

MONITORAMENTO DE PRESSÕES EM SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA COM INSTRUMENTAÇÃO DE BAIXO CUSTO: ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Matheus Cavalcante Capistrano¹ ; Arthur Tavares Schleicher² & Jamil Alexandre Ayach Anache¹

RESUMO – Este estudo apresenta um estudo de caso sobre o monitoramento de pressões na rede de abastecimento de água da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília (FT/UnB), utilizando instrumentação de baixo custo baseada na plataforma Arduino. Devido aos problemas recorrentes de perdas de água e instabilidades operacionais em edifícios universitários, foram coletados dados contínuos de pressão de janeiro a novembro de 2023. A análise comparativa entre as médias diurnas e noturnas e os *setpoints* operacionais da Válvula Redutora de Pressão (VRP) revelou que o sistema opera frequentemente acima das faixas esperadas. As curvas de pressão evidenciaram picos severos e amplitudes elevadas, indicando a ocorrência de transientes hidráulicos e falhas na responsividade da válvula de controle. Os resultados evidenciam que a falta de monitoramento sistemático nessas infraestruturas agrava o desperdício, confirmando que a instrumentação de baixo custo é uma solução viável para diagnosticar falhas e modernizar a gestão do sistema.

Palavras-Chave – Monitoramento de pressão; Arduino; Sistemas de abastecimento de água.

ABSTRACT – This work presents a case study on pressure monitoring in the water supply network of the Faculty of Technology at the University of Brasília (FT/UnB), using low-cost instrumentation based on the Arduino platform. Due to the recurring problems of water losses and operational instabilities in university buildings, continuous pressure data were collected from January to November 2023. A comparative analysis between the day and night averages and the operational setpoints of the Pressure Reducing Valve revealed that the system frequently operates above the expected ranges. The pressure curves showed severe peaks and high amplitudes, indicating the occurrence of hydraulic transients and failures in the responsiveness of the control valve. The results demonstrate that the lack of systematic monitoring in these infrastructures exacerbates waste, confirming that low-cost instrumentation is a viable solution for diagnosing failures and modernizing system management.

Key-words – Pressure monitoring; Arduino; Water supply systems.

INTRODUÇÃO

Compreender o funcionamento de um sistema de abastecimento de água exige a observação de suas características físicas e hidráulicas. Enquanto os fatores físicos revelam o estado estrutural da

1) Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Avenida Trabalhador São Carlense, 13556-590

2) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Asa Norte, 70910-900

rede por meio de falhas, vazamentos e obstruções, os fatores hidráulicos demonstram o nível de eficiência operacional através do controle adequado de vazões e pressões (TSUTIYA, 2006).

No contexto das universidades públicas brasileiras, muitas redes de abastecimento de água são antigas e sofrem deterioração ao longo do tempo. Além disso, com o aumento da demanda e novas dinâmicas de uso, esses sistemas operam sob condições complexas para as quais não foram projetados (Rathnayaka *et al.*, 2016). Como resultado, ocorrem falhas frequentes que aumentam o risco de rompimentos, transientes hidráulicos e perdas de água.

A gestão de infraestruturas hídricas em instituições públicas configura um desafio de governança que requer instrumentos eficazes de planejamento para mitigar a deterioração das redes. Nesse cenário, o monitoramento deixa de ser apenas uma rotina técnica e passa a guiar a gestão operacional, visto que fundamenta o planejamento institucional e o aporte de recursos em dados reais de desempenho, assegurando a preservação do patrimônio público.

Estudos na Universidade de Brasília (UnB) revelam problemas recorrentes de elevadas pressões e perdas de água. Martins (2019) e Silva (2021) constataram no Instituto Central de Ciências (ICC) que as pressões superam frequentemente o limite de 40 mca, agravando os vazamentos, especialmente na ausência da Válvula Redutora de Pressão (VRP). Esse mesmo cenário foi corroborado por Rocha (2021) nos pavilhões Anísio Teixeira e João Calmon, evidenciando a necessidade de uma gestão de pressão adequada para mitigar o desperdício.

O custo de implementação e manutenção de equipamentos de monitoramento costuma limitar o emprego dessas tecnologias, sobretudo em países em desenvolvimento (Barros Filho *et al.*, 2018). Como alternativa, o avanço do *hardware* livre tem possibilitado a criação de dispositivos de baixo custo para a coleta autônoma de dados. Consequentemente, torna-se possível realizar um monitoramento mais amplo das redes e planejar ações operacionais de forma acessível (Beregula *et al.*, 2020).

A integração dessas tecnologias acessíveis no manejo de infraestruturas públicas dialoga diretamente com a necessidade de modernizar a governança da infraestrutura urbana. O uso de sistemas de baixo custo para o diagnóstico de falhas operacionais constitui um instrumento de gestão estratégica que promove a eficiência e a resiliência do sistema frente às pressões crescentes sobre os recursos hídricos.

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento das pressões e o desempenho do sistema de abastecimento de água na Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília (FT/UnB), utilizando instrumentação de baixo custo baseada em Arduino.

Para isso, o estudo busca monitorar continuamente as pressões, compará-las com os parâmetros operacionais estabelecidos e diagnosticar instabilidades, fornecendo subsídios para uma gestão mais eficiente e resiliente dos recursos hídricos.

METODOLOGIA

Local de estudo

O estudo foi conduzido na Faculdade de Tecnologia (FT) da Universidade de Brasília (UnB). O conjunto da Faculdade é composto pelo prédio principal, formado por blocos intercalados de jardins, e blocos independentes: o Laboratório de Termociência e Metrologia Dinâmica, o Laboratório de Hidráulica e Estruturas, o Departamento de Engenharia Florestal e o Unidade de Laboratórios de Ensino de Graduação, além dos blocos de serviço geral (SGs) 9, 11 e 12. A Faculdade de Tecnologia comporta cinco departamentos (Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Departamento de Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Mecânica e Departamento de Engenharia de Produção).

O abastecimento da FT/UnB é realizado por abastecimento direto, ou seja, não conta com um reservatório para o armazenamento e amortecimento prévio da água. A rede que abastece o edifício de estudo provém da entrada do Castelo d'água, conforme a Figura 1, e conta com um medidor de vazão individual, localizado no cavalete de entrada do edifício. Vale lembrar que o reservatório Castelo d'água encontra-se desativado, a entrada pontuada refere-se apenas à sua localização.

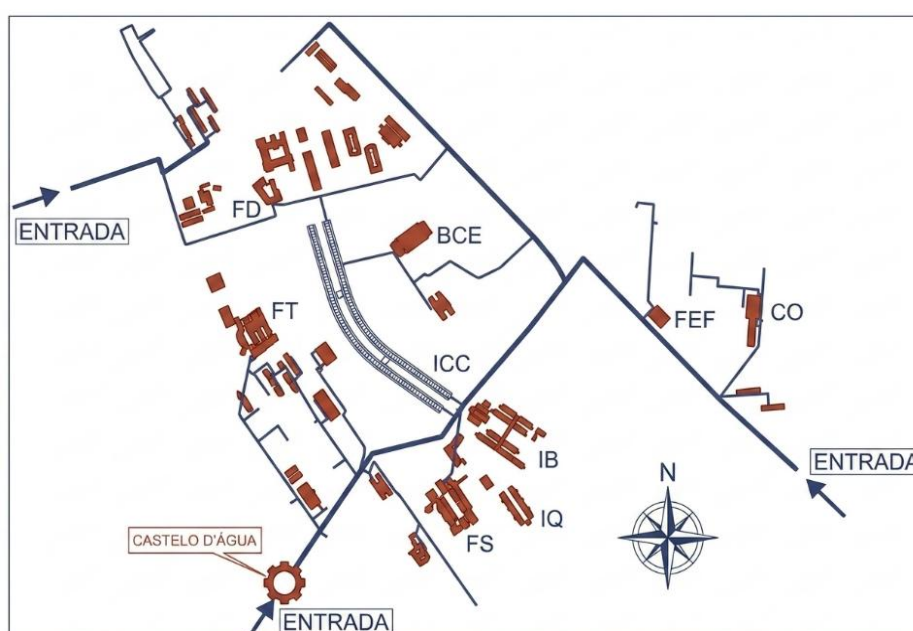


Figura 1 - Rede de distribuição de água do Campus Darcy Ribeiro. Fonte: Autor (2026).

Obtenção dos dados de pressão

Os dados de pressão foram obtidos a partir de medições realizadas no Laboratório de Hidráulica e Estruturas da FT/UnB, selecionado de forma estratégica por apresentar condições de baixas pressões associadas a elevadas perdas de carga. As aquisições foram conduzidas por meio de um sistema baseado em Arduino, composto por um transdutor de pressão, um circuito compatível com a plataforma Arduino UNO e um módulo de armazenamento de dados (*data logger*) integrado a um relógio de tempo real e a um cartão SD. O sistema foi instalado em uma torneira da rede hidráulica do laboratório, de modo a possibilitar o monitoramento contínuo da pressão em um ponto representativo das condições operacionais do sistema.

O transdutor de pressão tem a função de converter a grandeza física de pressão em sinais elétricos mensuráveis. No presente estudo, foi utilizado o modelo G1/4, da marca *Seeed Studio*, cujas pressões de operação variam de 0 a 122,37 mca, sendo o equipamento capaz de suportar valores de até duas vezes esse limite. O dispositivo opera em uma faixa de temperatura entre -20 °C e 150 °C, apresenta tempo de resposta inferior a 2 ms, precisão de $\pm 1,5\%$ e faixa de tensão de saída entre 0,5 e 4,5 V.

O armazenamento dos dados foi realizado por meio de um *Data Logger Shield* para Arduino, escolhido por sua praticidade, dimensões reduzidas e facilidade de integração ao sistema. Esse módulo incorpora um chip RTC (DS1307), responsável pela marcação temporal das medições, além de um *slot* para cartão SD, botão de *reset*, suporte para bateria CR1220 de 3 V e área destinada à montagem de circuitos auxiliares.

A aquisição dos dados foi automatizada por meio de um código desenvolvido na plataforma Arduino Software (IDE), posteriormente carregado na placa do sistema. O programa foi configurado para realizar leituras em intervalos de um minuto, registrando simultaneamente as informações de data e horário (hora, minuto e segundo) de cada medição. A partir desses registros, foi possível extrair, diretamente do *data logger*, uma série temporal de pressão, utilizada na construção da curva de análise deste estudo. O sistema entrou em operação em janeiro de 2023, possibilitando o registro contínuo de dados ao longo de 11 meses de monitoramento.

Conversão e Tratamento de Dados

O sistema de medição foi estruturado a partir de um transdutor de pressão destinado ao monitoramento do sistema hidráulico. Operacionalmente, o sensor capta a pressão da água e envia

um sinal elétrico proporcional para o microcontrolador. Em seguida, o Arduino converte essa leitura em um valor digital inteiro, que varia de 0 a 1023, correspondente à sua resolução de 10 bits. O valor de pressão real é então calculado a partir da Equação 1 e, posteriormente, armazenado pelo sistema.

$$P = \frac{S-97,229}{6,5815} \quad (1)$$

Onde P representa pressão medida pelo equipamento (mca) e S valor do sinal elétrico convertido entre 0 e 1023.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados está fundamentada nas condições operacionais do sistema de abastecimento que atende à Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília (FT/UnB), com destaque para a presença de uma válvula redutora de pressão (VRP) instalada nas proximidades do Castelo d'água, em cota topográfica superior à do ponto de consumo. Esse desnível altimétrico exerce influência direta sobre o regime de pressões a jusante e deve ser considerado na interpretação dos dados. A VRP opera com *setpoints* distintos ao longo do dia, com redução da pressão de saída no período noturno, entre 23h e 7h, para valores próximos de 20 mca, e elevação no período diurno, com valores da ordem de 40 mca, em consonância com a variação da demanda, com as estratégias de controle operacional da rede e com a norma NBR 5626/2020 (ABNT, 2020).

Considerando a localização dos pontos de medição em cotas inferiores à da válvula, espera-se que as pressões registradas apresentem valores superiores aos definidos na saída da VRP, em função da contribuição da carga piezométrica associada à diferença de nível. Esse aspecto influencia a interpretação do comportamento hidráulico observado ao longo do período de monitoramento.

A fim de avaliar os dados de pressão monitorados, foram construídas curvas anuais baseadas na média diária relativas aos períodos diurno e noturno, permitindo uma análise comparativa entre a demanda operacional e a eficácia dos dispositivos de controle, conforme ilustra a Figura 2 e 3. Os valores médios mensais, acompanhados de seus respectivos desvios padrões (DP), bem como os picos de pressão registrados, são apresentados na Tabela 1.

A análise dos dados diurnos indica que as médias mensais de pressão se mantêm relativamente estáveis ao longo do período analisado, com valores concentrados entre 40 e 50 mca, próximos à faixa operacional esperada. Por outro lado, os valores de desvio padrão evidenciam significativa variabilidade em determinados meses, como junho ($45,50 \pm 15,72$ mca), julho ($40,83 \pm 15,04$ mca) e novembro ($55,87 \pm 12,16$ mca), indicando maior dispersão das medições ao longo do tempo. Essa

variabilidade é corroborada pelos elevados valores máximos registrados nesses períodos, com o máximo de 87,33 mca no mês de julho, sugerindo a ocorrência de picos de pressão associados a variações operacionais do sistema.

Do ponto de vista estatístico, a variabilidade observada por meio dos diagramas de caixa (*boxplots*) é expressiva. A extensão acentuada das hastes (*whiskers*) e a presença volumosa de valores discrepantes (*outliers*) indicam que o sistema é submetido a transientes hidráulicos severos, com picos de pressão ultrapassando e quedas abruptas para valores próximos a zero. Tais oscilações sugerem uma falha na responsividade do piloto da VRP diante das variações de demanda.

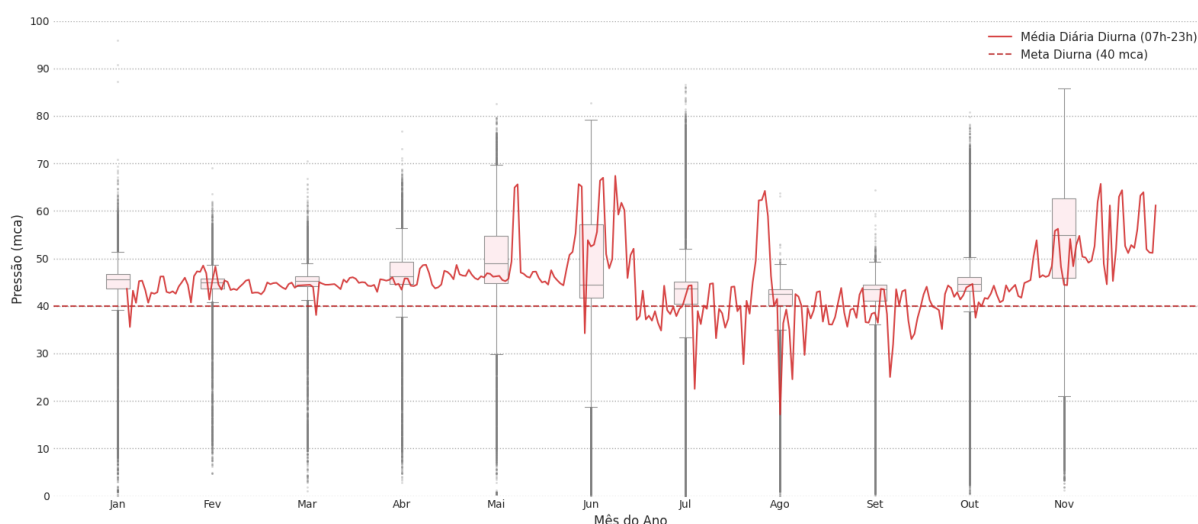


Figura 2 - Curva de pressões diurnas de janeiro a novembro de 2023. Fonte: Autor (2026).

A análise do período noturno (23h às 7h) indica um comportamento semelhante ao observado no período diurno, porém com maior amplitude das oscilações de pressão. Embora a VRP opere com *setpoint* de 20 mca, os dados mostram que esse valor é atingido de forma mais consistente nos meses de janeiro a abril, enquanto, nos demais períodos, as pressões permanecem predominantemente acima da meta. Em alguns meses, os valores médios noturnos superam os diurnos, como ocorre em novembro, com pressão média de $56,04 \pm 6,71$ mca e máxima de 77,15 mca.

A dispersão dos dados é elevada, com desvios padrão que indicam variações ao longo da madrugada. Destaca-se o mês de julho, com média de $39,28 \pm 20,46$ mca, evidenciando alta variabilidade. Os valores máximos também indicam ocorrência de sobrepressões, como em julho (91,74 mca) e outubro (80,80 mca), além de registros de quedas de pressão para valores próximos de 6 mca.

As Figuras 4 e 5 apresentam as curvas da média móvel de pressão (1 hora) para os meses de junho e julho, evidenciando os picos de pressão concentrados na primeira metade do mês de junho e segunda metade do mês de julho.

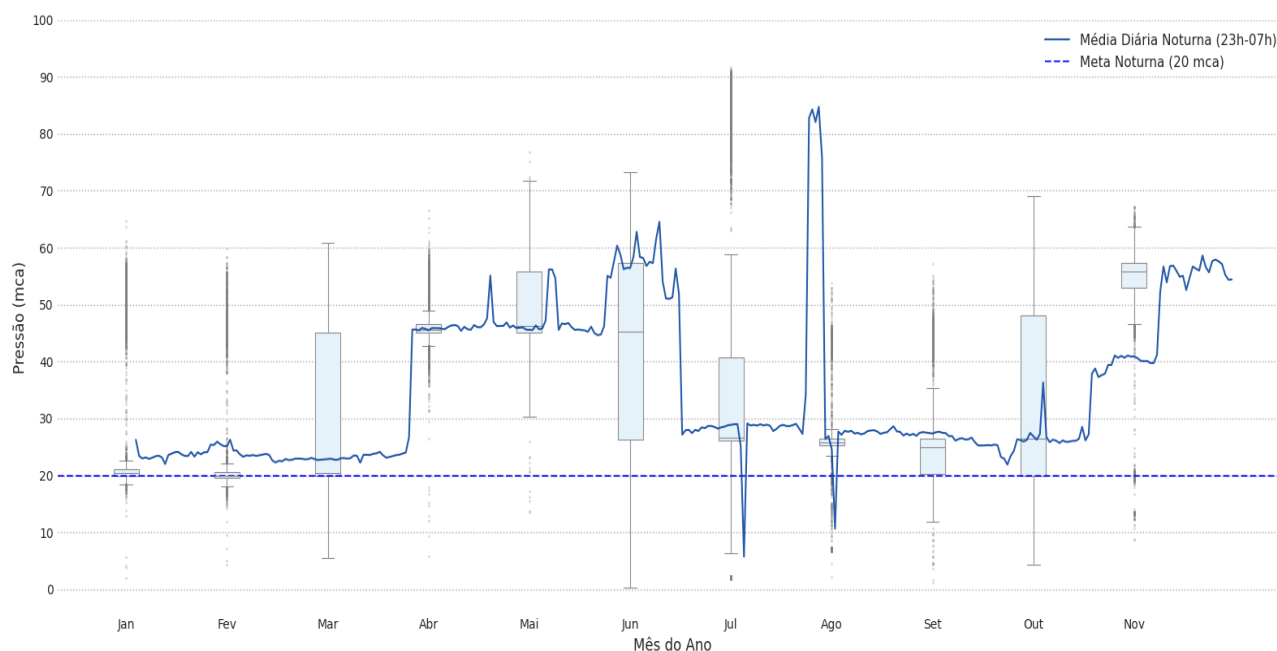


Figura 3 - Curva de pressões noturnas de janeiro a novembro de 2023. Fonte: Autor (2026).

Tabela 1 – Valores médios, desvio padrão e picos de pressão no sistema de abastecimento.

Mês	Média diurna $\pm$ DP (mca)	Máx. diurno (mca)	Média noturna $\pm$ DP (mca)	Máx. noturno (mca)
Jan	43,46 $\pm$ 8,66	70,77	31,06 $\pm$ 13,07	69,40
Fev	43,92 $\pm$ 5,61	69,10	30,61 $\pm$ 12,77	61,81
Mar	44,24 $\pm$ 6,38	70,47	33,69 $\pm$ 12,91	65,76
Abr	45,89 $\pm$ 7,31	76,85	46,63 $\pm$ 3,96	67,28
Mai	48,73 $\pm$ 11,88	82,62	50,09 $\pm$ 7,22	76,70
Jun	45,50 $\pm$ 15,72	82,77	45,31 $\pm$ 14,10	75,94
Jul	40,83 $\pm$ 15,04	87,33	39,28 $\pm$ 20,46	91,74
Ago	36,15 $\pm$ 11,72	53,75	32,86 $\pm$ 9,32	49,04
Set	37,53 $\pm$ 10,84	58,92	32,74 $\pm$ 9,79	53,90
Out	45,87 $\pm$ 13,38	79,89	44,36 $\pm$ 13,68	80,80
Nov	55,87 $\pm$ 12,16	85,81	56,04 $\pm$ 6,71	77,15

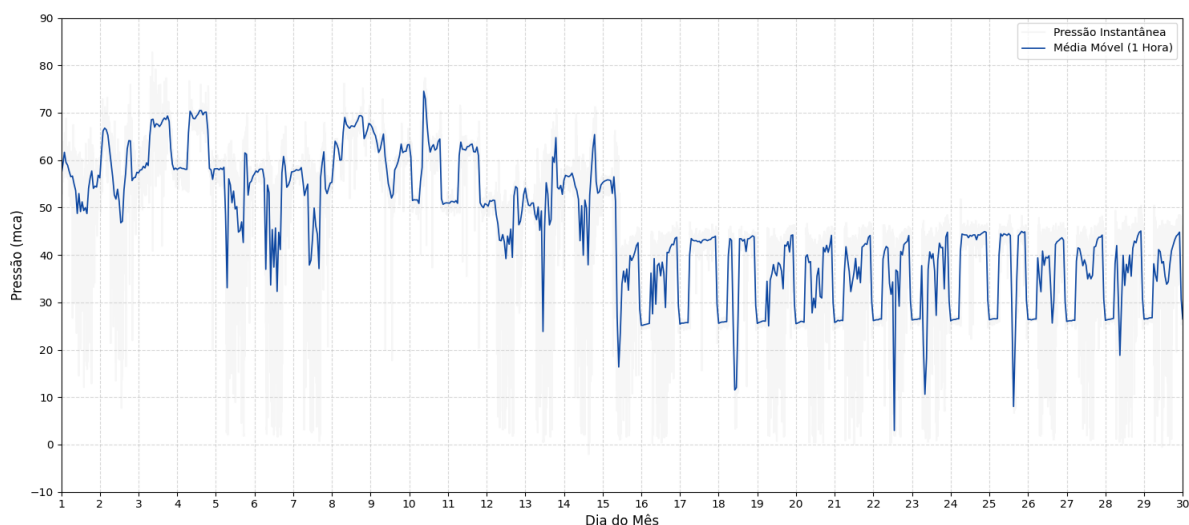


Figura 4 - Curva de pressões de junho de 2023. Fonte: Autor (2026).

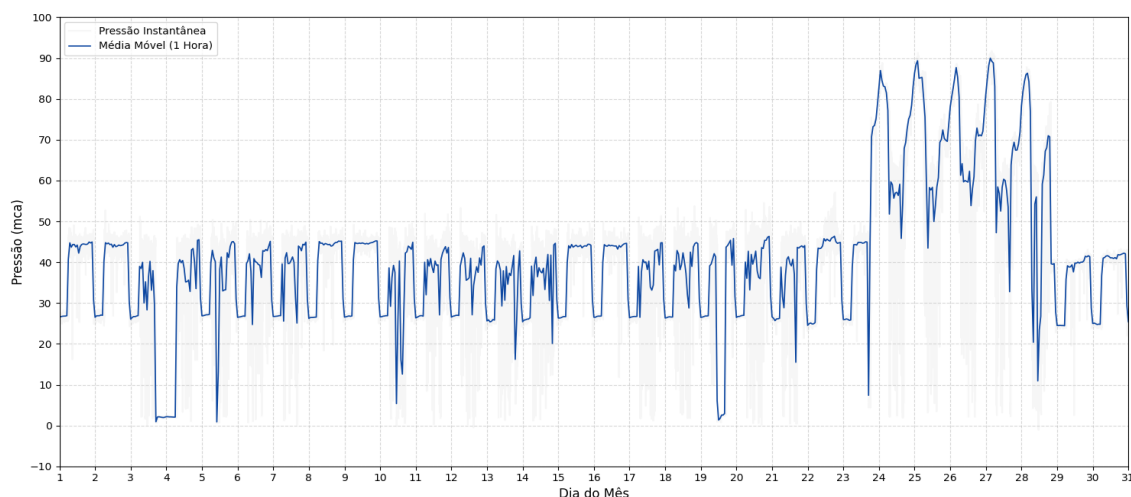


Figura 5 - Curva de pressões de julho de 2023. Fonte: Autor (2026).

A Figura 6 apresenta a curva de permanência das pressões, que ilustra a porcentagem do tempo em que os valores de pressão foram igualados ou superados ao longo de todo o período de monitoramento. O gráfico permite comparar o comportamento das pressões diurnas (07h às 23h), representadas pela curva vermelha, e das pressões noturnas (23h às 07h), representadas pela curva azul, em relação aos seus respectivos *setpoints* operacionais (40 mca e 20 mca).

A curva diurna demonstra um comportamento mais estável e contínuo. As pressões se concentram entre 40 e 50 mca, permanecendo acima de 50 mca durante 25% do tempo monitorado. Essa tendência indica que, embora existam picos de sobrepressão no início da curva, o sistema consegue atender à demanda diurna dentro ou acima da faixa operacional desejada durante a maior parte do período. Em contraste, a curva noturna revela um comportamento mais heterogêneo,

marcado por degraus e instabilidades. Nesse período, a pressão permanece acima do *setpoint* noturno de 20 mca em cerca de 95% do tempo e acima de 30 mca durante 48% do tempo. Além disso, a grande amplitude observada entre os valores máximos e os patamares operacionais reforça a presença de transientes hidráulicos.

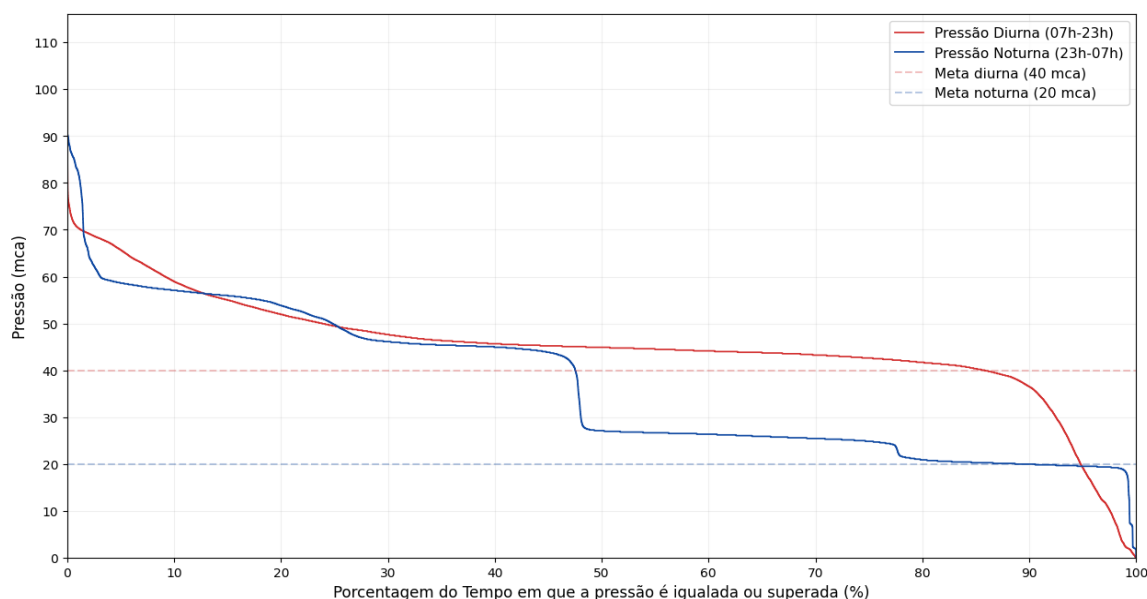


Figura 6 - Curva de permanência de pressões para o ano de 2023. Fonte: Autor (2026).

CONCLUSÃO

O monitoramento contínuo das pressões na rede de abastecimento da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília (FT/UnB), realizado por meio de instrumentação de baixo custo baseada em Arduino, demonstrou ser uma alternativa viável e eficiente para o diagnóstico das condições hidráulicas prediais. Os dados obtidos ao longo do período de monitoramento evidenciaram instabilidades significativas no sistema, com frequentes picos de pressão e oscilações que superam os parâmetros esperados, o que aponta para a necessidade de melhorias na operação e calibração dos dispositivos de controle.

Esses resultados evidenciam que as instabilidades e as falhas de resposta da VRP vão além de problemas de manutenção técnica, indicando a necessidade de fortalecer a governança e o controle da rede hídrica. A adoção de protocolos de monitoramento sistemático permite substituir as ações puramente reativas por uma abordagem estratégica, na qual os investimentos em infraestrutura passam a ser definidos com base em indicadores reais de desempenho hidráulico.

A pesquisa aponta como o uso de tecnologias acessíveis pode subsidiar um gerenciamento mais eficiente dos recursos hídricos. No contexto das universidades públicas, a infraestrutura

frequentemente enfrenta o desafio da escassez de manutenção e da falta de monitoramento sistemático da rede, o que resulta em perdas e desperdícios. Nesse cenário, a viabilidade da instrumentação de baixo custo consolida-se como um instrumento de planejamento e financiamento estratégico. Em um contexto de restrições orçamentárias, o acesso a dados contínuos por meio de tecnologias abertas permite a otimização da alocação de recursos, focando em intervenções prioritárias que promovam a sustentabilidade financeira do manejo das águas.

Dessa forma, a implementação de sistemas autônomos de medição não apenas moderniza a governança da infraestrutura urbana através da detecção precoce de anomalias, mas também se consolida como uma ferramenta estratégica de integração com as políticas de saneamento e desenvolvimento urbano. Em última análise, o monitoramento sistemático em grandes consumidores institucionais, como a universidade, é fundamental para promover a resiliência hídrica das cidades, assegurando a conservação dos recursos e a mitigação do desperdício em escala urbana

AGRADECIMENTOS - Agradeço ao financiamento dado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) (2020). “*NBR 5626: Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção*”. Rio de Janeiro.

AUTOCORE ROBÓTICA. *Shield Data Logger com RTC DS1307*. [S. l.], 2026. Disponível em: <https://www.autocorerobotica.com.br/shield-data-logger-com-rtc-ds1307>. Acesso em: 1 maio 2026.

BARROS FILHO, E. G.; SALVINO, L. R.; BEZERRA, S. T. M.; SALVINO, M. M.; GOMES, H. P. (2018). “*Intelligent system for control of water distribution networks*”. *Water Supply* 18(4), pp. 1270 – 1281.

BEREGULA, R. L.; SILVA, F. R. (2020). “*Equipamento de baixo custo para monitoramento de pressões em sistemas de abastecimento de água*”. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 25(6), pp. 841 – 852.

MARTINS, M. M. (2019). “*Análise dos padrões de pressão e vazão nas instalações prediais de água do Instituto Central de Ciências do Campus Darcy Ribeiro*”. Monografia de Projeto Final 2, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

RATHNAYAKA, S.; SHANNON, B.; RAJEEV, P. et al. (2016). “*Monitoramento de transientes de pressão em redes de abastecimento de água*”. *Water Resources Management* 30, pp. 471 – 485.

ROCHA, V. O. (2021). “*Consumo de água em edificações de ensino no Campus Darcy Ribeiro*” - UnB. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 72 p.

SILVA, L. O. (2021). “*Efeito da pressão de abastecimento de água no ramal predial do Instituto Central de Ciências do Campus Darcy Ribeiro sobre o volume de água medido*”. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 59 p.

TSUTIYA, M. T. (2006). *Abastecimento de água*. 3ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 643 p.