa abriu também a possibilidade da automação na leitura dos consumos em cada bloco do campus, através de medidores eletrônicos. Os dados registrados são enviados para um sistema de monitoramento e gerenciamento, o SIGA, no qual é possível analisar, individualmente, cada edificação e os horários nos quais o consumo é maior (BRANDÃO, 2019). Tal armazenamento permite que eles sejam interpretados e apresentados aos usuários, seja por meio de aplicativos e sites, seja por apresentação direta.

As medidas empreendidas foram úteis para reduzir as perdas presentes na rede de abastecimento do campus e o gasto da instituição em contas pagas à CAGEPA.

É importante salientar que utilizar ferramentas para a redução do consumo, seja de qual for o recurso, é uma tarefa que cabe não somente aos usuários. Segundo Curi et al. (2014), incentivar o uso de novas tecnologias de controle e redução de gastos que garantam sustentabilidade é papel da Administração Pública, que deve ter como prioridade padrões de gastos aceitáveis e responsáveis, dotados de alto índice de eficiência.

3.5. Equipamentos poupadores

A partir do conceito de economia, fomenta-se então o desenvolvimento de novas tecnologias que consigam diminuir os desperdícios e incentivem também a redução do consumo. Dentre elas, é possível citar o emprego dos equipamentos poupadores, que são instalados nos sistemas prediais para diminuir a vazão empregada em diferentes usos. De acordo com Barros et al. (2016), há diferentes tipos de mecanismos poupadores (Quadro 01):

Quadro 1 - Funcionamento de diferentes equipamentos poupadores

MP	Descrição/funcionamento
Torneira com arejador	Consiste em uma peça localizada na extremidade da torneira, em seu interior existe uma espécie de filtro que diminui o tamanho das partículas e introduz ar no líquido. Esse processo mantém a sensação do jato forte, porém com uso de menos água na lavagem.
Chuveiro com aerador	O aerador é um dispositivo que, quando instalado nas duchas, preenche as gotas de água com uma minúscula bolha de ar, ele utiliza um pequeno tubo de diâmetro variável, que cria uma diferença de pressão e velocidade do fluido. O ar é sugado para dentro do tubo, devido ao vácuo parcial criado, fazendo com que o ar e a água se misturem. Com isso o fluxo de água é aumentado, enquanto é reduzida a quantidade de água utilizada (BALL, 2009).
Bacia Sanitária de acionamento duplo	As descargas dos resíduos líquidos que antes eram feitas com 6 litros passaram a ser feitas com 3 litros. Mierzwa et al. (2006) consideraram que a cada quatro vezes que a bacia é utilizada, uma é para sólidos e as três demais são para líquidos, portanto, com essas três descargas consumindo a metade da água, a

	economia gerada pela substituição da bacia sanitária de acionamento simples pelo duplo atinge 75% do consumo.
Reuso de águas cinzas	O uso de fontes alternativas para fins menos nobres, como irrigação, rega de jardins, lavagem de rua e descarga em bacias sanitárias, é indicado como opção para a redução do consumo de água potável.
Medidores individuais	Segundo Franco Junior (2007), com a implantação dos sistemas de medição individual, obtém-se uma economia de até 20% no consumo do edifício, ele relata que de forma individual, cada morador se educa melhor quanto ao consumo de água, diminuindo o desperdício.

Fonte: Barros et al. (2016).

Os mecanismos poupadores são facilmente instalados e permitem ao usuário a oportunidade de utilizar o recurso apenas na quantidade necessária, diminuindo a possibilidade de desperdício por descuido. Trata-se de torneiras e válvulas hidromecânicas de fechamento automático, bacias sanitárias com volume de descarga reduzido, aeradores, etc. A depender do tipo de mecanismo são também uma alternativa para reutilização de água em fins menos nobres ou que não afetem a saúde do indivíduo, como lavagem de pisos, acionamento de descargas e rega de jardins com água cinza (BARROS et al., 2016).

3.6. Acesso à informação

A informação a respeito da quantidade de água consumida, além de dar suporte à precificação do fornecimento por parte da empresa distribuidora, fornece também uma base de análise a respeito do consumo. A partir desse dado, o usuário, na posição de pagante e utilizador dos recursos naturais, pode assumir também o papel de tomador de decisão, pensando em métodos para reduzir a quantidade de água empregada em diferentes usos sob seu controle. É importante salientar que as políticas de gerenciamento e preservação dos recursos hídricos não podem ser elaboradas sem que seja considerado o fator da participação popular.

A gestão integrada dos recursos hídricos depende da colaboração e parcerias em todos os níveis, de cidadãos individuais a organizações internacionais, com base em um compromisso político e em uma consciência social mais ampla da necessidade de segurança hídrica e do gerenciamento sustentável dos recursos hídricos. (WWC, 2000, p.2).

Tal senso de preservação é estimulado coletivamente através dos hidrômetros, já que todos devem pagar pelo uso da água. Trazer esses dados ao nível da população, e fazer com que cada um possa saber quanto de água consumiu, é permitir, aos usuários e às instituições interessadas, a construção de perfis individuais de consumo, incentivando assim a criação de práticas para redução do mesmo.

Muitos trabalhos têm sido realizados a partir do conceito de automação da medição do consumo de água, podendo estes ser dedicados a fornecer dados totais, como que em substituição aos hidrômetros e incluindo todos os dispositivos que utilizam água na edificação, ou podem ser dedicados ao fornecimento de informação em tempo real, no momento exato do uso e de modo individual.

É muito importante que se saiba o valor do consumo. Embora a medição do consumo total de uma edificação, seja residencial ou de outro tipo, possa fornecer aporte relativo à tomada de decisão por parte dos usuários, informar tal valor durante o ato dá a estes a oportunidade de controlar o uso de modo consciente, pois é no ato do consumo que a redução pode ser mais efetiva e eficiente.

Tiefenback et al. (2015) analisou o modo como o *feedback* sobre o valor do consumo afetou os usuários quando estes realizavam uma atividade cujo consumo é reconhecidamente mais alto: tomar banho. Para isso utilizou-se um sistema de informação do consumo de água, sua temperatura, e o consumo de energia. O sistema pode ser visto na Figura 03.

Figura 3 - Sistema utilizado por Tiefenback et al.



Fonte: Tiefenback (2015)

A pesquisa utilizou 3 tipos de condições para o *feedback*:

- a) *real-time feedback*: informação em tempo real do consumo de água e energia, e o valor da temperatura da água;
- b) *real-time plus past feedback*: além das informações já apresentadas há também o valor dos consumos em banhos anteriores;
- c) *control condition*: apenas a informação da temperatura da água é apresentada;

Os resultados da pesquisa mostraram que a implantação do *real-time feedback* reduziu em 22% o consumo de energia nos banhos, e, em valores extrapolados para um período de 1 ano, 3.500 litros de água seriam economizados por usuário.

Ainda de acordo com a pesquisa, implantar a resposta do consumo em tempo real se mostrou uma medida mais efetiva do que a abordagem convencional de informação com um amplo período de tempo e consumo.

3.7. Sistemas inteligentes

Tecnologias de automação e IoT estão se aproximando da ideia de informar valores em tempo real em vários cenários. Elas podem ser empregadas no controle de vazão em reservatórios ou aferição do volume consumido em edificações, por exemplo. Esses dados podem ser coletados, transmitidos, gerenciados e usados para analisar a atual condição, construir bases de dados e perfis de consumo e estabelecer metas, além de prover soluções para os problemas analisados. (GEETHA E GOUTHAMI, 2017).

Como exemplo, pode-se citar o desenvolvimento de protótipos que visam o controle do consumo de água em banheiros residenciais, como o Chuveiro EVA (Figura 04). Um aparelho inteligente que controla o chuveiro nos momentos de banho a partir de estatísticas armazenadas ao longo do tempo.



Figura 44 - Chuveiro EVA e seu aplicativo.

Fonte: <https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/11/chuveiro-smart-ajuda-na-economia-de-agua-ao-transformar-banho-em-game.html>

O aplicativo armazena dados de data, duração do banho e total consumido. O sistema incentiva o consumo consciente através da comparação dos valores do usuário com os de seus amigos conectados através do aplicativo, criando assim um ambiente de jogo. Dessa maneira, a comunidade de pessoas que utilizam o sistema cria um ambiente em que a redução do consumo é premiada.

As torneiras inteligentes são instrumentos que informam o valor no ato do consumo. Embora ainda não sejam produzidos, são protótipos que trazem inovações para atividades cotidianas, como o ato de usar o lavatório. O dispositivo Twist, que informa o consumo e permite controlar a temperatura da água, e a iSAVE Faucet, com este último introduzindo a atividade de classificação do consumo, são exemplos (Figuras 05 e 06).



Figura 5 - Torneira Twist

Fonte:

<https://vivagreen.com.br/agua/conheca-nove-dispositivos-inteligentes-que-reduzem-o-consumo-de-agua/>



Figura 6 - iSAVE Faucet

Fonte:

<https://vivagreen.com.br/agua/conheca-nove-dispositivos-inteligentes-que-reduzem-o-consumo-de-agua/>

3.8. Classificação do consumo

A partir do conceito de informação do valor consumido, pode-se extrair outro procedimento útil ao usuário: a avaliação do consumo. Com o dado obtido é possível que o dispositivo classifique o consumo de acordo com padrões pré-estabelecidos. No iSAVE Faucet, o display muda a cor do número para vermelho à medida que o usuário gasta mais água.

Outro dispositivo que pode ser citado é o *MyShower*, um tipo de chuveiro inteligente que calcula o consumo de água e energia durante o banho e dá nota ao usuário no final (Figura 07).

Figura 7 - Chuveiro MyShower



Fonte: <http://g1.globo.com/sao-paulo/blog/como-economizar-agua/post/chuveiro-inteligente-calcula-volume-de-agua-gasto-e-da-nota-no-fim-do-banho.html>

O conceito da classificação é válido porque cria no usuário, com o passar do tempo, consciência de que é bom reduzir o consumo. Educativamente, o usuário é treinado a melhorar cada vez mais.

Diante do estudo desenvolvido, comprova-se a relevância do desenvolvimento de um sistema inteligente de medição de consumo de água que possa ser aplicado não apenas em instituições públicas, como também em ambientes onde é grande o índice de pessoas consumindo água, a fim de promover conscientização.

4. METODOLOGIA

Utilizando os conceitos de medição inteligente de consumo e informação em tempo real ao usuário, objetivou-se construir um sistema que, acoplado a uma torneira comum de pia, monitorasse o valor do consumo de água dos usuários enquanto estes realizam atividades simples do dia a dia, como lavar as mãos.

Além do monitoramento, o sistema também informaria ao usuário o valor do consumo, de modo visual e sonoro, e classifica-o como excelente, regular ou péssimo. O objetivo a ser alcançado com a classificação é fazer com que o usuário melhore seu consumo caso receba uma avaliação regular ou ruim, ou mantenha o padrão caso receba uma avaliação boa.

4.1. Validação do sistema

Devido à pandemia da COVID-19, as atividades presenciais na UFCG foram paralisadas. Como não houve uma maneira de colocar o sistema em funcionamento do modo como se planejou, que seria instalá-lo em alguns banheiros da universidade, outro método teve de ser adotado para análise da relação entre o sistema e os usuários.

Para verificação da receptividade de um sistema com esse objetivo por parte da comunidade de usuários, aplicou-se um questionário virtual através da plataforma Google Formulários, que buscava obter dados acerca da percepção destes em relação ao consumo de água atual na UFCG e às atividades empreendidas para redução deste.

O questionário, aplicado virtualmente, foi dividido em duas seções: na primeira foram feitas perguntas acerca da relação do indivíduo com o consumo e a economia de água. Na segunda seção avaliou-se como as pessoas receberiam uma avaliação de seus consumos. O documento pode ser encontrado no Apêndice A. Na Figura 8 é está apresentado o fluxograma metodológico.

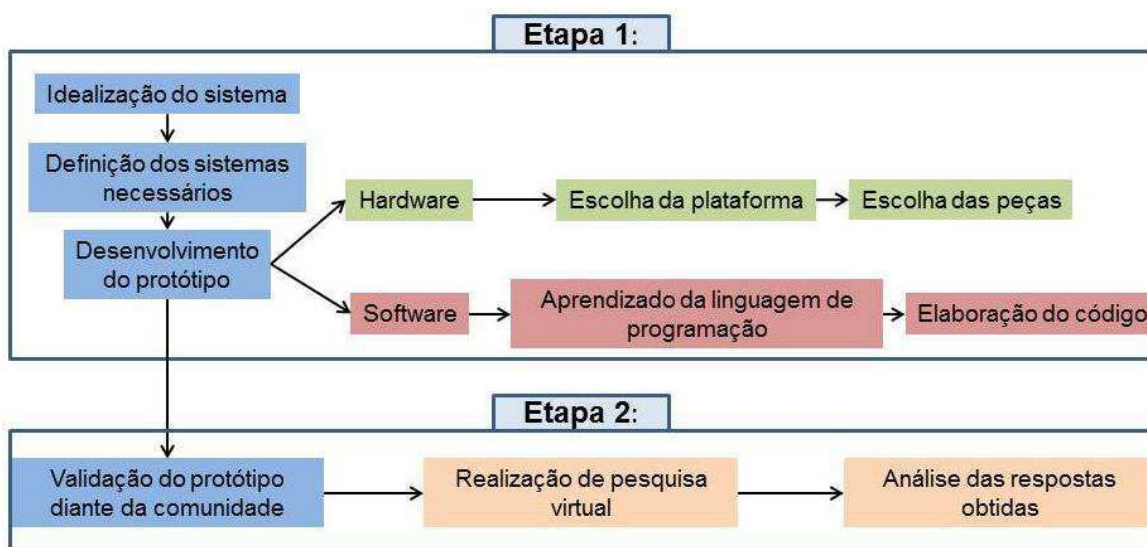
4.2. Descrição das etapas

Para desenvolvimento do protótipo, inicialmente idealizou-se um sistema inteligente que pudesse, além de medir o consumo, também avaliá-lo de modo sonoro. A partir disso, definiram-se os sistemas necessários à tarefa a ser cumprida: medição, visual e sonoro. Definidos, passou-se ao desenvolvimento propriamente dito, escolhendo a plataforma Arduino como hardware por sua simplicidade para uso e ampla disponibilidade de recursos online, e as demais peças componentes de cada sistema.

À medida que as peças iam sendo acrescentadas ao sistema, novos códigos também eram inseridos e adaptados, até se obteve o código final.

Na etapa de validação, utilizou-se o questionário virtual desenvolvido de acordo com a necessidade por informações acerca das atitudes tomadas pelos usuários em relação à economia de água e também à percepção dos usuários em relação à conscientização realizada na instituição.

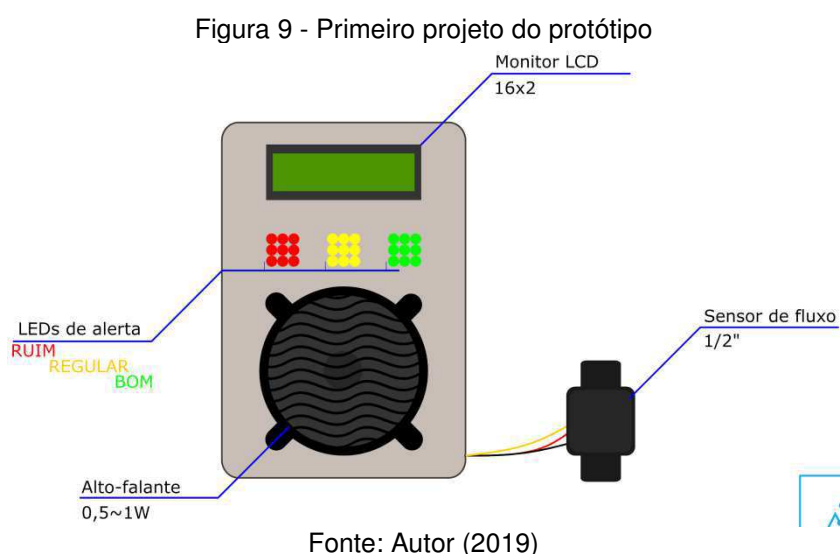
Figura 8 - Fluxograma metodológico



Fonte: Autor (2020)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema foi desenvolvido, e a ele deu-se o nome de Torneira Falante. Trata-se de um protótipo eletrônico inteligente, construído através do uso da plataforma Arduino, que utiliza sensores e peças eletrônicas para ler a vazão de água na tubulação no momento do uso e transformá-la em valor de consumo. Na Figura 8, é possível ver o primeiro projeto desenvolvido para o protótipo.



5.1. Desenvolvimento do protótipo

A elaboração do sistema se deu através da união de diferentes componentes eletrônicos, divididos em três subsistemas: controle, leitura e apresentação. O controle é realizado pelo Arduino, e por um módulo de reprodução de mídia, o DFPlayer Mini. A leitura é realizada pelo Sensor de Fluxo YF-S201. A apresentação é realizada pelo monitor LCD, pelos LEDs RGB e pelo alto-falante controlado pelo DFPlayer Mini. A descrição detalhada de todos os componentes, bem como de suas funções, está apresentada no Quadro 02.

O código elaborado é composto de diferentes partes de outros esquemas, obtidos gratuitamente na internet, referentes a cada atividade componente. Para o funcionamento de cada peça isolada, há um código desenvolvido pela comunidade virtual e liberado para uso. Para a execução deste propósito, foi necessário unir tais

códigos, de acordo com as funções empreendidas e modificar para adaptação à especificidade da situação.

Quadro 2 – Discriminação dos componentes do sistema

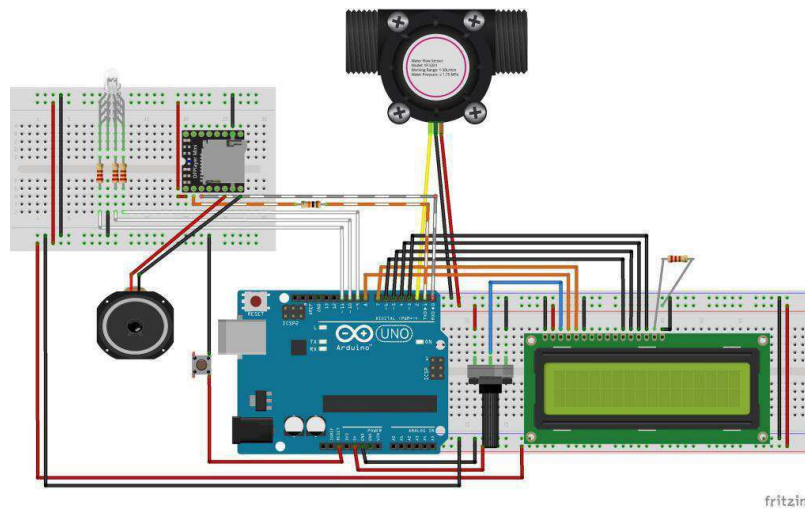
COMPONENTES	DESCRIÇÃO
LEITURA E PROCESSAMENTO DE DADOS	
<p>Arduino Mega 2560</p>  <p>Fonte: https://solarbotics.com/product/50452/</p>	<p>O Arduino é uma plataforma de automação muito utilizada em todo o mundo, caracterizada por sua versatilidade, praticidade, vasta aplicabilidade e seu potencial para uso em desenvolvimento de projetos. É o cérebro que comanda a relação entre a entrada de dados, analógicos ou digitais, e a saída desses, após a passagem por um determinado procedimento. Neste projeto, planeja-se utilizar o Arduino Mega 2560, por possuir uma capacidade maior de processamento.</p>
<p>Sensor de Fluxo YF-S201</p>  <p>Fonte: https://www.eletrogate.com/sensor-de-fluxo-de-agua-de-1-2</p>	<p>O sensor principal é o de fluxo, sob registro YF-S201, que faz leituras de vazão em tubulações de 1/2", dentro do intervalo de 1 a 30L/min. É um sensor compacto e de fácil instalação, pois não requer um procedimento especializado para tal. Possui margem de erro de $\pm 10\%$ nos valores lidos. Posicionado na tubulação, antes da torneira convencional, o sensor é ativado quando existe vazão, ou seja, quando há um volume de água se movimentando no tubo.</p>
SISTEMA DE INFORMAÇÕES VISUAIS	
<p>Display LCD 16x2</p>  <p>Fonte: https://www.filipeflop.com/produto/display-lcd-16x2-backlight-verde/</p>	<p>O sistema também conta com um display LCD 16x2, que informa ao usuário, em tempo real, quanto ele está consumindo, e, ao fim, o total consumido e todo o processo.</p>
<p>LEDs RGB</p>  <p>Fonte: https://sparkfruit.ph/product/led-rgb-5mm/</p>	<p>A informação visual é composta, além do dado informado no display, por um alerta luminoso, que muda sua cor de acordo com o total consumido. O alerta é feito por 12 LEDs RGB.</p>
SISTEMA DE INFORMAÇÕES SONORAS	
<p>DFPlayer Mini</p>  <p>Fonte: https://daeletrica.com.br/modulo-mp3-dfplayer-mini.html</p>	<p>Uma das peças componentes do sistema de áudio, é responsável por armazenar o arquivo de áudio utilizado e reproduzi-lo no momento determinado, de acordo com a informação do consumo e o intervalo preestabelecido. Possui entrada para um cartão microSD.</p>
<p>Alto-falante</p>	

 <p>Fonte: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-986478173-alto-falante-3-polegadas-5w-8ohms-kit-5-unid-atacado- JM</p>	<p>O som é emitido por um alto-falante de 3W e 8 ohms, conectado ao DFPlayer Mini. O alto-falante foi escolhido de acordo com a potência necessária para reprodução, tamanho da peça, disponibilidade para compra e preço.</p>
<p>PEÇAS EXTRAS</p>	
<p>Jumpers</p>  <p>Fonte: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1158155822-jumpers-macho-femea-10cm-40-cabos-jumper-arduino- JM</p>	<p>São os fios que conectam as diferentes peças eletrônicas entre si e com o Arduino, sendo responsáveis pela transferência das informações entre os mesmos.</p>
<p>Fonte DC 5V</p>  <p>Fonte: https://pt.banggood.com/DC-5V-3_0A-EU-Power-Supply-Micro-USB-Adapter-Charger-For-Raspberry-Pi-3-Model-B-p-1079928.html</p>	<p>É a peça que fornece alimentação em corrente contínua para todo o circuito, sob tensão de volts.</p>
<p>Protoboard</p>  <p>Fonte: https://www.marinostore.com/acessorios/protobo-ard-400-pontos</p>	<p>Nela são feitas as conexões entre o Arduino e as peças eletrônicas.</p>
<p>Potenciômetro</p>  <p>Fonte: https://www.smartprojectsbrasil.com.br/potencio-metro-linear-de-10k-10000w</p>	<p>Serve para controlar o nível de contraste do Display LCD.</p>
<p>Caixa plástica multiuso</p>  <p>Fonte: https://soprano.com.br/produtos/materiais-eletricos/materiais-para-instalacao/caixas-plasticas/05038.2002.01-caixa-multi-uso-plastica-125x85x54</p>	<p>É responsável por proteger todo o sistema integrado, que são as peças eletrônicas, de água e demais intempéries, furtos e quedas.</p>

Fonte: Autor (2019)

Na Figura 9 é possível visualizar como se deu a montagem das peças do protótipo.

Figura 10 - Esquema de montagem do protótipo



Fonte: Autor (2019)

Para desenvolvimento do protótipo, seguiram-se as etapas apresentadas na Figura 10:

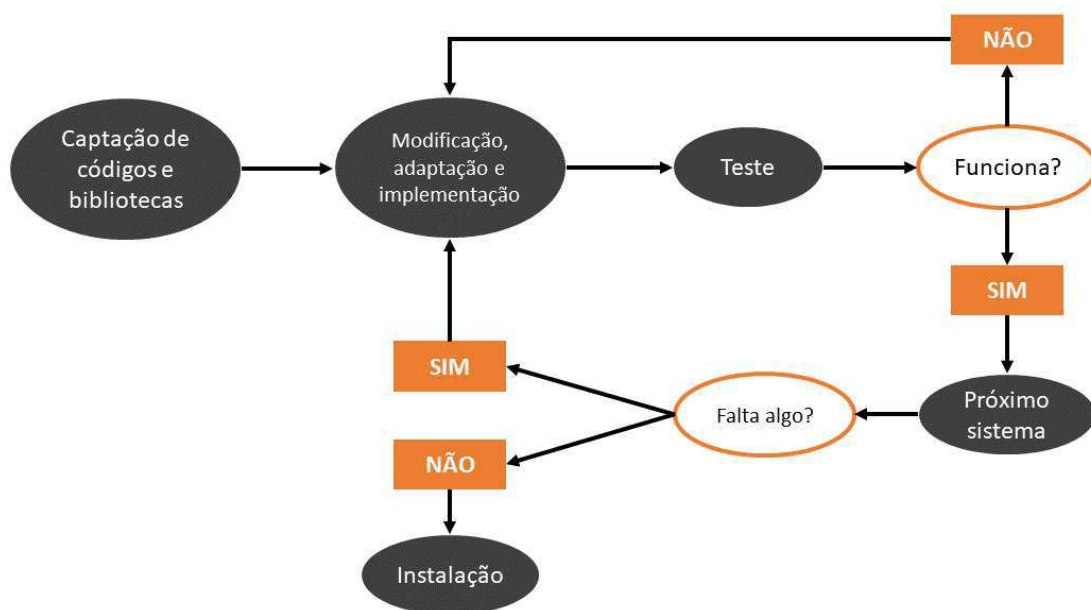


Figura 11 – Esquema de desenvolvimento do protótipo
Fonte: Autor (2019)

O funcionamento, composto pela entrada do dado, processamento deste e apresentação, está esquematizado na Figura 11.

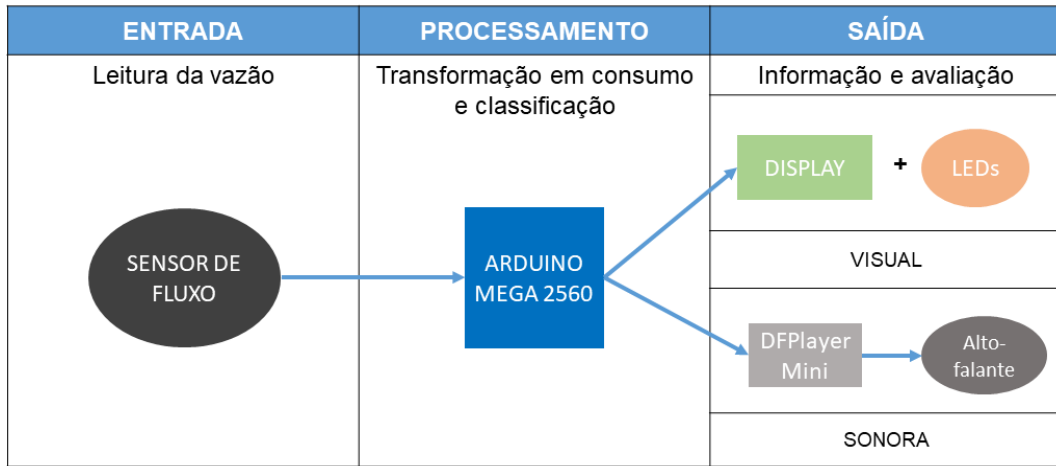


Figura 12 – Esquema de funcionamento do protótipo
 Fonte: Autor (2019)

Como resultado do desenvolvimento, obteve-se o protótipo que pode ser visto na Figura 12:

Figura 13 - Protótipo finalizado



Fonte: Autor (2020)

Elaborou-se também um orçamento para a compra das peças, que pode ser visto na Tabela 01:

Tabela 1 - Orçamento do sistema

PEÇA	CUSTO UNITÁRIO	QTDE.	TOTAL
Arduino MEGA 2560	R\$ 124,90	1	R\$ 124,90
LCD 16X2	R\$ 15,90	1	R\$ 15,90
Potenciômetro Linear	R\$ 3,90	1	R\$ 3,90
Protoboard 400 pontos	R\$ 12,90	1	R\$ 12,90
Sensor de fluxo YF-S201	R\$ 33,90	1	R\$ 33,90
Fonte DC 5V	R\$ 17,90	1	R\$ 17,90
LEDs RGB	R\$ 2,40	12	R\$ 28,80
Jumpers	R\$ 0,25	40	R\$ 9,90
DFPlayer Mini	R\$ 29,90	1	R\$ 29,90
Speaker 3W 8 ohms	R\$ 10,00	1	R\$ 10,00
Resistores 1K	R\$ 0,15	7	R\$ 1,05
Caixa de proteção	R\$ 21,90	1	R\$ 21,90
Cartão SD	R\$ 29,90	1	R\$ 29,90
Custo Total:			R\$ 340,85

Fontes: <https://www.filipeflop.com/>
<https://www.byteflop.com.br/>

Em comparação a outros produtos disponíveis no mercado, o custo de desenvolvimento da torneira é reduzido. Diante do valor cobrado pelo chuveiro MyShower, que está à venda por R\$ 590,00 (MERCADO LIVRE, 2020), a torneira falante é 42% mais barata.

De acordo com a PU-UFCG (2019), em 2018, o gasto anual com água no campus sede foi de R\$ 376.974,00, o que implica em um valor médio mensal de R\$ 31.414,50. Na sede há 110 blocos. Caso um exemplar do protótipo fosse instalado em cada um destes, o valor do investimento seria de R\$ 37.493,50.

Embora esse valor represente mais do que o valor médio mensal e equivalha a aproximadamente 10% do gasto anual, o retorno de tal aplicação pode se mostrar rentável a longo prazo, visto que o objetivo de reduzir o consumo de água na instituição poderia ser alcançado.

É válido destacar que os preços das peças componentes da torneira falante aumentaram durante a pandemia da COVID-19, visto que a maioria desses componentes é fabricada na China. Em momentos convencionais, é possível que o valor total seja mais baixo do que o encontrado atualmente.

5.2. Funcionamento do sistema

O sistema é acoplado ao engate flexível que se conecta à torneira, também conhecido por chicote. Quando a torneira é aberta, ele capta o fluxo da água e o mede, informando ao Arduino. Em sua estrutura há uma válvula em formato de cata-vento com um ímã acoplado que trabalha em conjunto com um sensor hall para enviar um sinal PWM. Através destes pulsos é possível mensurar o consumo. O sensor instalado pode ser visto na Figura 13.

Figura 14 - Sensor de fluxo posicionado no ponto de saída de água



Fonte: Autor (2019)

A partir desse dado, o Arduino processa a informação do valor do consumo e a apresenta ao usuário através do monitor LCD, em tempo real. Após o tempo determinado de 20 segundos, e a partir do valor total do consumo, ele classifica o consumo com os LEDs e com o sinal sonoro.

A classificação do uso se dá em três intervalos, ou classes. Para o desenvolvimento do protótipo adotou-se um intervalo entre de 750mL e 1,5L, pois não foram encontrados dados factíveis sobre valor mínimo de consumo de água em

lavagem de mãos que pudessem ser utilizados. Para justificativa do valor escolhido, é possível citar o seguinte processo: segundo a SABESP (1996), uma torneira de pia com aerador, pressão de até 6 mca, aberta com 1 volta, gera uma vazão de 0,13L/s. Segundo a Unicef, para o contexto da pandemia de COVID-19, o tempo de lavagem de mãos deve ser de 20 a 30 segundos. Se adotado o tempo mínimo de 20 segundos, obtém-se o valor de consumo de 2,6L.

Porém, de acordo com estudo realizado pela Michigan State University (2013), as pessoas gastam, em média, apenas 6 segundos para lavar as mãos, fazendo com que o valor caia para 780mL. Para se incentivar a economia, reduziu-se esse valor para 750mL, mantendo o tempo de 20 segundos necessário para o uso de sabonete ou sabão para a lavagem das mãos.

A partir disso, se são consumidos até 750mL, o consumo é classificado como excelente e o usuário é parabenizado. Caso o valor esteja entre 750mL e 1.5L, o consumo é classificado como regular e o sinal sonoro já passa a alertar para a economia de água. Acima de 1.5L, o consumo é classificado como péssimo e o som reproduzido é de repreensão. Na Tabela 02 esquematiza-se a classificação.

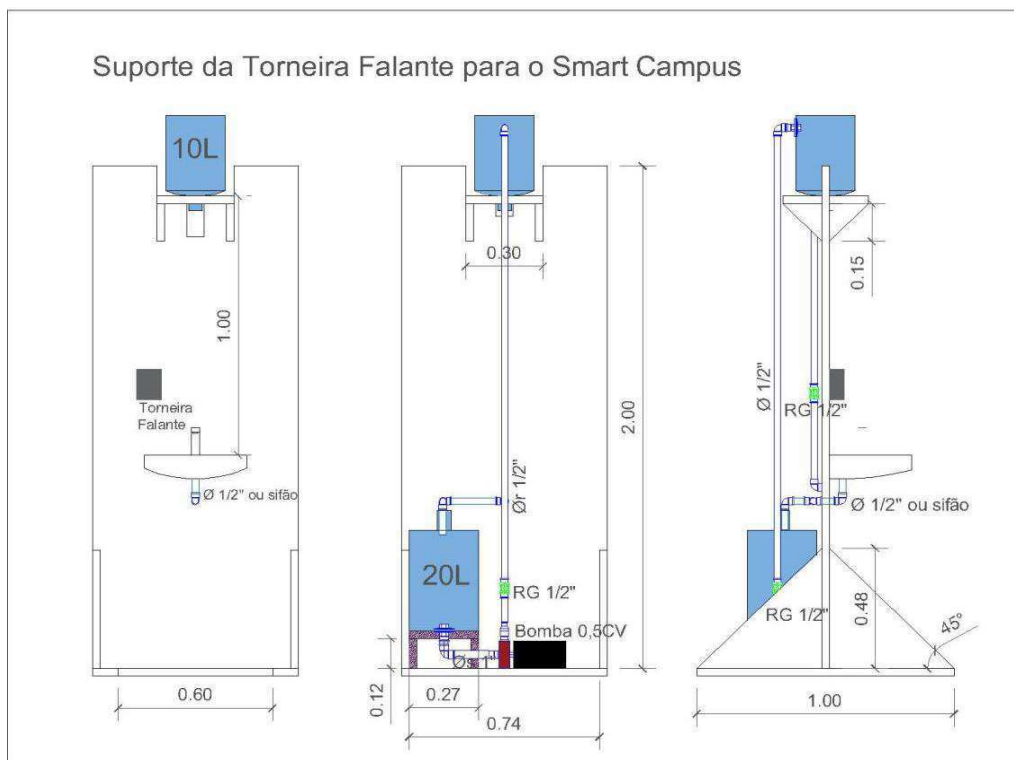
Tabela 2 - Classificação do consumo de acordo com seu valor

CLASSE	VALORES	SOM EMITIDO	COR DOS LEDS
Excelente	< 750mL	Parabenização	VERDE
Regular	750mL < V < 1.5L	Alerta para economia	AMARELO
Péssimo	> 1.5L	Advertência e alerta para economia	VERMELHO

Fonte: Autor (2019)

Idealizou-se também a instalação da torneira em um suporte para que fosse apresentada ao público em eventos. O projeto (Figura 13) foi executado (Figura 14), mas não chegou a ser utilizado.

Figura 15 - Projeto de suporte para a torneira falante



Fonte: Autor (2019)

Figura 16 - Suporte para a torneira falante



Fonte: Autor (2019)

5.3. Análise dos questionários

5.3.1 Afirmação de adoção de medidas redutoras de consumo de água no campus

Você adota medidas para reduzir o consumo de água na universidade?

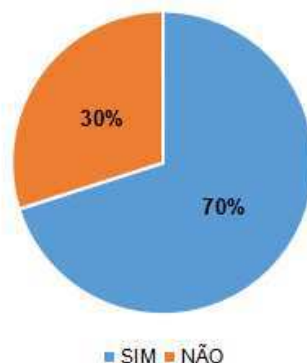


Figura 17 - Afirmação de adoção de medidas anti-desperdício de água no campus
Fonte: Autor (2020)

Segundo mostram os resultados apresentados na Figura 16, 70% dos usuários informam adotar medidas para redução do consumo de água na universidade, e consequentemente do desperdício. Em oposição a estes, 30% dos usuários assumiram não adotar qualquer medida para reduzir o consumo de água. O índice de pessoas que dizem não economizar água é um número ainda alto, dado que a cooperação para preservação do recurso deveria ser composta por todos os usuários.

5.3.2 Percepção do desperdício nos banheiros do campus

Você acha que há desperdício de água nas descargas dos vasos sanitários e nas pias da Universidade?

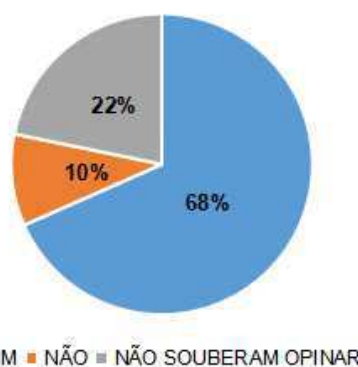


Figura 18 - Percepção do desperdício nos banheiros do campus
Fonte: Autor (2020)

Quanto à percepção do desperdício, a Figura 17 mostra que 68% dos usuários informaram que consideram haver perda de água nos banheiros da universidade. Outros 10% opinaram dizendo que não há desperdício e houve ainda 22% que não souberam opinar.

5.3.3 Opinião sobre a conscientização para redução do consumo de água no campus

Em sua opinião, a conscientização para redução do consumo de água no campus é efetiva?



Figura 19 - Opinião sobre a conscientização para redução do consumo de água no campus
Fonte: Autor (2020)

Quanto à opinião a respeito da conscientização para economia de água no campus (Figura 18), a maior parte dos indivíduos relatou ser ineficaz ou insuficiente, em um total de 85%. Apenas 15% das respostas mostram satisfação com as tentativas de conscientização realizadas pela instituição.

É fato que a conscientização tem potencial para reduzir o consumo, mas a partir do momento em que a comunidade a enxerga como deficitária é importante que haja uma revisão neste processo, a fim de entender os motivos que têm contribuído para que o objetivo de conscientizar os usuários não seja alcançado.

5.3.4 Tempo real *versus* fim do consumo

Para saber quanto você consome de água, prefere ser informado do valor em tempo real ou apenas ao final do consumo?

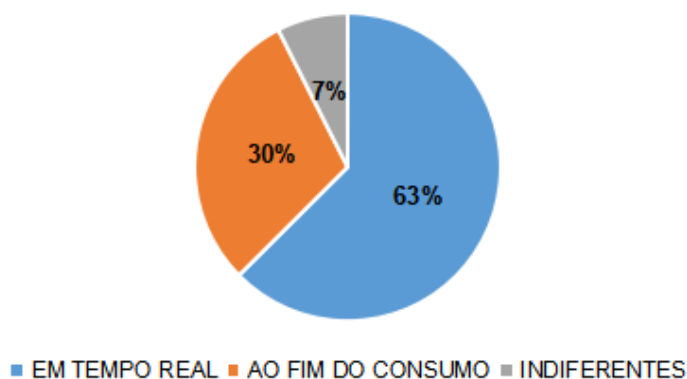


Figura 20 - Tempo real versus fim de consumo
Fonte: Autor (2020)

Já na seção relativa à reação dos usuários a um sistema de classificação, a primeira pergunta (Figura 19) buscou saber dos usuários se eles preferiam saber do valor de seu consumo em tempo real ou apenas ao final do mesmo. 63% optaram por saber em tempo real, enquanto 30% optaram por saber apenas ao final. Outros 7% se mostraram indiferentes a uma classificação.

A taxa maior dedicada à informação em tempo real indica que o sistema seria bem recebido pelos usuários, visto que ele possui essa característica. Ainda assim, ambos os grupos que se posicionaram podem ser atendidos pelo sistema.

A partir disso, conclui-se também que economizar água seria uma ação mais simples para os usuários caso existisse uma referência que os auxiliasse a avaliar de modo próprio os rumos do consumo por eles empreendido. Recebendo a informação em tempo real, o usuário pode modificar o padrão antes que o valor ultrapasse o limite estabelecido, algo que não seria possível fazer caso a informação fosse entregue apenas ao final do consumo.

5.3.5 Opinião sobre a avaliação do consumo



Figura 21 - Opinião sobre a avaliação do consumo
Fonte: Autor (2020)

A Figura 20 trata da receptividade por parte dos usuários a uma avaliação ao final do consumo. Destes, 94% afirmaram que seria interessante recebê-la. Apenas 1% se mostrou contrário e outros 5% não adotaram posição. Essa informação também dá aporte para um sistema que avalie e classifique a quantidade de água utilizada, visto que a maioria dos indivíduos se mostrou favorável a isso.

Saber que a comunidade se interessa por avaliação do consumo pode justificar o planejamento para a posterior instalação do sistema na universidade. É importante que um sistema que interage com o público encontre receptividade por parte do mesmo.

5.3.6 Reação dos usuários a uma avaliação do consumo

Para que a percepção fosse mais bem construída, foi necessário também buscar entender como os usuários se comportariam a partir da classificação que recebessem.

Caso recebesse uma avaliação boa, você se sentiria incentivado a continuar com este padrão de consumo?

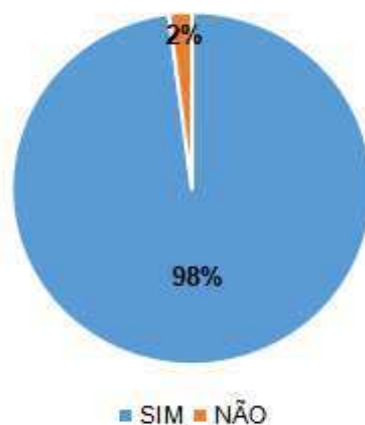


Figura 22 - Reação dos usuários a uma avaliação boa
Fonte: Autor (2020)

Caso recebesse uma avaliação ruim, você se sentiria incentivado a modificar este padrão de consumo?

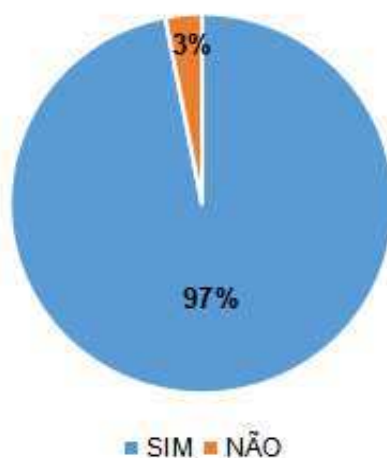


Figura 23 - Reação dos usuários a uma avaliação ruim
Fonte: Autor (2020)

As Figuras 21 e 22 apresentam o comportamento em face de uma potencial avaliação. Sendo boa, 98% manteriam o padrão de consumo. Sendo 97% dos usuários afirmaram que modificariam o padrão de consumo. Isso mostra que a avaliação possui, além do potencial incentivador, potencial conscientizador, corroborando com a tese de que a classificação serve para reeducar os consumidores diante da situação em que estes se vejam praticando atitudes que prejudiquem o meio ambiente.

5.3.7 Opinião acerca do corte de fornecimento de água em casos de consumo elevado

Em sua opinião, cortar o fornecimento de água quando o consumo for alto em alguma atividade é uma medida efetiva?

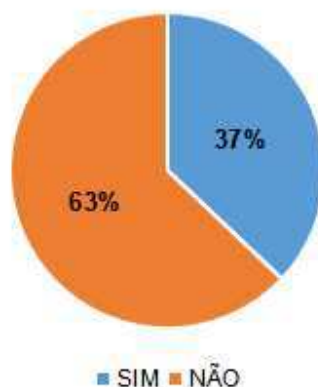


Figura 24 - Opinião acerca do corte de fornecimento de água em casos de consumo elevado
Fonte: Autor (2020)

Outro fator que se procurou analisar foi a implementação de uma ferramenta que, em caso de consumo elevado para os padrões da atividade empreendida, pausasse o fornecimento de água para aquele usuário. A reação dos consumidores foi de rejeição a ela, visto que 63% opinaram que tal medida não seria eficaz para reduzir o consumo de água. Isso significa que os usuários não desejam ter o controle do consumo retirado de suas mãos.

Saber disso também mostra que a solução para o desperdício de água não pode passar por impedir que os consumidores tenham acesso a ela, mas sim proporcionar ferramentas para que os usuários entendam o que estão fazendo de errado e possam ter a atitude de mudar o padrão de consumo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de novas tecnologias para gerenciamento de recursos naturais tem grande potencial para fazer com que a relação homem-ambiente seja mais bem estabelecida. À medida que o ser humano toma conhecimento das consequências de suas atitudes, ele pode adquirir um senso mais apurado de preservação e consciência ambiental.

A democratização de tal desenvolvimento também é uma característica a se considerar, pois quanto mais mentes se dedicam a buscar soluções, maior é a chance de que problemas sejam resolvidos.

A torneira falante cumpre esse papel por fornecer aos usuários a informação que eles necessitam para que modifiquem seus padrões de consumo e por ser um sistema aberto e de fácil implantação. Embora os preços dos componentes tenham aumentado por causa da pandemia, em condições normais é possível construir o sistema com menos recursos. Sistemas que fornecem informação dão ao usuário base para a tomada de decisões, e se eles podem ser desenvolvidos por qualquer indivíduo, seu potencial de uso é aumentado.

O sistema cumpre o seu propósito a partir do momento em que educa o consumidor a partir de uma ação efetivamente realizada, e não apenas a partir de dados distantes do conhecimento do mesmo. Avaliando o consumo, a Torneira Falante educa através da fala, e transmite a necessidade de melhoria ou a possibilidade de continuidade no padrão de consumo. É possível que, adotando novas tecnologias como essa, a conscientização para economia de água no campus seja mais eficiente e alcance mais usuários.

Embora as condições adversas que são enfrentadas no momento tenham impedido a aplicação do sistema como se havia planejado, ele foi desenvolvido e já está em condições de uso. E, de acordo com os resultados obtidos com a pesquisa, pode-se afirmar que sua implantação seria bem recebida pela comunidade acadêmica e seria útil para a conscientização de todos os usuários.

Ainda é possível concluir que a comunidade acadêmica da UFCG tem, em sua maioria, procurado melhorar sua relação com o consumo de água no campus. Esse contexto de educação para redução favorece a implementação de um sistema que não apenas informa o valor consumido como também o classifica. E, além disso, ainda

transmite uma avaliação ao usuário de modo que este passe a refletir sobre seu padrão de consumo.

Outro ponto plausível do sistema é a acessibilidade. Ele é dotado de potencial para alcançar também portadores de deficiência visual ou auditiva, visto que para estes há o sinal visual dos LEDs e para aqueles há o sinal auditivo emitido pelo alto-falante. Assim, o sistema passa a ser inclusivo e ainda mais democrático para que o indivíduo tenha acesso à informação.

Recomenda-se, portanto, que haja prosseguimento com a instalação do sistema nos banheiros da universidade para que este trabalho cumpra efetivamente o seu papel. Já é sabido que existiria receptividade para o mesmo, então aplica-lo do modo como se planejou inicialmente pode trazer, em longo prazo, retorno tanto para o orçamento da instituição como para a consciência dos usuários, bem como, claramente, preservação do recurso de que se dispõe.

Recomenda-se também que seja contínuo o incentivo por parte da instituição ao surgimento de novas tecnologias destinadas a auxiliarem gestores e consumidores a colaborarem na preservação da água, e também que haja suporte para o desenvolvimento e aplicação efetivos destas, de tal modo que a pesquisa desempenhe um papel prático duradouro e notório diante da comunidade.

É importante que em uma instituição que preza pela economia de água e já tem adotado iniciativas para alcançar esse objetivo, novas ideias com potencial conscientizador e com efetiva condição de melhorar o cenário do consumo encontrem um ambiente favorável ao desenvolvimento e à aplicação, como a Torneira Falante encontrou.

Desta forma, conclui-se que os objetivos buscados quando da elaboração desse sistema foram atingidos e o trabalho foi bem sucedido.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual** / Agência Nacional de Águas. Brasília:, 2018. Disponível em: [<http://arquivos.ana.gov.br/portal/publicacao/Conjuntura2018.pdf>]. Acesso em 11/12/2020.

BARROS et al.: **Mecanismos poupadores de água como suporte ao planejamento urbano**. RBRH, vol. 21 n.1 Porto Alegre jan/mar 2016. p. 251-262.

BRANDÃO, Igor Antônio de Paiva. **Sistema inteligente para automação do consumo de água do campus da UFCG de Campina Grande**. TCC (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande. 2019.

BOTASSO, Aline Marcon; LOUREIRO, Eduardo Meyer M; DIAS, Pâmela Castilho. **Gestão da água na área I do Campus São Carlos – USP: Relatório Final**. São Carlos, 2014.

CÂMARA, Henrique Fernandes. **A "Tragédia da Hemodiálise" 12 anos depois: poderia ter sido evitada?** [tese]. Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães. Recife, 2009.

CAMPOS, N. STUDART, T. **Gestão de águas: princípios e práticas**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

CARVALHO, Alessandra L. **Impressão em frente e verso: Redução no consumo de papel na UNIMEP**. 9ª Mostra Acadêmica UNIMEP. Piracicaba, 2011.

CURI, Maria Aparecida. et al. **Eficiência das Universidades Federais quanto ao uso dos Recursos Renováveis**. In: Congresso Brasileiro de Custos, 21. 2014. Natal. p.1.

DFID. **Smart Water Systems: Final Technical Report to UK Department for International Development**. 2011. Disponível em: [https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08ab9e5274a31e000073c/SmartWaterSystems_FinalReport-Main_Reduced__April2011.pdf]. Acesso em 11/12/2020.

GOMES, Heber Pimentel. **Abastecimento de água**. 1. Ed. João Pessoa: LENHS/UFPB, 2019.

GEETHA, S; GOUTHAMI, S. **Internet of things enabled real-time water quality monitoring system**. Índia, 2017.

MARENGO et al.. **A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo**. Revista USP, São Paulo, n.106, p.31-44, julho/agosto/setembro 2015.

MELO et al.. **Consumo de água e percepção dos usuários sobre o uso racional de água em escolas estaduais do triângulo mineiro**. Revista Ciência e Engenharia, Uberlândia, v.23, n.2, p.01-09, julho-dezembro 2014.

MERCADO LIVRE. **Chuveiro Ducha Digital Inteligente My Shower C/ Controle Rem**. Disponível em: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-684265855-chuveiro-ducha-digital-inteligente-my-shower-c-controle-rem-_JM]. Acesso em 11/12/2020.

MMA [<https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/aguas-urbanas/mananciais.html>] Acesso em 06/09/2019.

MDR (2011). **Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCD**. [<http://www.integracao.gov.br/saneamento/acoes-complementares/97-secretaria-nacional-de-saneamento/programas-e-acoes/1526-pcdna>] Acesso em 26/11/2019.

Michigan State University. **Eww! Only 5 percent wash hands correctly**. 2013. Disponível em: [encurtador.com.br/txFOV]. Acesso em 10/12/2020

OLIVEIRA, Frederico Moyle Baeta de; AMBROZEVICIUS, Andréa Pimenta. **Açude Epitácio Pessoa - Boqueirão (PB): Situação hídrica e perspectivas com a chegada da água da transposição do Rio São Francisco**. XXII SBRH. Florianópolis, 2017.

PU-UFCG. **Projeto de redução do consumo d'água da UFCG recebe prêmio de boas práticas**. 2019. Disponível em: [<http://www.prefeitura.ufcg.edu.br/programas/115-pu-realiza-1-reuniao-com-os-sub-prefeitos-da-ufcg-3>]. Acesso em 07/12/2020.

PU-UFCG. **UFCG economiza R\$ 1 milhão! na conta de água em 3 anos**. 2019. Disponível em: [<http://www.prefeitura.ufcg.edu.br/images/agua/PU-Dados---Consumo-de-gua-2018-1milho2.pdf>]. Acesso em 10/12/2020.

ROSA, Marlison Noronha. **Estratégias para redução do consumo de energia elétrica na escola municipal Maria da Terra em Goiânia**. Goiânia, 2017.

SABESP. **Equipamentos economizadores**. 1996. Disponível em: [<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=145>]. Acesso em 10/12/2020

SANTOS, Luiz Carlos A. **Gestão da água em edificações públicas: a experiência no prédio da Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. – EMBASA**. Salvador, 2010.

SANTOS, Maraiza Prescila dos; OLIVEIRA, José Kleber da Costa de. **Automação de baixo custo para reservatórios de água**. Divulgação científica e tecnológica do IFPB. n.25. João Pessoa, 2014.

SECA NO NORDESTE. Disponível em:
[https://www.suapesquisa.com/geografia/seca_nordeste.htm]. Acesso em
12/08/2019.

TIEFENBACK et al.: **Overcoming Salience Bias: How Real-Time Feedback Fosters Resource Conservation.** Management Science, 2018, vol. 64, no. 3, pp. 1458–1476.

Trata Brasil & GO Associados. **Perdas de água 2019 (SNIS 2017): desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico.** São Paulo, 2019.

WWC. **Ministerial Declaration of The Hague on Water Security in the 21st Century.** Hague, 2000.

APÊNDICE

APÊNDICE A - Questionário Aplicado

Pesquisa para TCC

Este formulário foi elaborado pelo aluno Genilson Felinto, do curso de Engenharia Civil da UFCG – Campus Campina Grande, sob a orientação da Prof. Dayse Luna Barbosa, para subsidiar o desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). O público-alvo para responder esse formulário é composto por todos aqueles que fazem parte dos campi da UFCG, alunos, professores e servidores. O tema do TCC é o uso de sistemas inteligentes para consumo de água em instituições públicas, como as universidades. Um dos objetivos da pesquisa é analisar a receptividade do sistema pelos usuários na área de estudo.

O formulário é simples e de fácil compreensão. Respondendo a ele, você estará nos ajudando a aprimorar a aplicação do sistema.

***Obrigatório**

1. Qual a sua função na UFCG? *

Marcar apenas uma oval.

- Aluno
 Professor
 Funcionário

2. Você se define como alguém que possui consciência ambiental? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

3. Quais atividades você considera como grande consumo de água? *

Marque todas que se aplicam.

- Tomar banho
 Escovar os dentes
 Lavar louças
 Cozinhar
 Limpar a casa
 Lavar o carro
 Dar banho em animais de estimação

4. Você adota medidas para reduzir o consumo de água na universidade? *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

5. Você acha que há desperdício de água nas descargas dos vasos sanitários e nas pias da Universidade? *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

Não sei opinar

6. Em sua opinião, a conscientização para redução do consumo de água no campus é efetiva? *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

Em alguns setores

Avaliação
do
sistema

O acesso à informação é importante para que os usuários adotem um consumo mais consciente de água. As próximas perguntas serão relacionadas a isso.

7. Para saber quanto você consome de água, prefere ser informado do valor em tempo real ou apenas ao final do consumo? *

Marcar apenas uma oval.

Em tempo real

Ao fim do consumo

Não vejo diferença

8. Como você reagiria a uma avaliação do seu consumo ao final do mesmo? *

Marcar apenas uma oval.

- Seria interessante
- Não gostaria
- Indiferente

9. Caso recebesse uma avaliação boa, você se sentiria incentivado a continuar com este padrão de consumo? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

10. Caso recebesse uma avaliação ruim, você se sentiria incentivado a modificar este padrão de consumo? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

11. Em sua opinião, cortar o fornecimento de água quando o consumo for alto em alguma atividade é uma medida efetiva? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não