



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>



Estimativa dos usos finais de água do Instituto Federal de Sergipe através de sensores de fluxo e da plataforma Arduino – Campus Lagarto

Kayc Araújo Araújo Trindade¹, Inajá Francisco de Sousa², Camilo Rafael Pereira Brandão³, José Sérgio Filgueira Costa⁴

¹Mestre em Recursos Hídricos - Universidade Federal de Sergipe, <http://orcid.org/0000-0002-4957-4465>, e-mail: kayc.trindade@hotmail.com (Correspondente). ² Universidade Federal de Sergipe – UFS, <http://orcid.org/0000-0001-6732-0963> e-mail: inajafrancisco@hotmail.com ³ Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, <http://orcid.org/0000-0003-3718-6956> e-mail: rafa-elbrandao@hotmail.com ⁴ Instituto Federal de Sergipe – IFS, em+-mail: sergio.costa@ifs.edu.br <http://orcid.org/0000-0002-5928-5560>

Artigo recebido em 02/04/2023 e aceito em 26/09/2023

RESUMO

Ações sustentáveis são práticas que visam proteger o meio ambiente e garantir a preservação dos recursos naturais para as gerações futuras. Para tanto, é importante implementar ações sustentáveis que promovam a eficiência no uso da água. Além disso, é necessário conhecer os usos finais de uma edificação, possibilitando identificar oportunidades em potencial para economizar água. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo estimar os usos finais de água do Instituto Federal de Sergipe, Campus Lagarto, através da instalação de sensores de fluxos de vazão acoplados à plataforma Arduino. Os sensores foram instalados em aparelhos sanitários estratégicos, conectados a uma placa do Arduino Uno configurada. Seu monitoramento foi realizado através de um quadro de comando. Após aferições, estimou-se que os vasos sanitários são responsáveis por 34,60% da água consumida, seguidos dos lavatórios, com consumo de 13,7% da água, das torneiras de jardim, com 9,57%, dos chuveiros com 7,39%, mictórios com 0,95%, além de um total de 33,79% dos bebedouros, lavatórios dos laboratórios e prováveis vazamentos. Por fim, concluiu-se que 45,12% da água consumida na escola é utilizada em atividades não potáveis, sendo viável a substituição pela água pluvial em tais casos.

Palavras-chave: Usos finais de água. Sensores de fluxo. Arduino. Economia de água potável. Coleta de água pluvial.

Estimation of the final uses of water at the Instituto Federal de Sergipe through flow sensors and the Arduino platform – Campus Lagarto

ABSTRACT

Sustainable actions are practices that aim to protect the environment and ensure the preservation of natural resources for future generations. In this way, it is important to implement sustainable actions that promote efficiency in the use of water, in addition to knowing the end uses of a building, it is possible to identify opportunities for potential water savings. Therefore, this work aimed to estimate the final uses of water at the Federal Institute of Sergipe, Campus Lagarto, through the installation of flow rate sensors coupled to the Arduino platform. The sensors were installed in strategic sanitary appliances, connected to a configured Arduino Uno board and their monitoring was carried out through a control panel. After measurements, it was estimated that toilets are responsible for 34.60% of the water consumed, as well as 13.7% of washbasins, 9.57% of garden taps, 7.39% of showers, 0.95% urinals and 33.79% of drinking fountains, laboratory sinks and probable leaks. Finally, it was concluded that 45.12% of the water consumed in the school is in non-potable activities, being possible to replace it with rainwater.

Keywords: Final uses of water. Flow sensors. Arduino. Potable water savings. Rainwater collection.

Introdução

A água, como fonte vital, é um tema discutido por diversos segmentos, com atenção voltada, entre outros, para sua disponibilidade, atual e futura, e

para as diferentes concepções de uso. De certo modo, é sabido que o panorama hídrico no planeta é preocupante, principalmente devido à alta demanda e à degradação pelas ações antrópicas.

Por isso, ações sustentáveis baseadas na conservação e reuso são imprescindíveis para suprir as necessidades atuais e garantir as futuras (Burek *et al.*, 2016; UNESCO, 2018).

Além da disponibilidade, o clima, a cultura, os costumes da região, grau de desenvolvimento do país, políticas econômicas e sociais, informação e conscientização da população, classe social e renda familiar, forma e preço das tarifas influenciam no consumo de água das populações. (Ribeiro, 2015; Hafner, 2007).

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), em 2016, os norte-americanos, por exemplo, consumiram 1.367 m³/ano per capita, enquanto Angola consumiu 23,67 m³/ano per capita. Os países mais desenvolvidos têm níveis maiores de consumo nas três principais atividades que envolvem uso de água – agricultura, indústria e abastecimento doméstico –, principalmente em países que cultuam o capitalismo.

Quando se trata de ações de sustentáveis, o Objetivo 06 das Nações Unidas é garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos. Entre as metas específicas para atingi-lo está a reciclagem e reutilização segura da água. Nesse contexto, identificar o perfil de consumo do público-alvo da reciclagem de água é de extrema valia, garantindo melhor gestão da demanda e viabilidade do sistema (Barreto, 2008).

Especificamente para o aproveitamento de água pluvial para atividades com fins não potáveis, a identificação do perfil de consumo local indica o potencial de economia de água, através da substituição da água potável e tratada pela água da chuva, de qualidade geralmente menor, para atividades menos nobre.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo estimar os usos finais de água do Instituto Federal de Sergipe, Campus Lagarto, através da instalação de sensores de fluxos de vazão nas tubulações dos aparelhos hidráulicos, acoplados à plataforma Arduino, permitindo caracterizar os usos finais de água do prédio e mensurar o potencial de economia de água potável para possível implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial.

Referencial teórico

Tomaz (2011) notou dificuldade de se fazer a previsão de consumo de água, devido ao grande volume de informações necessárias e nem sempre

disponíveis. De modo geral, esse levantamento costuma ser feito a partir da observação, identificação das características dos equipamentos e aplicação de questionário objetivando informações acerca da frequência e tempo de uso de cada dispositivo. (Kammers; GhisI, 2005; Fasola *et al.*, 2011; Teston *et al.*, 2018).

Ribeiro (2015) avaliou os usos finais de água em 48 edificações a partir de entrevistas acerca da frequência de uso dos equipamentos hidráulicos e da realização de estimativa de vazão destes. Fasola *et al.* (2011) realizou levantamento semelhante em duas escolas em Florianópolis, SC, e observou resultados muito distintos entre elas. De fato, o perfil de uso final varia entre as edificações, e isso deve-se às inúmeras variáveis possíveis, como os tipos de equipamentos no local, a faixa etária dos usuários, o nível de conscientização, a disponibilidade de água, etc. Cardoso, Blanco e Duarte (2020) também aplicaram metodologia semelhante para um prédio da Universidade Federal do Pará.

Já Kim *et al.* (2021), para definir os usos finais em uma arena de entretenimento na cidade de Bristol, Inglaterra, utilizou em sua metodologia a vazão dos aparelhos e um percentual de uso com base no número de usuários.

A falta de pesquisas em grande escala a respeito das estimativas de usos finais de água para cada tipo de edificação e suas respectivas particularidades potencializa a necessidade de realizar estudos *in loco* para obter o consumo local. Porém, quando esse levantamento é realizado em forma de aplicação de questionários, existe alta possibilidade de erro, pois depende das informações dadas pelos usuários, que se entende ser de baixa precisão.

Atualmente, diversos trabalhos com inúmeras finalidades realizam levantamento de consumo de água através da instalação de sensores nas tubulações. Esse método permite obter um recorte mais preciso sobre a situação local. Zang, Kumar e Werner (2021) utilizaram hidrômetros para otimizar o uso na irrigação. Já Coriolano (2019) utilizou os sensores conectados à plataforma Arduino em um sistema de bombeamento utilizado no processo de secagem da farinha de mandioca por sistema híbrido de energia solar/gás.

Material e métodos

A seguir, será apresentado o método adotado nesta pesquisa, detalhando a área e o objeto de

estudo, bem como o modo como foram feitas a coleta e a análise dos dados.

Área de Estudo

O presente trabalho foi desenvolvido no município de Lagarto, localizado na região centro-sul do estado de Sergipe, distante a 75 quilômetros da capital Aracaju, coordenadas geográficas 10° 55' 02'' S, 37° 39' 00 W, e altitude de 183 m acima do nível do mar. Sua zona climática é caracterizada como mesorregião agreste sergipano e microrregião agreste de Lagarto (SERGIPE, 2016; IBGE, 2018).

A população atual do município de Lagarto é estimada em 105.221 habitantes, sendo a terceira maior do estado. Sua zona rural destaca-se por ser bastante populosa; cerca de 48,5% da população vive distribuída entre os 119 povoados. A área urbana é dividida em 13 bairros e 5 zonas de expansão. Seu território perfaz uma área de 968,92 km² e a densidade demográfica é de 97,84 hab./km² (IBGE, 2020).

Localizado no Território de Planejamento Centro-Sul Sergipano, Lagarto faz divisa com os municípios de Riachão do Dantas, Simão Dias, São Domingos, Campo do Brito, Itaporanga D'Ajuda, Macambira, Salgado e Boquim (Emdagro, 2018).

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) para o ano de 2010 é de 0,625, conforme dados do Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil, considerado como médio (BRASIL, 2013). Segundo o IBGE (2018), o PIB per capita do município lagartense é de R\$ 14.239,60, sendo o 18º maior PIB do estado. As principais atividades geradoras são agropecuárias, indústria e serviços. O salário médio da população equivale a 1,8 salários mínimos; 14,1% têm alguma

ocupação e 46,1% dos domicílios encontram-se na condição de até meio salário per capita (IBGE, 2018).

Na área da educação, a cidade apresenta índice de 98% de escolarização para faixa etária de 6 a 14 anos, contando com 80 escolas de ensino fundamental e 8 de ensino médio. Para os anos escolares iniciais, a nota do IDEB em 2019 foi de 4,9. Já para os anos finais, o índice é de 4,1 (IBGE, 2018).

Segundo dados do SNIS 2019, 94,52% da população é atendida pelo abastecimento de água potável, mas apenas 8,87% do esgoto é coletado e tratado. O município está incluso nas áreas das bacias hidrográficas do rio Piauí e do rio Vaza Barris.

Sua precipitação anual corresponde a aproximadamente 1059 mm, de acordo com dados disponibilizados pela Superintendência Especial de Recursos Hídricos e Meio Ambiente de Sergipe (SERHMA-SE). O regime de precipitação é caracterizado por período chuvoso (abril a agosto) bem definido. Segundo Fontes e Santos (1999), o clima na região é Megatérmico Subúmido C1A, 'a', com estação seca bem definida e temperatura média de 24,4°C.

O bioma característico local é a caatinga e a mata atlântica, com relevo de superfície semiplanada com serras residuais e tabuleiros costeiros (Emdagro, 2018). Caracterizado por ter grandes povoados, Lagarto (Figura 1) destaca-se na produção de laranja, maracujá e mamão na lavoura permanente, e mandioca, milho e feijão na lavoura temporária. É possuidor de um dos maiores rebanhos bovinos do Estado. Além disso, destaca-se na criação de equinos, ovinos, galináceos. (Lagarto, 2021).

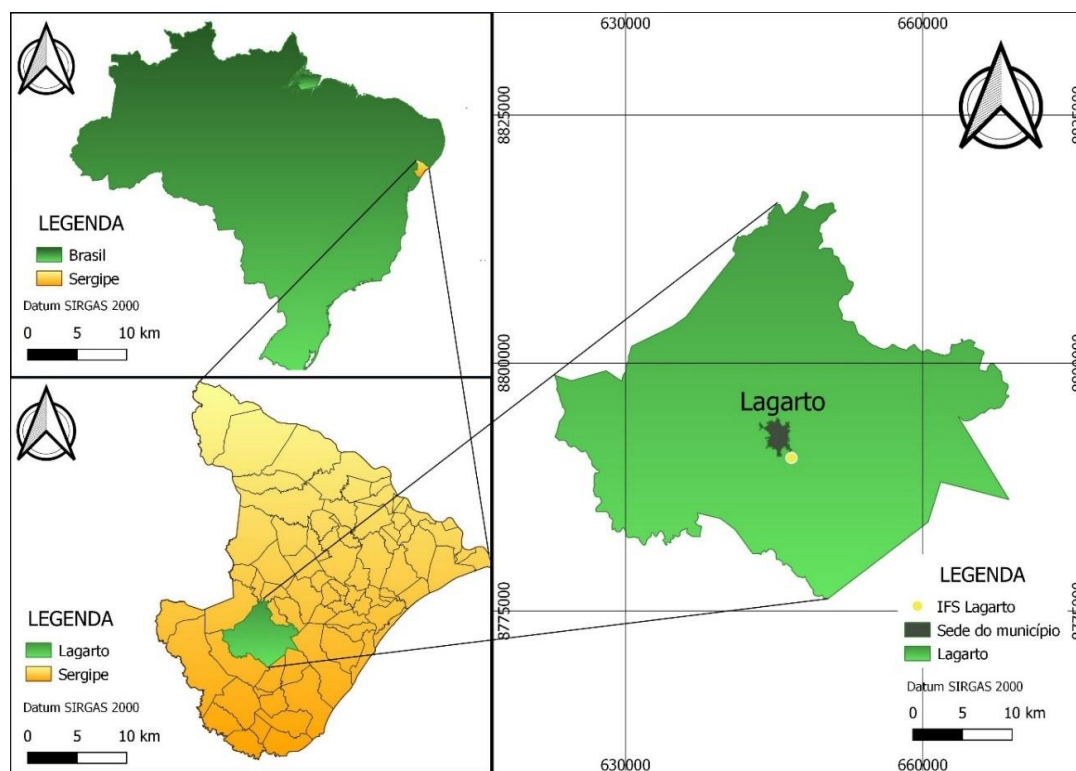


Figura 1 – Localização da área de estudo
Fonte: Autoria própria (2020).

Objeto de Estudo

O Instituto Federal de Sergipe, Campus Lagarto, (10°56'18.2" S, 37°39'24.9" W) é um dos principais centros educacionais da região centro-sul do estado e faz parte da estrutura administrativa do Instituto Federal de Sergipe, compondo a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica do Governo Federal. Está localizado a 3 quilômetros do centro comercial de Lagarto, próximo ao distrito industrial do município, da barragem Dionísio Machado e do quartel do Corpo de Bombeiros Militar de Sergipe (CBMSE).

O Instituto iniciou suas atividades em Lagarto no ano de 1995, quando ainda era chamado de Unidade Descentralizada de Ensino de Lagarto (UNED) e ofertava os cursos técnicos de Construção Civil, Eletromecânica e Informática. Em 2004, foi incorporado aos Centros Federais de Educação Tecnológica (CEFET) e em 2008, após a publicação da Lei nº 11.892/2008, que criou os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, a unidade se tornou o Campus Lagarto do IFS, ampliando sua oferta a cursos superiores (IFS, 2022).

Atualmente, são ofertados no Campus Lagarto 4 cursos de nível médio integrado, nos

quais os alunos cursam o ensino médio paralelamente ao ensino técnico, sendo eles: Automação Industrial, Edificações, Eletromecânica e Redes de computadores. O ensino técnico também é ofertado na modalidade subsequente (após a conclusão do ensino médio), nos cursos de Edificações e Eletromecânica. No nível superior, são ofertados os cursos de Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Elétrica, Sistemas de Informação e Licenciatura em Física. Para o período 2020.1, estavam matriculados ao todo 1.428 alunos. Para cuidar dessa estrutura são lotados no campus 56 técnicos administrativos, 26 funcionários terceirizados e 102 professores.

O IFS Lagarto (Figura 2) é composto por quatro blocos principais, onde funcionam o setor administrativo, as salas de aula e laboratórios, um auditório, a Coordenação de Edificações; a Coordenação de Informática; refeitório; ginásio de esportes; espaço do servidor; vestiário. Possui área construída de aproximadamente 6.650 m² e consumo mensal de água médio, nos últimos dois anos, de 285,4 m³. O abastecimento de água da área de estudo é realizado pela concessionária local, por um sistema de abastecimento indireto por meio de reservatórios.



Figura 2 – Foto aérea do Instituto Federal de Sergipe, Campus Lagarto
Fonte: Instituto Federal de Sergipe (2022).

Coleta de Dados

Foram coletados os seguintes dados para subsidiar a estimativa dos usos finais: (1) volume de água individual de cada aparelho hidráulico; (2) consumo total do prédio via hidrômetro e (3) consumo total do prédio via dados da concessionária local. Para isso, foi necessário realizar a instalação dos sensores de fluxo ligados à plataforma Arduino.

Para instalação dos sensores foi eleito o banheiro localizado no Bloco 01, pavimento térreo, como amostragem para o monitoramento do consumo. A escolha se deu pela fácil acessibilidade ao local. Além disso, levantou-se o número de aparelhos hidráulicos em todo prédio, onde foram encontrados 26 chuveiros, 14 mictórios, 43 lavatórios, 24 vasos sanitários e 11 torneiras de jardim.

Posteriormente à escolha do banheiro, foi definido o esquema de ligação para o ambiente, que foi dividido em duas partes: montagem física (hardware) e montagem digital (software).

A instalação física partiu da inserção dos sensores de fluxo entre a saída dos respectivos

pontos de água embutidos na parede e o próprio aparelho hidráulico. Os sensores de fluxo de água instalados possuem as seguintes características: Modelo YF-S201b; Diâmetro 1/2"; Faixa de fluxo 1-30 L/min; Precisão +/- 10%.

Através de conexão via cabo, os sensores foram conectados à placa Arduino UNO R3, plataforma física de computação de código aberto baseado numa simples placa microcontroladora e um ambiente de desenvolvimento para escrever o código para a placa, com 14 portas digitais, 06 portas analógicas, tensão de operação 5V, velocidade de 16MHz.

A placa Arduino foi acoplada a uma Protoboard 400 pontos ou placa de ensaio, montando um minicircuito elétrico para transmissão ao Arduino dos pulsos e das informações geradas pelos sensores, sendo lidos, interpretados e exibidos em tempo real por um display LCD 20x4 com backlight azul, capacidade para 4 linhas e 20 colunas, com dimensões 98x60x14 mm. O circuito foi alimentado por uma fonte bivolt de 9V.

Para o abrigo do Arduino, do protoboard e do display instalou-se um quadro de comando plástico com as dimensões 200x140x100 mm, da marca SIBRATEC, no qual foi feito rasgo na parte frontal para colocação do display, e rasgos laterais para saída da fiação da fonte bivolt e de um cabo USB, este último conectado a computadores, para fazer a transmissão do código (gerado no software). Os elementos citados estão expostos na Figura 3.

Foram instalados 5 sensores, sendo: um no vaso sanitário, um no chuveiro, dois nos lavatórios (um em cada) e outro em um dos três mictórios existentes. A não instalação em dois mictórios se justificou pela limitação do display disponível para exibição. Por isso, os mictórios sem sensor foram

isolados e colocou-se um aviso neles para induzir o uso do aparelho com o sensor.

Após a instalação nos banheiros, foi selecionada uma torneira de jardim, localizada no setor utilizado pelos profissionais responsáveis pela limpeza do prédio, para realizar o monitoramento de consumo. As torneiras de jardim do local são utilizadas para limpeza de piso e rega da grama, sendo um aparelho de consumo relevante e com potencial de economia.

A programação da placa foi desenvolvida no IDE (*Integrated Development Environment*) do software do Arduino. Esse Ambiente de Desenvolvimento Integrado, exibido na Figura 4, permite a elaboração do código em linguagem de programação do tipo C++ (compatível com a placa Arduino).

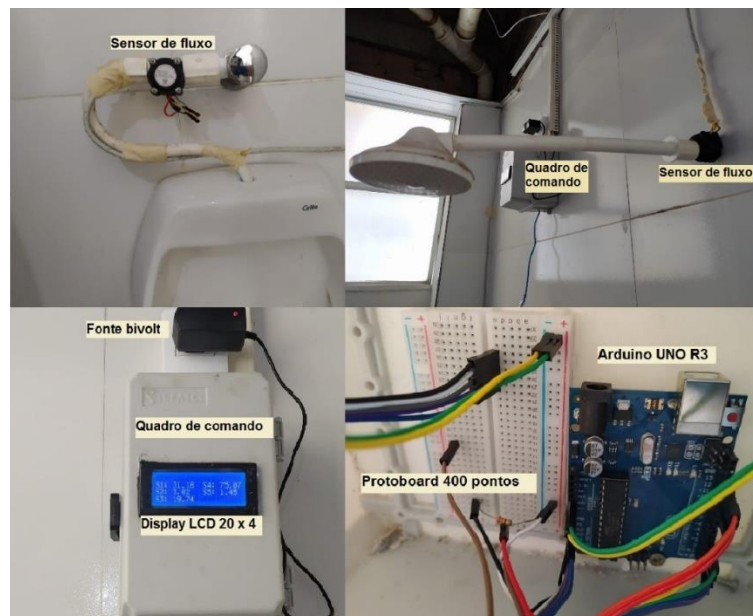


Figura 3 – Equipamentos utilizados para aferir o consumo
Fonte: Autores (2021).



Figura 4 – Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) do software da placa Arduino

Fonte: Autores (2021).

A elaboração do código teve como objetivo permitir ao sistema da placa detectar, interpretar, realizar leitura do consumo e exibir o volume de água transitado nos sensores. Já conectados via cabo USB (computador e placa), realizou-se a verificação e a execução do código no IDE dando início ao funcionamento do sistema.

Vale ressaltar que os sensores possuem sensibilidade com margem de precisão +/-10% e que o código elaborado previa a determinação de um Fator de Calibração previamente ao funcionamento do sistema, para atingir a precisão determinada pelo fabricante. Diante disso, aferiu-se a precisão de cada sensor.

Após a comparação entre as leituras de volume de água aferido pelos sensores e o volume real indicado nos aparelhos hidráulicos, verificou-se alta discrepância, tornando necessária a calibração dos sensores.

Os sensores foram identificados com a letra “S” seguido de um numeral. Assim, segue a identificação e o aparelho correspondente: S1 = Chuveiro; S2 = Mictório; S3 = Lavatório 01; S4 = Vaso Sanitário; S5 = Lavatório 02.

Inicialmente, realizou-se a leitura real do volume dos cinco aparelhos conectados aos sensores. Para isso, foi utilizado um recipiente

metálico para coletar a água escoada, em seguida esta foi conduzida uma proveta graduada, onde aferiu-se o volume real. Para os lavatórios (que são de acionamento de pressão), mictório e vaso sanitário, o volume provocado para o teste foi referente a um acionamento, já para os chuveiros, a leitura foi feita para diversos volumes. A cada leitura real, anotou-se também a leitura exibida pelo display.

O código desenvolvido prevê a utilização de um fator de calibração, principalmente pelo sensor utilizado ser de baixo custo. Desse modo, para calibrá-lo, o fator de calibração inicial utilizado foi $F_c = 1$. A partir disso, coletou-se o volume real do aparelho e calculou-se o F_c ideal, através da equação (Eq. 1) apresentada abaixo, a mesma utilizada por Coriolano (2019):

$$F_c = \frac{Vol\ arduino}{Vol\ real}$$

Eq. 1

Onde:

Fc: Fator de calibração;

Vol arduino: Volume aferido pelos sensores;

Vol real: Volume medido in loco

Realizou-se o procedimento da busca pelo Fc ideal por meio de três repetições para cada sensor, exceto para o sensor do chuveiro que foi preciso de oito repetições devido à sua alta variação de volumes.

Após determinar os fatores de calibração ideais, realizou-se um teste para averiguar a precisão e compará-la com a determinada pelo fabricante. Estes procedimentos foram utilizados semelhantemente por Coriolano (2019).

Vale ressaltar que o monitoramento da torneira de jardim se deu em período diferente do banheiro, reutilizando os equipamentos. Desse modo, após o teste, o sensor para tal uso não precisou ser calibrado.

O volume de água consumido no banheiro selecionado foi lido diariamente durante um período de 13 dias e, no caso da torneira de jardim, 3 dias. Foram feitas anotações do volume acumulado de cada aparelho e do volume referente ao dia.

Concomitante a isso, foram realizadas leituras do hidrômetro do prédio, para obter o consumo total diário do local. Ademais, obteve-se o histórico de consumo mediante acesso ao portal da concessionária local.

Análise de Dados

Após coletar os dados, foi necessário tabular todas as informações e tratá-las de modo a otimizar

sua análise, conforme o objetivo proposto inicialmente, para então determinar a estimativa do percentual de influência de cada aparelho no consumo de água do local.

Foram elaboradas planilhas para interpretar os dados e relacionar os volumes encontrados com a quantidade total de aparelhos e o volume total do prédio, aplicando a estatística descritiva e o conceito de porcentagem.

Por fim, dessa forma, permitiu-se caracterizar os usos finais de água do prédio em estudo e mensurar o potencial de economia de água potável para possível implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial.

Resultados e discussões

A seguir serão explanados os resultados obtidos a partir da análise dos dados e as discussões em torno deles.

Calibração dos sensores e aferição dos volumes de água

Ao identificar a necessidade de calibração dos sensores, realizou-se o ensaio que determinou os Fc's ideais, individualmente para cada aparelho hidráulico, aplicando a equação Eq. 1 já mencionada. A Tabela 1 apresenta os Fc's adotados, obtidos a partir do volume real médio e do volume médio obtido pelo sensor.

Tabela 1 – Determinação dos Fatores de Calibração dos sensores

Sensor	Aparelho	Vol. Real Médio (mL)	Vol. Sensor Médio (mL)	Fc adotado
S1	Chuveiro	687,5	5.266,3	7,66
S2	Mictório	599,0	4.150,0	6,93
S3	Lavatório 1	354,7	2.533,3	7,14
S4	Sanitário	7.640,0	48.600,0	6,36
S5	Lavatório 2	66,7	550,0	8,25

Fonte: Autores (2021).

Uma vez determinados, os Fc's foram inseridos no código do programa. Em seguida, o código foi carregado no IDE do software e executado, conforme orientação do Arduino (2018). A seguir,

procedeu-se ao teste de verificação da precisão dos sensores, que resultou nos dados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Teste de precisão dos sensores

Sensor	Aparelho	Fc adotado	Vol. Real (mL)	Vol. Sensor (mL)	Diferença Sensor – Real (%)
S1	Chuveiro	7,66	488,0	480,0	-1,64
S2	Mictório	6,93	650,0	630,0	-3,08
S3	Lavatório 1	7,14	355,0	350,0	-1,41
S4	Sanitário	6,36	7.730,0	7.580,0	-1,94
S5	Lavatório 2	8,25	67,0	70,0	+4,47

Fonte: Autores (2021).

A variação entre os valores reais coletados e os valores detectados pelos sensores não ultrapassou a margem de 5%, igualmente aos números obtido por Coriolano (2019), que realizou sua calibração por meio de um béquer de vidro de 4,0 L e cronômetro e obteve erros abaixo de 5%. Considerando que o sensor utilizado prevê precisão de até 10%, os resultados obtidos foram bastante satisfatórios.

Após calibração dos sensores, o sistema foi encarado como válido para funcionamento. A partir daí, iniciou-se o monitoramento do consumo no banheiro. Durante 13 dias, foram realizadas leituras do display instalado no quadro de comando, e os resultados obtidos estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3 – Volume de água aferido pelos sensores

Dia	Vol. diário chuveiro (L.dia⁻¹)	Vol. diário mictório (L.dia⁻¹)	Vol. diário lavatório 01 (L.dia⁻¹)	Vol. diário sanitário (L.dia⁻¹)	Vol. diário lavatório 02 (L.dia⁻¹)	Total diário (L.dia⁻¹)
01	0,48	1,75	3,98	22,67	0,24	29,12
02	0,00	0,00	7,96	25,22	0,00	33,18
03	30,70	0,58	1,73	15,10	1,21	49,32
04	0,00	0,69	6,07	12,08	0,00	18,84
05	1,63	0,33	7,70	29,43	1,44	40,53
06	1,64	1,38	12,46	13,73	0,28	29,49
07	8,59	3,54	8,73	26,87	0,44	48,17
08	0,00	0,64	11,35	0,00	0,00	11,99
09	0,00	1,03	6,22	8,01	0,45	15,71
10	5,71	1,03	7,19	24,29	0,22	38,44
11	0,00	0,62	7,10	22,30	0,04	30,06
12	0,00	0,00	14,26	39,50	0,18	53,94
13	0,00	0,00	7,74	8,00	0,00	15,74
Total Acum. (L)	48,75	11,59	102,49	247,20	4,50	414,53
%	11,76	2,80	24,72	59,63	1,09	100,00

Fonte: Autores (2021).

Os dados acima são referentes a um banheiro do prédio. Adicionalmente, obteve-se o valor de consumo da torneira de jardim selecionada. Durante os 3 dias de coleta, o volume consumido na torneira foi de 94,73 litros.

Todas estas informações foram usadas como amostra para definir o perfil geral de consumo, sendo caracterizadas como valor de consumo unitário de cada aparelho hidráulico analisado. A partir de tais amostras, fez-se a projeção dos resultados para estimar os usos finais do prédio.

É válido ressaltar que o levantamento foi realizado no período pandêmico, no qual a maior parte das aulas estavam ocorrendo de forma remota, o que reduz o consumo total do local.

Estimativa dos usos finais

Trabalhos relevantes na literatura, como os de Kammers e Ghisi (2005), Fasola *et al.* (2011), Silva, Sousa e Carvalho (2015) e Cardoso, Blanco e Duarte (2020), utilizaram como base para definir os usos finais o histórico de consumo mensal (concessionária) e, a partir das respostas de frequência de consumo e da vazão dos aparelhos, obtiveram o percentual de água consumido para cada finalidade. Essa metodologia tem sido utilizada pela grande maioria dos trabalhos científicos.

Porém, para monitoramento feito por sensores, a aplicação desse método pode trazer resultados

incompatíveis com a realidade se o período de monitorização for menor que 30 dias (normalmente período da realização das leituras pela concessionária), pois o comportamento do consumo no recorte da coleta dos dados pode ser diferente em relação ao mês. Devido a essa peculiaridade, nesta pesquisa, decidiu-se utilizar como base a média diária obtida no levantamento de campo, através das leituras do hidrômetro.

Esse fato é tão relevante que foi constatado nos dados da própria pesquisa. A média de consumo nos dias de acompanhamento dos aparelhos do banheiro foi de 1.318,90 L.d⁻¹. Já para o período de inspeção das torneiras a média foi de 3.629,00 L.d⁻¹.

¹. Essa discrepância pode estar relacionada a diversos fatores, como provável diferença na quantidade de pessoas transitando no local, como também as atividades realizadas pelo setor de limpeza da escola. Desse modo, percebe-se que utilizar a média mensal fornecida pela companhia de saneamento leva a dados irreais.

A seguir, a Tabela 4 traz o consumo estimado de cada uso final, o total consumido no prédio e o percentual que cada atividade representa no consumo total. Vale ressaltar que, como as medições foram feitas em períodos diferentes, o valor total usado como referência para as torneiras de jardim é diferente dos demais.

Tabela 1 – Estimativa do uso final de água dos aparelhos hidráulicos do IFS, Campus Lagarto

	Chuveiro	Mictório	Lavatório	Sanitário	Torneira Jardim
Consumo (L)	1267,50	162,26	2349,28	5932,80	1042,03
Consumo Total estimado (L)	17145,7	17145,7	17145,7	17145,7	10887,0
Percentual (%)	7,39	0,95	13,70	34,60	9,57

Fonte: Autores (2021).

Nota-se que o aparelho hidráulico com maior consumo aferido foi o vaso sanitário, com quase 35% do consumo total, seguido pelo lavatório, com quase 14%, torneiras de jardim, com pouco mais de

9,5%, chuveiro 7,39% e mictório 0,95%. Os dados supracitados estão expressos na Figura 5, que exibe também os resultados referentes ao percentual de consumo de água potável e não potável.

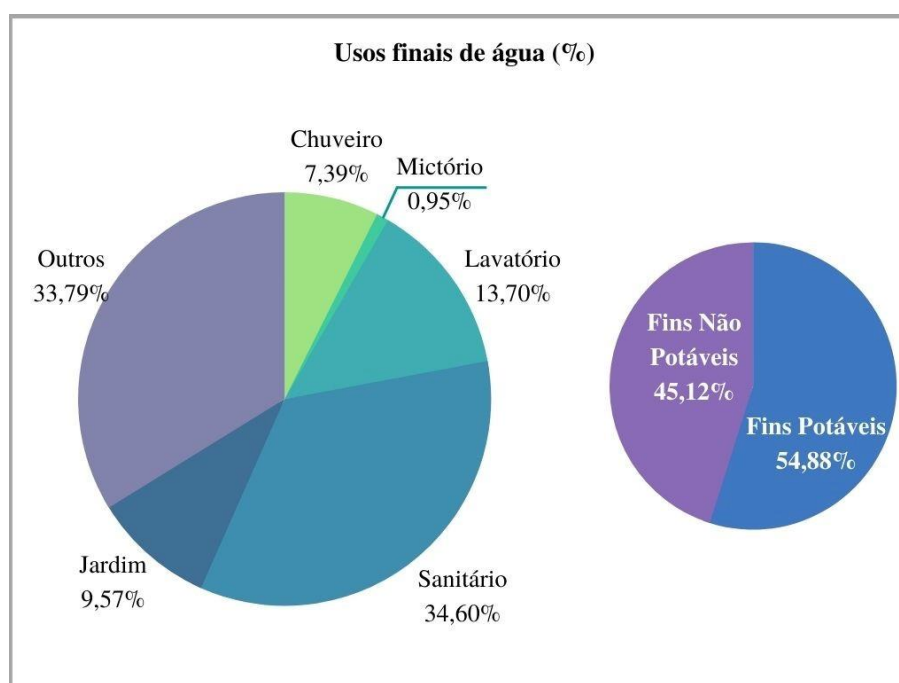


Figura 5 - Consumo de água nos aparelhos hidráulicos no IFS, Campus Lagarto

*Outros: Engloba uso de bebedouro, lavatórios dos laboratórios e prováveis vazamento.

Fonte: Autores (2021).

Ao observar a somatória dos percentuais aferidos percebe-se que a totalidade do consumo não foi atingida; a soma dos volumes aferidos equivale a 66,21% da água contada pelo hidrômetro.

Os 33,79% restantes, classificados como “Outros”, se deve a: consumo dos bebedouros, que usam água da rede; consumo na copa, preparação de alimentos e banho de funcionários; lavatórios dos laboratórios, utilizados para manutenção e preparação de ensaios; e prováveis vazamentos nas tubulações.

Este último é um fator passível de investigação, tendo em vista que a rede de água do local tem mais de 25 anos e boa parcela dos tubos de distribuição de água são embutidos no terreno natural. Além disso, o prédio possui reservatório inferior de concreto, suscetível a vazamentos devido à inexistência de manutenção preventiva e preditiva.

Diante dos dados obtidos e analisados, e considerando que a finalidade de delimitar os usos finais é direcionar os respectivos aparelhos hidráulicos para um sistema de aproveitamento de água da chuva, ficou clara a necessidade de definir, entre os usos, quais eram relacionados a atividades de fim potável e não potável.

Seguindo o conceito de atividades não potáveis, nas quais não há contato direto com a pele nem ingestão, conforme normatizado pela NBR 15527/2019 e recomendada por Tomaz (2011), foi definido que o consumo proveniente das descargas sanitárias, mictórios e torneiras de jardim seriam encaradas como atividades com potencial de economia de água potável, já que seu uso dispensa água de qualidade melhor, podendo então fazer uso de águas pluviais.

É urgentemente recomendável que haja uma investigação detalhada sobre a existência de vazamentos no prédio, para elevar o nível potencial de economia de água potável.

Outra questão a ressaltar é que o levantamento foi realizado em um período em que as aulas estão ocorrendo de maneira remota, no qual o IFS Lagarto foi frequentado majoritariamente por profissionais terceirizados e técnicos administrativos, além de professores que usam o espaço para pesquisas e gravações de aula. Portanto, o fluxo de pessoas e o consumo de água foi menor que o costumeiro.

Nesse sentido, constatou-se via histórico de consumo uma redução média de quase 49% desde

março de 2020. Considerando apenas o ano de 2021, essa redução atinge 69%.

Em suma, pode-se dizer, com base no monitoramento realizado, que 45,12% do consumo de água no IFS, Campus Lagarto, pode ser suprido com água da chuva. Este número está um pouco abaixo da média para escolas, quando comparado com os resultados da revisão sistemática sobre o tema, realizado por Teston *et al.* (2018), que apontou média de 53,9% de consumo em atividades de fim não potável. Ainda assim, os estudos apresentaram alta variabilidade entre os artigos analisados, com percentuais entre 30% e 70%, aproximadamente. Portanto, está dentro do esperado.

A variação entre estudos é atribuída, segundo Ocaña *et al.* (2018), aos diferentes aspectos culturais, econômicos e à disponibilidade hídrica, mesmo quando a edificação tem a mesma finalidade.

Ribeiro (2015), por exemplo, aferiu o consumo não potável em 48 residências de Florianópolis/SC e obteve quase 43%, porém esse estudo considerou como atividade não potável a lavagem de roupa. Já Ghisi (2006) e Cardoso, Blanco e Duarte (2020) obtiveram em seus respectivos estudos médias de quase 80% de consumo em atividades de fins não potáveis em repartições públicas de Santa Catarina e do Pará.

A atividade para a qual a edificação se destina é fator importante no perfil de consumo. Em repartições públicas, por ser local de trabalho, o consumo predominante é o dos vasos sanitários; os usuários normalmente não tomam banho ali, o que explica os índices majorados.

Todos esses trabalhos citados usaram como metodologia a aplicação de questionário, que tem sido predominantemente utilizado em trabalhos para o aproveitamento de água da chuva. Porém, Ribeiro (2015) sugere que essa metodologia deve ser última a opção, dando preferência ao monitoramento *in loco*, com sensores adequados, para alcançar melhor precisão.

Nesse contexto, observou-se o uso de sensores em muitos trabalhos voltados para a área agrária e em pequenas linhas produção industrial. Para determinação do uso com a finalidade de aproveitar água pluvial, destaca-se o trabalho de Moruzzi *et al.* (2016), que aplicou sensores no aeroporto de Guarulhos/SP e obteve potencial de 44% de consumo hídrico que pode ser suprido com águas pluviais.

Considerações finais

O desenvolvimento do presente estudo permitiu estimar os usos finais da água no Instituto Federal de Sergipe, Campus Lagarto, através do monitoramento de consumo por meio de sensores instalados em aparelhos hidráulicos determinados.

Concluiu-se que as atividades de fins não potáveis que poderão usar a água da chuva são as relacionadas aos vasos sanitários, mictórios e torneiras de jardim, e identificou-se que o maior consumo do prédio é o das descargas sanitárias, equivalente a 34,60% do total.

Concluiu-se também que o imóvel consome 45,12% da água em atividades não potáveis, sendo este, a princípio, o potencial de economia de água potável, índice plausível quando comparado com a literatura acadêmica consagrada.

Recomenda-se que haja averiguação detalhada sobre a existência de vazamentos no prédio, contribuindo para a redução de consumo e a elevação do potencial a ser abastecido por sistema de água pluvial. É recomendável também que haja continuação no monitoramento, com amostragem maior, maior tempo de coleta, e com a presença do público estudantil, visto que as aulas remotas durante a pandemia se constituíram fator limitante deste trabalho.

Por fim, pode-se afirmar que a edificação estudada está apta para implantação de um sistema de aproveitamento de água, pois irá contribuir com a redução de consumo de água tratada, redução dos custos tarifários e promoverá educação ambiental, muito importante em um ambiente escolar.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) código de financiamento 001. Ao recurso da Fundação de Apoio à Pesquisa e Inovação Tecnológica de Sergipe Fapitec/SE Edital nº 11/2016. Ao Instituto Federal de Sergipe (IFS) pelo apoio na realização da pesquisa.

Referências

Barreto, D. 2008. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. *Revista Ambiente Construído*, 8, 23-40.

BRASIL. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil - 2013. Disponível em:

http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/lagarto_o_se. Acesso em: 15 dez. 2019.

- Burek, P., SATOH, Y., Fischer, G., Kahl, M. T., Scherzer, A., Tramberend, S., Nava, L. F., Wada, Y., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N.; Magnuszewski, P., Cosgrove, B. AND Wiberg, D. 2016. *Water Futures and Solution: Fast Track Initiative (Final Report)*. IIASA Working Paper. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria.
- Cardoso, R. N. C.; Blanco, C. J. C.; Duarte, J. M. 2020. Technical and financial feasibility of rainwater harvesting systems in public buildings in Amazon, Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 260.
- Emdagro. Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe. 2018. *Informações Básicas Municipais – Município de Lagarto*. Disponível em: <https://emdagro.se.gov.br/wp-content/uploads/2018/11/LAGARTO-Infoma%C3%A7%C3%B5es-B%C3%A1sicas-Municipal-ago-2018.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020
- Fasola, G. B. Ghisi, E., Marinoski, A. K., Borinelli, J.B. 2011. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. *Ambiente Construído*, 11, 65–78.
- Fontes, A. L; SANTOS, A. F. Diagnóstico ambiental preliminar na sub-bacia do rio Piauitinga - SE. 1999. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Núcleo de Pós-Graduação em Geografia (NPGeo), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.
- Ghisi, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. 2006. *Building and Environment*, 41, p. 1544–1550.
- Hafner, A. V. Conservação e Reuso da Água em Edificações: Experiências Nacionais e Internacionais. 2007. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. *Cidades e Estados*, 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/se/lagarto.html>. Acesso em: 18 jun. 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. *Cidades e Estados*, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/se/lagarto.html>.

- estados/se/lagarto.html. Acesso em: 8 dez. 2022.
- IFS. Instituto Federal de Sergipe. Institucional, 2022. Disponível em: <http://www.ifs.edu.br/institucional>. Acesso em: 18 nov. 2022.
- KammerS, P. C.; Ghisi, E. 2005. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. *Ambiente Construído*, 6, p. 75–90.
- Kim, J. E; Teh, E. X; Humphrey, D; Hofman, J. 2021. Optimal storage sizing for indoor arena rainwater harvesting: Hydraulic simulation and economic assessment. *Journal of Environmental Management*, 280.
- Ocaña, E. R. O.; Dominguez, I.; Ward, S.; Sanchez, M. L. R.; Peña, J. M. Z. 2018. Financial https://www.semarh.se.gov.br/recursos_hidricos/wp-content/uploads/2018/05/RESUMO-Executivo-BH-Japaratuba.pdf. Acesso em: 02 abr. 2020.
- Silva, C. M.; Sousa, V.; Carvalho, N. V. 2015. Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application to single-family residences. *Resources, Conservation and Recycling*, 94, 21–34.
- Tomaz, P. Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. 2011. Capítulo I - Conceito de aproveitamento de água de chuva, p. 1–21.
- feasibility of end-user designed rainwater harvesting and greywater reuse systems for high water use households. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 19200–19216.
- Ribeiro, A. K. M. Método para avaliação do impacto ambiental da implantação de sistemas integrados de aproveitamento de água pluvial e água cinza em residências unifamiliares a partir da análise do ciclo de vida. 2015. Tese (Doutorado), Programa da Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 276 p.
- SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. 2015. Elaboração dos planos das bacias hidrográficas dos rios Japaratuba, Piauí e Sergipe. Disponível:
- UNESCO. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, 2018. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/pt/brasil/natural-sciences/environment/wwdr/>. Acesso em: 10 nov. 2019.
- Zang, J.; Kumar, M.; Werner, D. Real-world sustainability analysis of an innovative decentralized water system with rainwater harvesting and wastewater reclamation. 2021. *Journal of Environmental Management*, 280.