



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ARETHA LAYZA FEITOSA E SILVA
MARIA LETÍCIA BARROS CUNHA FERREIRA

ANÁLISE DE PATOLOGIAS EM PEÇAS HIDROSSANITÁRIAS DE BANHEIROS
VISANDO ECONOMIA DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS:

Um estudo de caso na Universidade Federal do Cariri, campus Juazeiro do Norte, Ceará

JUAZEIRO DO NORTE

2026

**ARETHA LAYZA FEITOSA E SILVA
MARIA LETÍCIA BARROS CUNHA FERREIRA**

**ANÁLISE DE PATOLOGIAS EM PEÇAS HIDROSSANITÁRIAS DE BANHEIROS
VISANDO ECONOMIA DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS:**

Um estudo de caso na Universidade Federal do Cariri, campus Juazeiro do Norte, Ceará

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Cariri, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof. Dra. Sofia Leão Carvalho

JUAZEIRO DO NORTE

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Cariri
Sistema de Bibliotecas

S586a Silva, Aretha Layza Feitosa e.

Análise de patologias em peças hidrossanitárias de banheiros visando economia de água em edificações públicas: um estudo de caso na Universidade Federal do Cariri, campus Juazeiro do Norte, Ceará / Aretha Layza Feitosa e Silva, Maria Letícia Barros Cunha Ferreira. – 2026.
82 f. : il. color.

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Ciências e Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Cariri, Juazeiro do Norte, CE, 2026.

Orientadora: Prof^a. Dra. Sofia Leão Carvalho.

1. Engenharia civil. 2. Patologia das construções. 3. Instalações hidrossanitárias.
4. Conservação de água. 5. Edifícios públicos - Manutenção. I. Ferreira, Maria Letícia Barros Cunha. II. Carvalho, Sofia Leão (Orient.). III. Universidade Federal do Cariri.
IV. Título.

CDD 628.144

Bibliotecário: João Bosco Dumont do Nascimento – CRB 3/1355



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Análise de patologias em peças hidrossanitárias de banheiros visando economia de água em edificações públicas: um estudo de caso na Universidade Federal do Cariri (UFCA)

Aretha Layza Feitosa e Silva


e

Maria Leticia Barros Cunha Ferreira


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Cariri, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil. Área de concentração: Engenharia Civil.

Aprovada em 06 de março de 2026.


Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **SOFIA LEAO CARVALHO**
Data: 06/04/2026 15:41:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Sofia Leão Carvalho
Orientador(a)

Documento assinado digitalmente
 **LUCIMAR DA SILVA SANTIAGO**
Data: 29/03/2026 11:07:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Lucimar da Silva
Santiago
1º membro examinador

Documento assinado digitalmente
 **EUFROSINA TEREZINHA LEAO CARVALHO**
Data: 31/03/2026 16:11:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr^ª. Eufrosina Terezinha Leão
Carvalho
2º membro examinador

Para Deus, nossas famílias e amigos.

AGRADECIMENTOS

Por Aretha Layza

"É Deus quem me reveste de força e torna perfeito o meu caminho." (2 Samuel 22:33)

A Deus, por ser o autor de cada passo desta jornada. Reconheço que foi pela Sua graça que cheguei até aqui. Obrigada, Senhor, por me sustentar nos dias difíceis e por cumprir em mim o que o meu coração desejava.

Ao meu pai, Antônio, meu alicerce e meu farol. Cada sacrifício silencioso que você fez se transformou na minha maior oportunidade, e isso jamais esquecerei. Pai, você é a minha força, o meu espelho, o meu maior exemplo de garra. Que eu possa retribuir tudo que você faz por mim.

À minha mãe, Ivaneide, meu refúgio e minha inspiração. Foi vendo sua coragem e força que aprendi a ser resiliente e a sonhar. Mainha, sua fé e suas orações sempre me sustentaram, e é com imensa gratidão que chego até aqui.

Aos meus irmãos, Adna, Natália, Natanyelle e Jean, meu norte, meu abrigo e minha torcida. Cada gesto de apoio de vocês me deu forças para seguir, e esta conquista eu dedico a vocês com todo o amor que tenho.

Aos meus sobrinhos, Otávio, Gabriel, Álvaro e Áyla, a alegria mais pura do meu coração. Vocês me ensinaram a enxergar a vida e o amor de uma forma completamente nova. Que um dia entendam o quanto são a razão da minha alegria.

À minha família, especialmente ao meu avô Celso, que já não está entre nós, mas cuja memória carrego com gratidão e saudade. Às minhas primas Thays e Ester, que longe de casa se tornaram o meu lar. Obrigada por serem minha paz nos dias em que eu mais precisei.

À minha parceira, Letícia, sou grata a Deus por ter colocado você na minha história. Desde o primeiro dia, foi sempre eu e você, cada trabalho, cada prova, cada desafio, cada conquista. Você se tornou uma irmã que a vida me deu de presente. Te carrego no coração.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Sofia Leão Carvalho, cuja presença vai muito além da orientação acadêmica. Você nos conduziu com leveza e discernimento, te admiro muito pela pessoa incrível que é. Levarei você comigo sempre, com gratidão e carinho.

À Turma Traquejo e aos demais colegas de curso, pelas madrugadas de estudo, pelas risadas e por tornarem essa jornada mais leve e mais bonita.

À Universidade Federal do Cariri (UFCA) e a todos os professores do curso, pelo conhecimento e por contribuírem para quem eu me tornei. Obrigada por fazerem parte desta história.

Por Maria Letícia

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter sido meu sustento em cada fase dessa caminhada. Houve dias de cansaço extremo, insegurança e medo de não conseguir, mas foi pela fé que permaneci firme. Chegar até aqui representa não apenas uma conquista acadêmica, mas um processo de amadurecimento e superação pessoal.

À minha mãe, Cláudia, meu maior combustível. Obrigada por ser minha base, meu porto seguro e minha força. Cada palavra de incentivo, cada oração e cada gesto de cuidado fizeram a diferença nos momentos mais difíceis. Esta conquista carrega o seu nome tanto quanto o meu.

Ao meu avô, Oséas, que me acolheu em sua casa, em Juazeiro, oferecendo apoio para que eu pudesse seguir meus estudos com tranquilidade e tornasse essa jornada possível.

Ao meu irmão, Arthur, por ser parte essencial da minha base, pelo apoio, carinho e torcida constante. Sua força sempre me fortaleceu. Esta conquista também é sua.

Ao meu namorado, Guilherme, pelo companheirismo, pela paciência nos dias de estresse e incentivo nos momentos mais desafiadores. Obrigada por acreditar na minha capacidade até mais do que eu. Seu apoio foi essencial durante todo esse processo.

À minha dupla, Aretha, que deixou de ser apenas colega de graduação para se tornar irmã de vida. Nossa conexão ultrapassou salas de aula. Dividimos responsabilidades, medos, noites mal dormidas e conquistas. Este trabalho é fruto da nossa união, confiança e persistência.

À minha família, que sempre acreditou em mim e celebrou cada passo dessa trajetória.

À minha orientadora, Professora Sofia, pela dedicação, orientação segura e contribuições fundamentais para a realização deste trabalho e para meu crescimento acadêmico.

Aos meus amigos e colegas de sala, que dividiram comigo os desafios acadêmicos com apoio e parceria e também momentos de descontração que tornaram a caminhada mais leve.

À UFCA, por ser o espaço onde cresci como estudante e como mulher. Levo comigo não apenas um diploma, mas uma história construída com esforço e determinação.

Por fim, encerro este ciclo com profunda gratidão. Este trabalho representa a menina que sonhou em ser engenheira e a mulher que hoje se reconhece capaz de enfrentar desafios maiores do que imaginava. Que esta conquista seja apenas o início de uma longa trajetória.

RESUMO

A ocorrência de patologias em peças hidrossanitárias representa fator relevante no desempenho dos sistemas prediais de água fria, especialmente em edificações públicas de uso coletivo. Nesse contexto, desenvolveu-se um estudo nos banheiros do campus Juazeiro do Norte da Universidade Federal do Cariri (UFCA), com ênfase na identificação, caracterização e quantificação das principais manifestações patológicas presentes em vasos sanitários, torneiras, duchas e mictórios. A metodologia consistiu na aplicação de inspeções técnicas sistematizadas por meio de formulário digital estruturado, integrado a registro fotográfico, permitindo padronização dos dados e rastreabilidade das informações coletadas. Após etapa de pré-teste para ajuste do instrumento, realizou-se o levantamento completo das peças instaladas nos blocos acadêmicos, totalizando centenas de unidades avaliadas individualmente. Os resultados evidenciaram a presença de gotejamentos, vazamentos contínuos, falhas em mecanismos de descarga, variações de vazão, desgaste de componentes e problemas em acionamentos automáticos. Também foi realizada análise comparativa entre marcas instaladas, observando-se maior incidência absoluta de ocorrências nas marcas com maior número de unidades em uso. No caso das torneiras, foram estimadas perdas potenciais de água a partir do tipo e da frequência dos vazamentos identificados, demonstrando impacto acumulado significativo quando consideradas as 24 horas diárias de funcionamento institucional. A consolidação dos dados permitiu mapear a distribuição das patologias por bloco e por tipologia de peça, fornecendo diagnóstico técnico detalhado das condições atuais das instalações hidrossanitárias. Conclui-se que o levantamento sistematizado das patologias constitui instrumento fundamental para subsidiar ações técnicas voltadas ao controle de perdas e ao aprimoramento do desempenho hidráulico em edificações públicas.

Palavras-chave: Patologias hidrossanitárias. Instalações prediais. Vazamentos. Perdas de água. Diagnóstico técnico.

ABSTRACT

The occurrence of pathologies in plumbing fixtures represents a relevant factor in the performance of cold water building systems, especially in public buildings with collective use. In this context, a study was conducted in the restrooms of the Juazeiro do Norte campus of the Universidade Federal do Cariri (UFCA), focusing on the identification, characterization, and quantification of the main pathological manifestations observed in toilets, faucets, showers, and urinals. The methodology consisted of systematic technical inspections carried out using a structured digital form integrated with photographic records, allowing data standardization and traceability of the collected information. After a preliminary testing phase to refine the instrument, a complete survey of the installed fixtures in the academic buildings was performed, totaling hundreds of individually evaluated units. The results revealed the presence of dripping, continuous leaks, flushing mechanism failures, flow rate variations, component wear, and malfunctioning automatic activation systems. A comparative analysis among installed brands was also conducted, showing a higher absolute incidence of occurrences in brands with a greater number of units in operation. In the case of faucets, potential water losses were estimated based on the type and frequency of identified leaks, demonstrating a significant cumulative impact when considering the 24-hour daily institutional operation. Data consolidation enabled the mapping of the distribution of pathologies by building block and fixture type, providing a detailed technical diagnosis of the current conditions of the plumbing installations. It is concluded that the systematic survey of pathologies constitutes a fundamental tool to support technical actions aimed at loss control and the improvement of hydraulic performance in public buildings.

Keywords: Plumbing pathologies. Building plumbing systems. Leaks. Water losses. Technical diagnosis

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Selo de descrição do rótulo do produto de acordo com a anqip	12
Figura 2- Autoclismo “iara duo” certificado pela anqip, modelo de dupla descarga, que permite reduzir o consumo de água em até 50% nas descargas sanitárias.....	12
Figura 3- Exemplo de torneira certificada pela anqip, com sistema de redução de vazão para economia de água.....	13
Figura 4- Ufca Campus Juazeiro do Norte	18
Figura 5- Fluxograma de direcionamento do formulário	21
Figura 6– Número de peças hidrossanitárias inspecionadas.....	24
Figura 7– Distribuição de torneiras por bloco	26
Figura 8– Ocorrência de vazamentos identificados nas torneiras por bloco	27
Figura 9 – Classificação das torneiras quanto ao tipo de acionamento por bloco.....	28
Figura 10 – Classificação das torneiras quanto ao tipo de acionamento por bloco.....	29
Figura 11 – Marcas de torneiras com patologias.....	30
Figura 12– Gotejamento esporádico em torneira no bloco f - térreo - banheiro feminino....	32
Figura 13- Vazamento no sifão da torneira quadra 2 - térreo - banheiro feminino	33
Figura 14- Vazamento no sifão da torneira quadra 2 - térreo - banheiro feminino	33
Figura 15 - Vazamento no corpo da torneira - bloco f - térreo - banheiro acessível feminino	34
Figura 16 - Quantidade de vasos sanitários por bloco	36
Figura 17 - Quantidade de vasos com e sem vazamento por bloco.....	37
Figura 18- Tipo de acionamento por bloco.....	38
Figura 19- Vazamento por tipo de acionamento.....	39
Figura 20 - Vazamento por marca dos vasos sanitários	40
Figura 21 - Vazamento no bloco e - térreo - banheiro feminino.....	41
Figura 22- Vazamento na quadra 1 - térreo - banheiro masculino	42
Figura 23– Vazamento no bloco c - térreo - banheiro masculino	43
Figura 24- Vazamento no bloco e - térreo - banheiro feminino.....	44
Figura 25- Quantidade de mictórios instalados por bloco	46
Figura 26– Vazamento em acionamento de mictório bloco c - térreo - banheiro masculino	48
Figura 27– Vazamento em mictório no bloco e - subsolo - banheiro masculino	49
Figura 28– Vazamento em mictório no bloco e - subsolo - banheiro masculino	50
Figura 29– Vazamento no acionador do mictório bloco c - térreo - banheiro masculino	51
Figura 30- Quantidade de peças por bloco.....	52
Figura 31– Ducha quebrada bloco i - subsolo - banheiro feminino.....	55

Figura 32– Ducha quebrada bloco k - subsolo - banheiro masculino.....	56
Figura 33 – Ducha quebrada bloco k - térreo - banheiro masculino	57
Figura 34– Vazamento em ducha bloco n - térreo - banheiro acessível masculino.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANQIP	Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais
ETA	Especificações Técnicas
ISO	International Organization for Standardization
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
SiAC	Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil
SiMaC	Sistema de Qualificação de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos
UFCA	Universidade Federal do Cariri
UFG	Universidade Federal de Goiás
UPE	Universidade de Pernambuco
UnB	Universidade de Brasília

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos.....	2
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1	Conservação da água em edificações.....	4
2.2	Normas técnicas de Instalações Prediais.....	6
2.3	Patologias em Sistemas hidrossanitários.....	7
2.4	Principais patologias.....	7
2.5	Importância da análise.....	8
2.6	Interferência em outros sistemas.....	8
2.7	Metodologias para detecção de patologias.....	9
2.7.1	<i>Vasos sanitários</i>	9
2.7.2	<i>Torneiras</i>	9
2.7.3	<i>Duchas</i>	10
2.7.4	<i>Mictórios</i>	10
2.7.5	<i>Pontos de ducha higiênicas</i>	10
2.8	Sustentabilidade e desperdício de água.....	11
3	METODOLOGIA	17
3.1	Caracterização da Edificação Estudada.....	17
3.2	Análise dos resultados.....	19
3.3	Construção/Direcionamento do Formulário.....	22
3.4	Pré-teste do instrumento de coleta de dados e seu aperfeiçoamento.....	22
4	RESULTADOS	25
4.1	Quantitativo total de peças instaladas.....	25
4.2	Caracterização dos blocos e critério de análise.....	26

4.3	Análise das peças hidrossanitárias	26
4.3.1	<i>Torneiras</i>	26
4.3.2	<i>Vasos sanitários</i>	36
4.3.3	<i>Mictórios.....</i>	45
4.3.4	<i>Duchas.....</i>	51
4.4	Limitações da pesquisa e recomendações para trabalhos futuros.....	55
5	CONCLUSÕES	57
6	REFERÊNCIAS.....	62
7	APÊNDICE A.....	65
8	APÊNDICE B	68

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial à vida e ao desenvolvimento das sociedades, mas enfrenta crescentes desafios de disponibilidade e uso racional. Estimativas da UNESCO (2021) e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2024) mostram que a demanda por água tem aumentado em ritmo acelerado, ao mesmo tempo em que o desperdício e as ineficiências comprometem a segurança hídrica global e nacional (Júnior, 2015). No Brasil, apesar da ampla disponibilidade de recursos hídricos, os contrastes regionais e a falta de gestão adequada resultam em situações recorrentes de escassez, sobretudo no Nordeste.

No contexto das edificações, especialmente em ambientes coletivos como escolas e universidades, o consumo de água assume papel relevante. Estudos apontam que grande parte do desperdício é consequência de patologias em sistemas hidrossanitários, como vazamentos, falhas em válvulas de descarga, torneiras e mictórios (Júnior, 2015). Tais problemas não apenas aumentam os custos das instituições, mas também comprometem o uso racional da água e a eficiência hídrica.

Para garantir eficiência, normas técnicas como a (ABNT NBR 5626, 2020) estabelece diretrizes para o dimensionamento e manutenção das instalações, reforçando a importância da prevenção de falhas. Além disso, iniciativas como o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) e certificações internacionais, a exemplo da (ANQIP, 2025) em Portugal, evidenciam o papel da inovação e da gestão na redução de perdas.

Diante desse cenário, este trabalho tem como objeto de estudo os banheiros do campus Juazeiro do Norte da Universidade Federal do Cariri (UFCA). A instituição, por receber diariamente um grande número de usuários, apresenta elevado potencial de impacto em termos de consumo de água e de necessidade de manutenção preventiva. Assim, a análise das patologias presentes, aliada à proposição de melhorias técnicas e econômicas, torna-se essencial para promover o uso racional da água em seus espaços.

Foi desenvolvida a metodologia da pesquisa, com a elaboração e validação de um instrumento digital de coleta de dados voltado à identificação e classificação de patologias em peças hidrossanitárias. A aplicação piloto no Bloco C do campus Juazeiro do Norte da Universidade Federal do Cariri permitiu testar os critérios de registro, ajustar as variáveis de análise e aprimorar a padronização das inspeções, garantindo maior confiabilidade aos dados.

Após essa etapa inicial, a pesquisa avançou para a fase de aplicação completa da metodologia, abrangendo a inspeção sistemática dos blocos acadêmicos do campus Juazeiro do

Norte da Universidade Federal do Cariri (UFCA). Foram avaliados vasos sanitários, torneiras, duchas e mictórios, considerando aspectos como funcionamento, ocorrência de vazamentos, desempenho dos mecanismos de acionamento, variação de vazão e estado de conservação dos componentes.

A abordagem adotada combina análise quantitativa por meio da consolidação estatística das ocorrências e análise qualitativa considerando severidade das falhas, padrão de uso e potencial de impacto no consumo hídrico. Tal integração permite não apenas descrever o cenário encontrado, mas interpretá-lo criticamente sob a ótica da engenharia predial e da gestão pública.

Além do diagnóstico técnico, o estudo buscou estimar o impacto potencial das patologias identificadas no consumo institucional de água, fornecendo subsídios para priorização de intervenções corretivas e para formulação de diretrizes de manutenção preventiva. A pesquisa, portanto, não se limita à identificação de problemas, mas propõe bases técnicas para tomada de decisão fundamentada.

Sob a perspectiva acadêmica, o trabalho contribui ao demonstrar a aplicabilidade de metodologia estruturada de inspeção em edificações públicas de ensino superior, oferecendo modelo replicável e passível de adaptação a outras instituições. Do ponto de vista institucional, trabalhos dessa natureza podem subsidiar políticas internas de eficiência hídrica, alinhadas aos princípios de sustentabilidade e responsabilidade socioambiental.

Assim, o presente estudo insere-se na interface entre engenharia civil, gestão predial e sustentabilidade, reafirmando o papel das universidades públicas como espaços não apenas de produção de conhecimento, mas também de aplicação prática de soluções voltadas à racionalização de recursos e à melhoria contínua de suas próprias infraestruturas.

1.1 Objetivos

Analisar as patologias hidrossanitárias nos banheiros da Universidade Federal do Cariri (UFCA), campus Juazeiro do Norte – CE.

Como objetivos específicos, o estudo propõe:

- Elaboração de um modelo de formulário eletrônico padronizado e replicável para o levantamento de patologias hidrossanitárias, integrado ao registro fotográfico e à geração automática de planilhas;

- Caracterizar as peças hidrossanitárias existentes nos banheiros da UFCA;
- Identificar as principais patologias associadas ao desperdício de água;
- Propor medidas de melhoria que contribuam para a eficiência hídrica e a sustentabilidade da edificação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conservação da água em edificações

Segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021 – O Valor da Água (UNESCO, 2021), o uso global de água doce aumentou seis vezes no último século e cresce cerca de 1% ao ano desde a década de 1980. A agricultura é responsável por aproximadamente 69% do consumo mundial, seguida pela indústria com 19% e pelos municípios com 12%. Apesar de apenas 20% das terras cultivadas serem irrigadas, elas concentram 40% da produção de alimentos, o que evidencia a forte dependência hídrica do setor.

Ainda de acordo com a (UNESCO, 2021), estima-se que até 2050 a demanda por alimentos aumente em 60%, embora a disponibilidade de água para a agricultura só possa crescer em torno de 10%, resultando em risco de déficit hídrico global de 40% até 2030.

Soma-se a isso o desperdício, que consome cerca de 24% da água usada na produção de alimentos, e a baixa qualidade dos recursos, pois aproximadamente 80% das águas residuais industriais e municipais são descartadas sem tratamento. A indústria e o setor energético também pressionam os recursos, com tendência de duplicação da captação até 2030, (UNESCO, 2021).

Regionalmente, a América Latina dispõe de alta disponibilidade hídrica, mas enfrenta conflitos de uso; a Ásia e o Pacífico concentram a maior população com apenas 36% da água doce mundial; e os Estados Árabes já utilizam mais de 100% de seus recursos renováveis, dependendo da dessalinização e do reuso, (UNESCO, 2021).

No Brasil, mesmo sendo um dos países com maior disponibilidade hídrica do mundo, o uso da água é marcado por desigualdades regionais e por ineficiências que agravam o risco de escassez. Em 2022, a retirada total de água foi estimada em 2.035,2 m³/s, equivalente a aproximadamente 64 trilhões de litros por ano. Desse volume, a maior parcela foi direcionada à irrigação (50,5%), seguida pelo abastecimento urbano (23,9%) e pela indústria (9,4%) (ANA, 2024). Ainda assim, no mesmo ano, cerca de 7 milhões de pessoas foram afetadas por secas e estiagens, sobretudo na região Nordeste, que concentram 45% dos registros desses fenômenos no país. (ANA, 2024)

Do ponto de vista econômico, os dados das Contas Econômicas Ambientais da Água

(CEAA) revelam que, em 2017, foram necessários 6,3 litros de água para cada R\$ 1 gerado pela economia brasileira. O consumo diário per capita foi de 116 litros, mas com fortes contrastes regionais: 143 litros no Sudeste, 121 no Sul, 114 no Centro-Oeste, 84 no Norte e apenas 83 litros no Nordeste (ANA, 2020). Além disso, a maior parte da água utilizada no país, cerca de 88,5% têm origem no solo (subterrânea), com as águas superficiais e do mar representando frações menores (ANA, 2020).

Esses dados evidenciam a necessidade de iniciativas mais eficazes de conservação da água, especialmente no ambiente urbano, onde o uso doméstico e predial, embora proporcionalmente menor, concentra volumes significativos quando analisado em escala.

Isso se torna ainda mais relevante ao observar o consumo de água em edificações coletivas, como escolas, universidades, hospitais e prédios administrativos. Diversos estudos realizados em instituições de ensino superior brasileiras revelam o potencial de economia de água com medidas simples de gestão e manutenção predial.

Na Universidade Federal de Goiás, por exemplo, observou-se que os setores administrativos consumiam, em média, 36 a 40 litros por funcionário/dia, enquanto o consumo médio por aluno ficou entre 15 e 17 litros diários. Além disso, quase 50% das ordens de manutenção corretiva referiam-se a vazamentos em torneiras, evidenciando o impacto das patologias em peças hidráulicas no desperdício (Veiga, 2022).

Outro estudo, realizado na Universidade de Brasília (UnB), demonstrou que a simples substituição de bacias sanitárias convencionais por modelos com duplo acionamento proporcionou uma redução de 24% a 31% no consumo de água dos banheiros. A pesquisa ainda identificou falhas estruturais em registros e descargas, apontando para a necessidade de inspeções periódicas e manutenção preventiva como estratégias-chave na conservação dos recursos hídricos (Gnoatto; Henning; Kalbusch, 2023).

Na instituição estadual, Universidade de Pernambuco (UPE), a situação também foi reveladora. Um levantamento técnico apontou que cerca de 20% dos equipamentos hidrossanitários possuíam algum tipo de falha ou patologia, com consumo médio de apenas 6,42 litros por usuário/dia. O estudo indicou que melhorias pontuais nos equipamentos, aliadas à educação dos usuários, poderiam reduzir ainda mais o consumo (Da Silva; Do Prado; Soares, 2019).

Segundo Ywashima (2005), o consumo de água em edificações é composto por uma

parcela de uso efetivo e outra de desperdício, sendo este último decorrente de vazamentos ou mau uso das peças hidrossanitárias. A autora avaliou o consumo em escolas públicas e demonstrou que intervenções como a substituição de torneiras convencionais por modelos hidromecânicos e a instalação de bacias com volume de descarga reduzido podem reduzir significativamente o consumo de água.

Os autores desses trabalhos (Da Silva; Do Prado; Soares, 2019; Gnoatto; Henning; Kalbusch, 2023; Veiga, 2022; Ywashima, 2005) mostram que, mesmo quando os números de consumo parecem baixos em termos absolutos, o desperdício causado por gotejamentos, vazamentos ou sistemas ineficientes acaba prejudicando o uso racional da água. Além disso, muitas vezes o uso da água é subestimado em ambientes coletivos, onde as pessoas não têm contato direto com o custo ou o fornecimento, o que torna ainda mais importante a implementação de políticas de monitoramento e conscientização por parte das instituições.

A literatura mostra que a conservação da água em edificações coletivas, como ambiente escolar, deve ser entendida não apenas como uma medida técnica, mas como uma diretriz pedagógica e ética, que contribui para a formação de uma cultura de sustentabilidade.

O controle do consumo e a manutenção preventiva de peças hidráulicas como vasos sanitários, torneiras, mictórios e duchas devem ser parte integrante dos projetos de gestão predial, especialmente em instituições públicas, onde a eficiência no uso dos recursos também se traduz em responsabilidade social.

2.2 Normas técnicas de Instalações Prediais

Os edifícios possuem um conjunto de sistemas projetados para assegurar o fornecimento de água potável, o aquecimento da água, a coleta e o descarte de esgoto sanitário, além da drenagem eficiente das chuvas. Cada um desses sistemas é regulado por normas técnicas específicas que orientam seu dimensionamento, implementação e cuidados. As instalações prediais hidrossanitárias são regidas por normas técnicas que orientam desde o projeto até a execução e manutenção dos sistemas.

No caso da NBR 5626 (ABNT, 2020), que trata das instalações de água fria e água quente, o objetivo é assegurar o fornecimento de água potável em condições adequadas de vazão, pressão e qualidade. Essa norma aborda elementos como tubulações, reservatórios, conexões, registros e peças de utilização, diretamente relacionados ao presente estudo, já que englobam dispositivos como vasos sanitários, torneiras, mictórios e duchas.

Além disso, a antiga NBR 7198(ABNT, 1993), atualmente substituída por versões mais recentes, pode ser utilizada como referência complementar, pois estabelece parâmetros para as instalações de água quente, abrangendo aquecedores, tubulações resistentes a altas temperaturas, válvulas de segurança e pontos de utilização, como chuveiros e torneiras. Ainda que o presente estudo não envolva a análise prática desse sistema, a menção à norma é pertinente, uma vez que ela integra o conjunto das instalações prediais de água e contribui para a compreensão geral do desempenho das edificações.

Percebe-se que os sistemas de água fria, água quente, esgoto sanitário e águas pluviais trabalham juntos para assegurar que os ambientes sejam saudáveis, confortáveis e seguros. Este estudo foca nas falhas que podem acontecer nas partes relacionadas ao sistema de água fria, porém também reconhece a importância dos outros subsistemas para o funcionamento geral do prédio.

2.3 Patologias em Sistemas hidrossanitários

As patologias em sistemas prediais podem ser compreendidas como anomalias, falhas ou defeitos que comprometem o desempenho, a durabilidade e a segurança das instalações de um edifício. Nos sistemas hidrossanitários, essas patologias se manifestam em tubulações, conexões, reservatórios, bombas e demais equipamentos responsáveis pelo abastecimento e escoamento de água, podendo gerar prejuízos funcionais, estruturais e até riscos à saúde dos usuários.

Conforme destaca (Rocha, 2007), toda edificação está sujeita ao desgaste natural decorrente do uso e da ação do tempo sobre suas instalações, o que pode ocasionar infiltrações, vazamentos, corrosão e falhas de funcionamento que, além de afetarem diretamente os sistemas hidráulicos e sanitários, podem interferir em outros subsistemas da edificação e gerar custos adicionais de reparo. Nesse sentido, de acordo com o autor, compreender a origem e os impactos dessas patologias é fundamental para a adoção de medidas preventivas, como inspeções periódicas e manutenção adequada, assegurando maior vida útil às instalações e segurança aos ocupantes.

2.4 Principais patologias

Os problemas em sistemas hidrossanitários podem ser compreendidos como manifestações resultantes do desgaste natural, de falhas de projeto ou de execução, bem como

da ausência de manutenção adequada. Entre as mais recorrentes destacam-se vazamentos em tubulações e conexões, infiltrações em paredes e lajes, entupimentos em ramais de esgoto, corrosão de materiais metálicos e falhas em equipamentos como bombas e reservatórios. Essas ocorrências comprometem o desempenho do sistema, gerando desperdício de água, danos às estruturas e desconforto aos usuários (Júnior, 2015).

Estudos complementares, como o de Boni *et al.*, (2022), evidenciam ainda que problemas simples, como defeitos em válvulas e louças sanitárias, quando não corrigidos, podem levar à interdição de equipamentos, reforçando a necessidade de manutenção contínua.

2.5 Importância da análise

A avaliação das condições dos sistemas hidrossanitários desempenha papel essencial na identificação de falhas e na definição de medidas para preservar sua durabilidade. Leite, (2022) destaca que muitas manifestações de anomalias têm origem em falhas de projeto, execução e na escolha inadequada de materiais, mas se agravam principalmente pela ausência de manutenção contínua após a entrega da edificação.

O autor reforça que a análise criteriosa dessas falhas possibilita a adoção de soluções adequadas, reduzindo custos futuros e evitando riscos ao funcionamento da edificação. Nesse sentido, a manutenção preventiva se mostra mais eficaz que intervenções corretivas tardias, tornando a análise um recurso indispensável para assegurar a qualidade e a vida útil dos sistemas hidrossanitários.

2.6 Interferência em outros sistemas

As manifestações de falhas em sistemas hidrossanitários não se limitam às próprias instalações, mas acabam interferindo em outros elementos da edificação. Andrade *et al.*, (2021) mostram que infiltrações, vazamentos e corrosão em tubulações podem gerar manchas, mofo e degradação de revestimentos, além de comprometer alvenarias e estruturas de suporte.

O estudo também evidencia que problemas em calhas e condutores pluviais podem provocar transbordamentos e umidade em vigas e paredes, enquanto falhas em reservatórios e bombas comprometem o abastecimento e a funcionalidade geral do edifício.

Ainda de acordo com o autor, nas instalações de combate a incêndio, patologias como corrosão, vazamentos e entupimentos reduzem a eficiência do sistema e impactam diretamente

a segurança dos usuários. Dessa forma, fica claro que as falhas hidrossanitárias têm repercussões que extrapolam seu próprio sistema, afetando a integridade, o desempenho e a segurança da edificação como um todo.

2.7 Metodologias para detecção de patologias

A identificação das anomalias relacionadas ao desperdício de água em sistemas prediais de água fria é realizada com foco na conservação e no uso racional do recurso. Para isso, torna-se necessário avaliar as peças hidráulicas de uso terminal por meio de inspeções visuais e ensaios técnicos, fundamentados tanto na literatura especializada, como Carvalho Júnior (2015), quanto nas normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em especial a NBR 5626 (ABNT, 2020), que estabelece diretrizes para o desempenho, operação e manutenção das instalações hidrossanitárias.

Nesse contexto, as normas da ABNT fornecem os critérios técnicos para verificação das condições de funcionamento, estanqueidade e desempenho dos sistemas, enquanto a literatura contribui com métodos práticos de inspeção e identificação de falhas recorrentes em campo. A seleção e aplicação dos procedimentos adotados consideram a viabilidade prática, bem como a adequação de cada ensaio às características da edificação analisada.

As peças contempladas no escopo da investigação incluem vasos sanitários, torneiras, duchas, mictórios e pontos de ducha sem equipamento instalado. Os procedimentos previstos para cada componente são descritos a seguir.

2.7.1 Vasos sanitários

De acordo com Carvalho Júnior (2015), verificações possíveis a serem observadas em bacias sanitárias são listadas:

- Verificação visual de vazamentos internos contínuos, identificados por ruído constante ou movimentação da água no interior da bacia;
- Teste com papel higiênico ou corante para detecção de micro vazamentos entre o mecanismo de descarga e a bacia;
- Inspeção do estado de conservação da válvula de descarga ou da caixa acoplada, com atenção a flutuadores, vedações e mecanismos de acionamento;
- Ensaio de estanqueidade para avaliar o desempenho do sistema de vedação em repouso;

2.7.2 Torneiras

Dentre as possíveis patologias a serem verificadas em torneiras, segundo Carvalho Júnior

(2015), é possível listar:

- Verificação visual e auditiva para identificar gotejamentos com a peça em posição de fechamento;
- Análise da existência e do funcionamento de arejadores e restritores de vazão;

- Ensaio de estanqueidade por meio da observação do mecanismo interno após ciclos de abertura e fechamento;
- Medição da vazão com recipiente graduado, permitindo estimar o consumo em litros por minuto;
- Avaliação de gotejamentos residuais após o uso, indicativos de falhas de vedação.

2.7.3 Duchas

Ainda de acordo com Carvalho Júnior (2015) verificação de patologias em duchas incluem:

- Medição da vazão em regime de funcionamento, com cálculo do consumo em L/min;
- Inspeção do espalhador e do registro de acionamento quanto a defeitos ou obstruções;
- Verificação de vazamentos na conexão com a parede ou no corpo do equipamento;
- Análise do padrão de jato, considerando eficiência e uniformidade na distribuição da água.

2.7.4 Mictórios

Para os mictórios conforme Carvalho Júnior (2015), é possível listar as seguintes observações de patologias:

- Observação do acionamento da descarga, com registro do tempo de fluxo e do volume liberado;
- Inspeção de válvulas temporizadas ou sensores, avaliando tempo de resposta e funcionamento;
- Identificação de vazamentos contínuos após o acionamento;
- Estimativa do volume consumido por ciclo de uso, comparado a parâmetros de desempenho hidrossanitário.

2.7.5 Pontos de ducha higiênicas

De acordo com Carvalho Júnior (2015), em pontos de duchas higiênicas é possível observar as seguintes patologias:

- Inspeção visual para detectar fluxos de água em ausência do equipamento, indicando falhas de vedação;
- Medição da pressão de entrada, a fim de identificar valores excessivos que possam ocasionar desperdício de água após a instalação da ducha;

- Incrustações ou obstruções na tubulação de alimentação, decorrentes de resíduos sólidos ou acúmulo de sedimentos;
- Deterioração de conexões e vedantes, provocada pela ação do tempo, produtos de limpeza ou variações de temperatura;
- Corrosão ou desgaste de componentes metálicos em pontos expostos à umidade constante;
- Fissuras e vazamentos ocultos em registros e derivações do ponto hidráulico, que podem ocorrer mesmo sem o equipamento instalado.

2.8 Sustentabilidade e desperdício de água

A procura por alternativas que reduzam o uso excessivo de água tem levado ao avanço de tecnologias e políticas focadas na eficiência do uso da água em construções. No contexto global, nota-se a implementação de sistemas de certificação e dispositivos avançados que podem diminuir consideravelmente o desperdício em sistemas hidrossanitários. Essas ações destacam a importância da sustentabilidade como um aspecto fundamental na organização e na administração dos recursos hídricos.

A gestão eficiente da água nos edifícios tem se tornado uma prioridade mundial diante da crescente escassez de recursos hídricos. Em países mediterrânicos, onde o consumo elevado e os períodos de seca são desafios constantes, surgiram diversas iniciativas voltadas para a redução de desperdícios.

Um exemplo emblemático é o caso de Portugal, estudado por Silva; Pimentel, (2011), que destaca a importância de medidas regulatórias e tecnológicas para alcançar maior eficiência hídrica em instalações prediais.

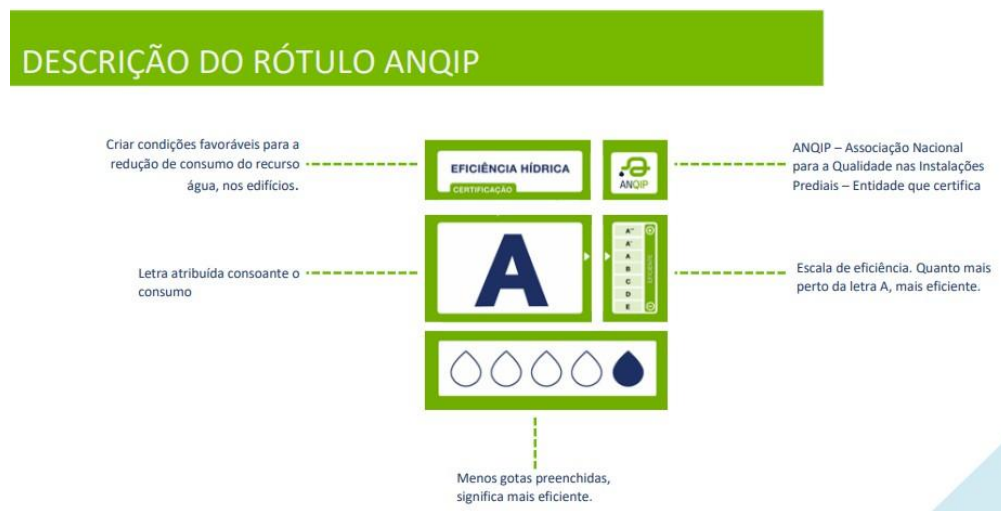
Nesse cenário, é importante destacar o papel da Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP, 2025), uma organização técnico-científica sem fins lucrativos que se dedica a promover a qualidade e a sustentabilidade nas instalações de edifícios, com uma ênfase particular no ciclo da água.

Segundo a própria entidade, as perdas de água em Portugal superam 240 milhões de metros cúbicos anualmente, resultando em perdas econômicas que chegam a cerca de 400 milhões de euros por ano. Esse método de certificação é visto como uma das grandes inovações no cenário mundial para a redução do desperdício de água.

Com base nas Especificações Técnicas (ETA) criadas por grupos da ANQIP e em testes realizados em laboratórios reconhecidos, ele analisa itens como torneiras, chuveiros e descargas.

A avaliação é apresentada através de um selo de eficiência hídrica, que varia de A a A++. O nível A indica um equilíbrio perfeito entre um consumo reduzido e a comodidade de uso, enquanto as classificações superiores são destinadas a usos específicos. A etiqueta também incorpora ícones no formato de gotas cheias, de modo que um menor número de gotas representa uma maior eficiência do produto, como mostra a Figura 1.

Figura 1- Selo de descrição do rótulo do produto de acordo com a ANQIP



Fonte: ANQIP. Catálogo de produtos certificados – Autoclismos. Aveiro, 2025.

Nos catálogos de produtos certificados observa-se a aplicação prática desse sistema na Figura 2. No caso dos autoclismos, destacam-se os modelos de dupla descarga (dual flush), que oferecem a possibilidade de utilizar diferentes volumes de água conforme a necessidade, e os de descarga interrompida, que permitem ao usuário controlar a quantidade liberada. Esses mecanismos podem reduzir em até 50% o consumo de água nas descargas sanitárias.

Figura 2 - Autoclismo “Iara Duo” certificado pela ANQIP, modelo de dupla descarga, que permite reduzir o consumo de água em até 50% nas descargas sanitárias



Fonte: ANQIP. Catálogo de produtos certificados – Autoclismos. Aveiro, 2025.

No segmento de torneiras e chuveiros, a certificação leva em conta a vazão em litros por minuto, como mostra a Figura 3. Além disso, são incentivados acessórios como arejadores, que misturam ar à água, proporcionando a mesma sensação de conforto, mas com menor volume consumido. Essa tecnologia mostra como é possível aliar inovação, conforto e sustentabilidade em produtos de uso diário.

Figura 3- Exemplo de torneira certificada pela ANQIP, com sistema de redução de vazão para economia de água.



Fonte: ANQIP. Catálogo de produtos certificados – Torneiras e acessórios. Aveiro, 2025.

A experiência portuguesa, documentada tanto pela ANQIP quanto pelos estudos internacionais, ilustra como políticas de incentivo à eficiência, somadas à certificação voluntária e ao engajamento dos fabricantes, podem gerar impactos positivos. O modelo não apenas reduz o consumo de água e energia, como também promove mudanças culturais no comportamento dos usuários, ao fornecer informações claras sobre a eficiência dos produtos que utilizam.

Já no Brasil o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) foi instituído pelo Governo Federal em 1998, sendo atualmente coordenado pelo Ministério do Desenvolvimento Regional. Trata-se de uma política pública que busca elevar os padrões de qualidade, produtividade e sustentabilidade no setor da construção civil brasileira. Seu objetivo central é organizar o setor em torno de instrumentos de qualificação de empresas construtoras e fabricantes de materiais, de modo a garantir que os empreendimentos habitacionais sejam executados em conformidade com requisitos técnicos, normativos e ambientais. (PBQP-H)

O programa estrutura-se em dois eixos principais: o Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SiAC) e o Sistema de Qualificação de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos (SiMaC). O SiAC é responsável por avaliar o nível de gestão da qualidade adotado pelas empresas construtoras, em

diferentes graus de maturidade, inspirando-se em diretrizes da ISO 9001, mas adaptado à realidade da construção civil. Já o SiMaC tem como foco garantir que os materiais e componentes utilizados nas edificações estejam em conformidade com normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), assegurando desempenho, durabilidade e redução de falhas construtivas (ABNT, 2015).

Ao alinhar a construção civil a requisitos normativos e de qualidade, o PBQP-H também se conecta às dimensões da sustentabilidade. Em um setor historicamente marcado por elevados índices de desperdício de insumos e por patologias construtivas recorrentes, a adoção de práticas orientadas pelo programa favorece a racionalização do uso de recursos naturais, entre eles a água. Instalações hidrossanitárias mal projetadas ou executadas de forma inadequada podem resultar em perdas significativas, seja por vazamentos, infiltrações ou uso de materiais de baixa qualidade. Assim, ao exigir a conformidade de processos e componentes, o PBQP-H contribui para a eficiência hídrica das edificações, reduzindo desperdícios e promovendo um ciclo de vida mais sustentável das construções (Souza Filho *et al.*, 2025).

Nesse sentido, pode-se afirmar que o PBQP-H transcende a função de mero instrumento de avaliação da qualidade construtiva, consolidando-se como uma ferramenta estratégica para o enfrentamento de desafios ambientais contemporâneos, como a crise hídrica. A integração entre qualidade construtiva e sustentabilidade fortalece a necessidade de obras que não apenas atendam às exigências técnicas, mas que também sejam capazes de otimizar o uso da água, recurso natural cada vez mais escasso e essencial à manutenção da vida (Junior *et al.*, 2020).

Portanto, o PBQP-H deve ser compreendido como parte de um movimento mais amplo de modernização e responsabilidade socioambiental da construção civil brasileira, atuando não apenas na padronização e melhoria da produtividade do setor, mas também na redução de impactos ambientais decorrentes da má utilização de insumos e da ausência de práticas sustentáveis.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Edificação Estudada

Este estudo foi realizado no campus Juazeiro do Norte da Universidade Federal do Cariri (UFCA). A UFCA é uma instituição pública federal de ensino superior, criada pela Lei nº 12.826, de 5 de junho de 2013, como resultado do desmembramento da Universidade Federal do Ceará (UFC). Sua sede administrativa está localizada em Juazeiro do Norte, Ceará, possuindo ainda campi nas cidades de Crato, Barbalha, Brejo Santo e Icó. A criação da UFCA representou um marco importante para a interiorização do ensino superior no estado do Ceará, sobretudo na região do Cariri, reconhecida por sua relevância histórica, cultural e socioeconômica (UFCA, 2025).

Antes de sua autonomia, a presença da UFC na região já havia iniciado no início do século XXI. Em 2001, foi implantado o curso de Medicina em Barbalha, funcionando como uma extensão da UFC. Posteriormente, no âmbito do programa de expansão das universidades federais, a UFC implantou em 2006 novos cursos na região, como Administração, Agronomia, Biblioteconomia, Engenharia Civil e Filosofia, localizados nos municípios de Juazeiro do Norte e Crato. Esse movimento fortaleceu a consolidação do ensino superior público no Cariri, estimulando também a criação de infraestrutura acadêmica e administrativa (UFCA, 2025).

Em 20 de agosto de 2008, foi inaugurada a sede do então Campus Avançado da UFC no Cariri, em Juazeiro do Norte, o que permitiu a ampliação da oferta de cursos. Nos anos seguintes, foram implantados novos cursos de graduação, como Jornalismo, Engenharia de Materiais, Educação Musical (atual Licenciatura em Música), Design de Produto (atual Bacharelado em Design) e Administração Pública. Em 2011, foi inaugurado o campus do Crato, reforçando a interiorização da universidade (UFCA, 2025).

A autonomia institucional ocorreu oficialmente em 2013, com a criação da UFCA. A partir desse momento, a universidade passou a expandir suas atividades acadêmicas, inaugurando o Instituto de Formação de Educadores, no município de Brejo Santo, e o Centro de Educação a Distância (“Centro de Educação a Distância (Cead) – Universidade Federal do Cariri”), em Icó, consolidando-se como uma instituição *multicampi*. Em 2017, foi concluído o processo de transferência dos bens físicos e patrimoniais do antigo campus da UFC no Cariri para a UFCA, garantindo plena autonomia administrativa e estrutural (UFCA, 2025).

Atualmente, a UFCA desenvolve suas atividades fundamentadas nos quatro pilares da

universidade pública: ensino, pesquisa, extensão e cultura. Sua missão institucional está voltada para a inclusão social, produção de conhecimento e promoção do desenvolvimento territorial sustentável da região do Cariri e do interior do Ceará (UFCA, 2025).

A universidade oferece cursos de graduação, mestrado e doutorado, além de atuar de forma significativa em programas de extensão universitária, que fortalecem o vínculo entre a instituição e a comunidade regional. Assim, a UFCA representa não apenas a consolidação do ensino superior público na região, mas também um instrumento estratégico de desenvolvimento regional, contribuindo para a formação de profissionais qualificados, a produção científica e a valorização da identidade cultural do Cariri cearense (UFCA, 2025).

As edificações do campus em Juazeiro do Norte começaram a ser entregues em 2008, com a construção dos primeiros blocos acadêmicos, e se estenderam até 2019, ano da inauguração dos blocos mais recentes. Atualmente, o campus conta com aproximadamente 34.018,46 m² de área construída, distribuídos entre blocos acadêmicos, administrativos e quadras poliesportivas. Para fins desta pesquisa, serão considerados os blocos que possuem banheiros, bem como as duas quadras poliesportivas. A organização seguirá a ordem cronológica de construção:

- 2008–2009: Blocos A, B, C e D;
- 2010–2013: Blocos E, F e G;
- 2015–2016: Blocos H e I;
- 2017: Blocos J, K e L, além das duas quadras poliesportivas;
- 2019: Blocos M e N.

Ressalta-se que o Bloco R não será contemplado nesta pesquisa, uma vez que funciona também como moradia estudantil e abriga salas destinadas a ligas acadêmicas, centros acadêmicos e empresas juniores. Por apresentar características de uso e ocupação distintas dos demais blocos acadêmicos, sua inclusão poderia comprometer a uniformidade da análise proposta, voltada exclusivamente aos edifícios de caráter institucional.

O levantamento realizado contemplou exclusivamente os banheiros desses blocos, uma vez que são os ambientes que concentram as peças hidrossanitárias de interesse para este estudo. No total, foram quantificados num levantamento preliminar na data 19/09/2025, 234 vasos sanitários, 228 torneiras, 172 duchas e 62 mictórios. Além disso, foram identificados alguns pontos de ducha sem equipamento, e as quantidades foram levantadas durante o levantamento

de quantitativos.

Esses números permitiu antecipar a abrangência do estudo, evidenciando o potencial impacto do consumo e dos potenciais patologias relacionadas às instalações hidrossanitárias do campus.

As informações referentes ao quantitativo de usuários do campus de Juazeiro do Norte da Universidade Federal do Cariri (UFCA), mostrada na Figura 4, foram obtidas junto às Pró-Reitorias responsáveis, por meio de solicitações formais realizadas via e-mail e abertura de ticket. A Pró-Reitoria de Gestão de Pessoas (Progep), por meio de ticket, informou a quantidade de servidores efetivos, totalizando 483 servidores. A Pró-Reitoria de Administração (Proad), por e-mail, forneceu os dados referentes aos funcionários terceirizados, contabilizando 200 colaboradores. Já a Pró-Reitoria de Graduação (Prograd), também por e-mail, disponibilizou a quantidade de alunos matriculados, correspondendo a 2979 discentes. Esses dados foram utilizados para estimar o total de usuários do campus e subsidiar a análise proposta nesta pesquisa.

Figura 4- UFCA Campus Juazeiro do Norte



Fonte: Modificado de Google Earth Pro (23/02/2026)

3.2 Análise dos resultados

Para a realização da coleta de dados referente às instalações hidrossanitárias da UFCA, foi desenvolvido um formulário na plataforma do *Google Forms*, de inspeção digital, concebido de maneira a atender às necessidades específicas desta pesquisa e garantir a padronização e

sistematização dos dados coletados.

O formulário teve como principal objetivo registrar de forma detalhada não apenas a quantidade de peças hidrossanitárias, como vasos sanitários, torneiras, duchas e mictórios, e o tipo de banheiro seja feminino, masculino, sem gênero ou acessível, bem como a localização exata dentro de cada bloco e andar. Essa abordagem permitiu um mapeamento completo e preciso das instalações, garantindo que todos os ambientes relevantes fossem contemplados de maneira uniforme e igual.

O desenvolvimento do formulário foi pautado em princípios claros, de forma que pudesse ser utilizado com facilidade e de maneira objetiva.

Cada campo foi estruturado para coletar informações que pudessem ser analisadas quantitativamente, e para permitir observações qualitativas, como o estado de conservação das peças, sinais de desgaste ou vazamentos e outras irregularidades que pudessem impactar o consumo de água. Esse nível de detalhamento foi fundamental para fornecer subsídios confiáveis para análises posteriores sobre a eficiência do uso da água e a identificação de possíveis pontos críticos de desperdício.

A escolha do formato digital para o formulário representou um aspecto estratégico da metodologia. Além de facilitar o preenchimento em campo, o formato digital possibilitou a integração direta com planilhas eletrônicas, eliminando a necessidade de transcrição manual dos dados, o que reduz significativamente a ocorrência de erros e agiliza o processamento das informações.

Essa integração ainda permitiu que os dados fossem facilmente organizados, filtrados e analisados, possibilitando a construção de tabelas e gráficos que apresentam o consumo potencial de água de forma clara e objetiva.

Além do registro textual, o levantamento foi complementado por um levantamento fotográfico das instalações, que teve múltiplas finalidades. Primeiramente, as fotografias serviram para validar visualmente as informações registradas no formulário, assegurando que eventuais inconsistências fossem detectadas e corrigidas. Em segundo lugar, elas funcionaram como um documento visual de apoio, permitindo análises futuras sem a necessidade de retorno físico aos locais inspecionados. Por último, as imagens também possibilitaram identificar padrões de uso, condições de manutenção e possíveis irregularidades que não seriam perceptíveis apenas com os dados numéricos, ampliando a compreensão sobre a realidade das

instalações.

A combinação do formulário digital com o levantamento fotográfico proporcionou um método de coleta de dados eficiente que permitisse tanto a análise quantitativa quanto qualitativa das instalações.

Esse procedimento garantiu que os resultados obtidos refletissem com precisão a situação real das peças hidrossanitárias no campus Juazeiro do Norte da UFCA, permitindo a identificação de pontos críticos, bem como a proposição de medidas de melhoria na gestão do consumo de água.

Além disso, essa metodologia é replicável, podendo ser aplicada em futuras inspeções de patologias ou em outros contextos institucionais ou de diferentes ambientes, mantendo o padrão de organização, detalhamento e confiabilidade.

Por fim, a utilização de um formulário digital estruturado e complementado por fotografias evidencia a preocupação com a rigorosidade científica, com a padronização dos dados e com a eficiência do processo de coleta, elementos essenciais para que a pesquisa possa gerar resultados consistentes e passíveis de fundamentar recomendações práticas e decisões relacionadas à gestão sustentável da água dentro da universidade.

A análise dos dados obtidos por meio das inspeções foi conduzida com o objetivo de estabelecer um critério de priorização das falhas detectadas. Para isso, foi considerada uma abordagem qualitativa, baseada em três fatores principais: frequência de ocorrência, severidade do problema e impacto no consumo de água.

As patologias identificadas nas peças hidráulicas foram classificadas conforme o grau de desperdício que representam, permitindo organizar as anomalias de acordo com critérios de avaliação. A forma como essa análise foi realizada está descrita nos tópicos a seguir. Essa classificação visa facilitar a identificação de falhas que demandam intervenção imediata, principalmente aquelas que resultam em desperdício constante do sistema.

Os resultados obtidos foram organizados e apresentados por meio de gráficos e representações visuais, de modo a possibilitar uma análise objetiva. Dentre os aspectos destacados nos gráficos, incluem-se:

- Frequência das principais patologias identificadas;
- Tipos de peças hidráulicas com maior ocorrência de problemas;
- Distribuição do grau de desperdício entre os pontos avaliados;

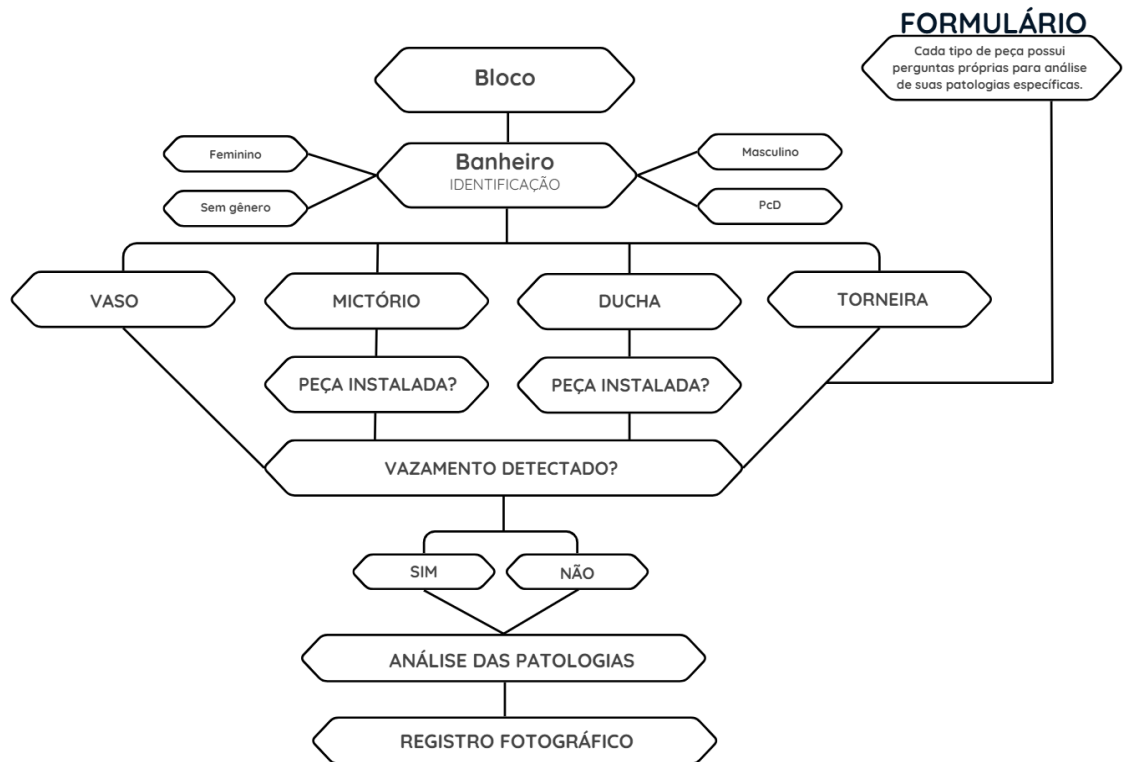
- Blocos e unidades com maior concentração de falhas;
- Estimativa da relevância de cada falha em termos de desperdício de água.

Essa organização dos dados permitiu compreender com maior precisão quais elementos do sistema hidráulico predial contribuem mais significativamente para o desperdício consequentemente permitindo sugestão de propostas de intervenção.

3.3 Construção/Direcionamento do Formulário

A Figura 5 apresenta o fluxograma do funcionamento do formulário eletrônico que direciona as perguntas para os aparelhos e instalações, facilitando a coleta de dados.

Figura 5- Fluxograma de direcionamento do formulário



Fonte: Autores (2025)

3.4 Pré-teste do instrumento de coleta de dados e seu aperfeiçoamento

Durante a execução das inspeções no Bloco C da UFCA, como um pré-teste do instrumento de observação de patologias de banheiros, foram observadas diversas dificuldades práticas relacionadas à estrutura inicial do formulário digital desenvolvido para a coleta de dados. Embora o instrumento tenha sido planejado de forma detalhada, a aplicação em campo revelou situações que não haviam sido previstas na etapa de elaboração, exigindo ajustes para

aprimorar sua funcionalidade e adequação às condições reais de uso.

Entre as principais dificuldades encontradas, destacou-se a necessidade de reorganizar a estrutura das perguntas, uma vez que, na prática, a coleta de informações por tipo de peça hidrossanitária mostrou-se mais eficiente do que a coleta por ambiente completo.

Inicialmente, o formulário havia sido configurado para abranger todo o banheiro em uma única submissão; no entanto, verificou-se que essa abordagem dificultava o registro preciso das patologias específicas de cada equipamento, além de comprometer a clareza na organização dos dados obtidos.

Diante dessa constatação, optou-se por reformular o instrumento de coleta, estruturando-o de modo que cada formulário correspondesse a uma peça individual como vasos sanitários, torneiras, mictórios e duchas permitindo um controle mais sistemático das informações e facilitando a análise quantitativa posterior. Essa alteração também possibilitou uma melhor integração com o levantamento fotográfico, visto que cada fotografia pôde ser vinculada diretamente à peça avaliada, garantindo rastreabilidade e precisão na identificação dos pontos inspecionados.

Para assegurar a correta identificação e correspondência entre os registros e as imagens coletadas, foi estabelecido um sistema de numeração sequencial das peças em cada banheiro. A numeração seguia uma ordem definida a partir da primeira pia observada, prosseguindo-se para as demais peças, independentemente do sentido adotado (horário ou anti-horário). Essa padronização permitiu manter a coerência entre o formulário e o registro fotográfico, evitando ambiguidades e facilitando a posterior organização e interpretação dos dados.

Durante as inspeções, também foram observadas modificações recentes na configuração de alguns banheiros, especialmente em relação à adequação de banheiros masculinos para o modelo sem gênero. Nesses casos, verificou-se a remoção dos mictórios para tornar o espaço inclusivo e utilizável por qualquer identificação de gênero, o que exigiu ajustes no formulário a fim de refletir corretamente a nova tipologia dos ambientes. Essa atualização foi fundamental para garantir que o levantamento representasse a atual realidade física e funcional das instalações, evitando inconsistências e classificações inadequadas.

Também foram incluídas perguntas que possibilitassem identificar se o equipamento se encontrava em uso ou se havia apenas o ponto de instalação. Essas adequações contribuíram para tornar o formulário mais claro e coerente com a realidade observada durante as inspeções,

permitindo que os dados coletados representassem de forma mais precisa as condições das instalações hidrossanitárias da instituição.

O processo de aperfeiçoamento do formulário demonstrou a importância da validação prática de instrumentos metodológicos, evidenciando que ajustes contínuos são essenciais para garantir a qualidade e a consistência dos dados obtidos e novas configurações que possam surgir nos ambientes e nas instalações. Essa experiência contribuiu significativamente para o refinamento da metodologia, tornando o instrumento final mais eficaz para futuras aplicações em outros blocos e edificações.

4 RESULTADOS

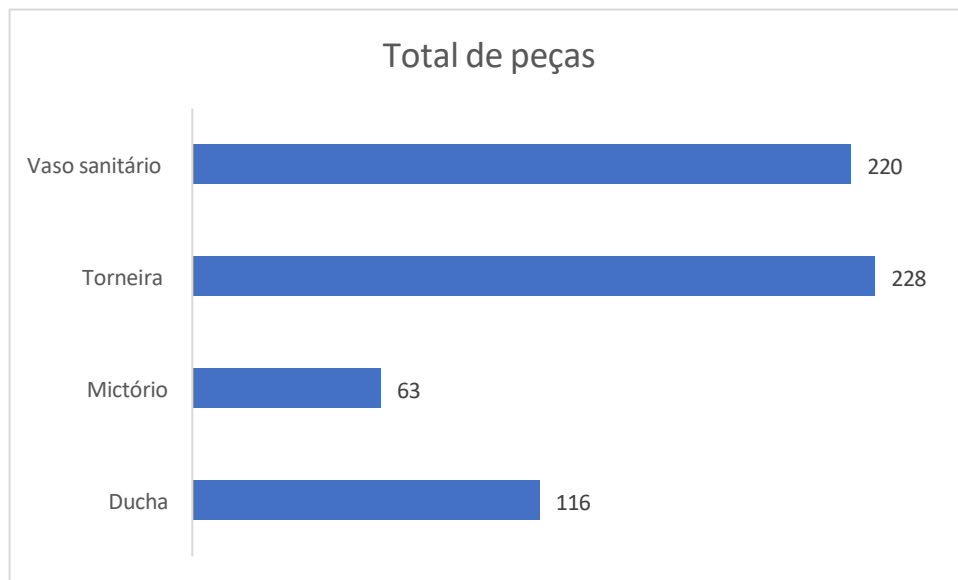
4.1 Quantitativo total de peças instaladas

Concluída a etapa de inspeções em campo, foi consolidado o quantitativo das peças hidrossanitárias efetivamente analisadas nos banheiros do campus estudado. Ressalta-se que os valores aqui apresentados correspondem exclusivamente às peças que se encontravam instaladas, acessíveis e em condições de avaliação no momento da vistoria técnica.

Eventuais divergências em relação ao levantamento preliminar anteriormente apresentado decorrem de situações observadas durante a coleta de dados, tais como interdição temporária de sanitários, remoção de equipamentos ou indisponibilidade de determinadas peças para ensaio. Essas ocorrências foram consideradas na consolidação dos dados, garantindo que a análise subsequente reflita a condição real das instalações no período avaliado.

A Figura 6 apresenta a distribuição das peças hidrossanitárias efetivamente inspecionadas nesta etapa da pesquisa.

Figura 6– Número de Peças hidrossanitárias inspecionadas



Fonte: Autores (2026)

A partir desse quantitativo consolidado, desenvolvem-se, nas seções seguintes, as análises relativas à incidência e à frequência das patologias identificadas.

4.2 Caracterização dos blocos e critério de análise

Os blocos analisados apresentam diferenças quanto à configuração arquitetônica, área construída, quantidade de peças hidrossanitárias e, principalmente, quanto ao tipo predominante de uso, o que influencia diretamente o padrão de consumo de água e a incidência de patologias. Nesse contexto, além das características físicas das edificações, foi considerada a função de cada bloco, podendo estes apresentar uso administrativo, acadêmico (salas de aula), laboratorial ou uso misto.

Essa diferenciação é fundamental para a interpretação dos resultados, uma vez que blocos com maior fluxo de usuários e maior intensidade de uso tendem a apresentar maior desgaste das peças hidrossanitárias e, conseqüentemente, maior probabilidade de ocorrência de falhas. Por outro lado, blocos com uso mais restrito ou com menor quantidade de equipamentos podem apresentar menor número de registros, sem que isso necessariamente indique melhor desempenho do sistema.

Dessa forma, a análise foi conduzida considerando as particularidades de cada bloco, evitando comparações baseadas exclusivamente em valores absolutos. Blocos com maior quantidade de peças hidrossanitárias tendem a concentrar maior número de ocorrências, o que não implica, necessariamente, maior índice de falhas, mas sim maior universo amostral.

Assim, a interpretação dos resultados foi realizada de forma contextualizada, considerando a relação entre o número de peças instaladas, a intensidade de uso e as ocorrências identificadas. Esse procedimento permite uma leitura técnica mais coerente com a realidade de cada edificação, evitando distorções associadas à análise isolada dos dados.

Para fins de organização da análise, os blocos avaliados foram classificados conforme o tipo predominante de uso, conforme apresentado a seguir:

- Bloco A – 2 pavimentos – Uso administrativo e salas de aula
- Bloco B – 1 pavimento – Uso laboratorial
- Bloco C – 2 pavimentos – Uso administrativo e salas de aula
- Bloco D – 1 pavimento – Uso laboratorial
- Bloco E – 2 pavimentos – Uso administrativo e salas de aula
- Bloco F – 1 pavimento – Uso laboratorial
- Bloco G – 2 pavimentos – Uso misto (salas de aula e laboratórios)
- Bloco H – 1 pavimento – Cantina e auditório
- Bloco I – 5 pavimentos – Uso administrativo e salas de aula (biblioteca no subsolo)
- Bloco J – 1 pavimento – Uso administrativo
- Bloco K – 5 pavimentos – Uso administrativo e salas de aula

- Bloco L – 1 pavimento – Almoxarifado
- Bloco M – 5 pavimentos – Uso administrativo e salas de aula
- Bloco N – 1 pavimento – Uso laboratorial

Devido à variação no número de peças entre os blocos, os resultados apresentados nas seções seguintes foram analisados considerando tanto os valores absolutos de ocorrência quanto, quando pertinente, a relação entre o número de falhas e a quantidade de peças instaladas. Esse critério permite uma análise mais equilibrada dos dados, evitando interpretações baseadas exclusivamente em contagens isoladas e possibilitando uma avaliação mais fiel das condições reais de uso das instalações hidrossanitárias.

4.3 Análise das peças hidrossanitárias

Nesta seção, os resultados são apresentados por tipo de peça hidrossanitária, permitindo examinar de forma específica o comportamento de cada equipamento. A análise considera as condições de funcionamento observadas durante as inspeções, as patologias identificadas e suas possíveis implicações no consumo de água.

Para cada tipologia vasos sanitários, torneiras, duchas e mictórios são discutidas as principais ocorrências registradas, buscando relacionar as falhas constatadas ao desempenho do sistema e ao potencial de desperdício. Essa organização facilita a compreensão dos resultados e contribui para a identificação de padrões e prioridades de intervenção.

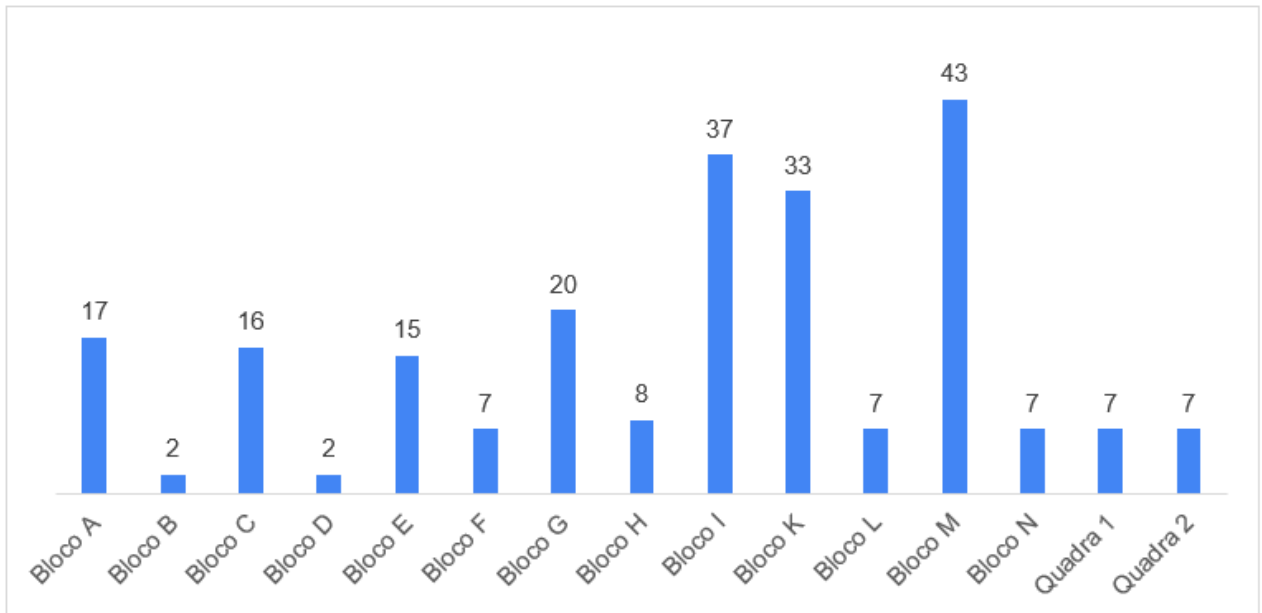
4.3.1 Torneiras

As torneiras constituem um dos principais pontos de consumo de água em edificações

de uso coletivo, em razão da elevada frequência de utilização ao longo do dia. Em ambientes institucionais, como o campus analisado, esses dispositivos estão diretamente associados às atividades de higiene pessoal, o que amplia sua relevância no consumo global do sistema predial de água fria. Falhas de vedação, gotejamentos residuais e ausência de dispositivos economizadores podem contribuir significativamente para perdas contínuas, muitas vezes pouco perceptíveis no uso cotidiano, mas relevantes quando consideradas em escala.

A Figura 7 apresenta a distribuição das torneiras por bloco, conforme levantamento realizado durante as inspeções.

Figura 7– Distribuição de torneiras por bloco



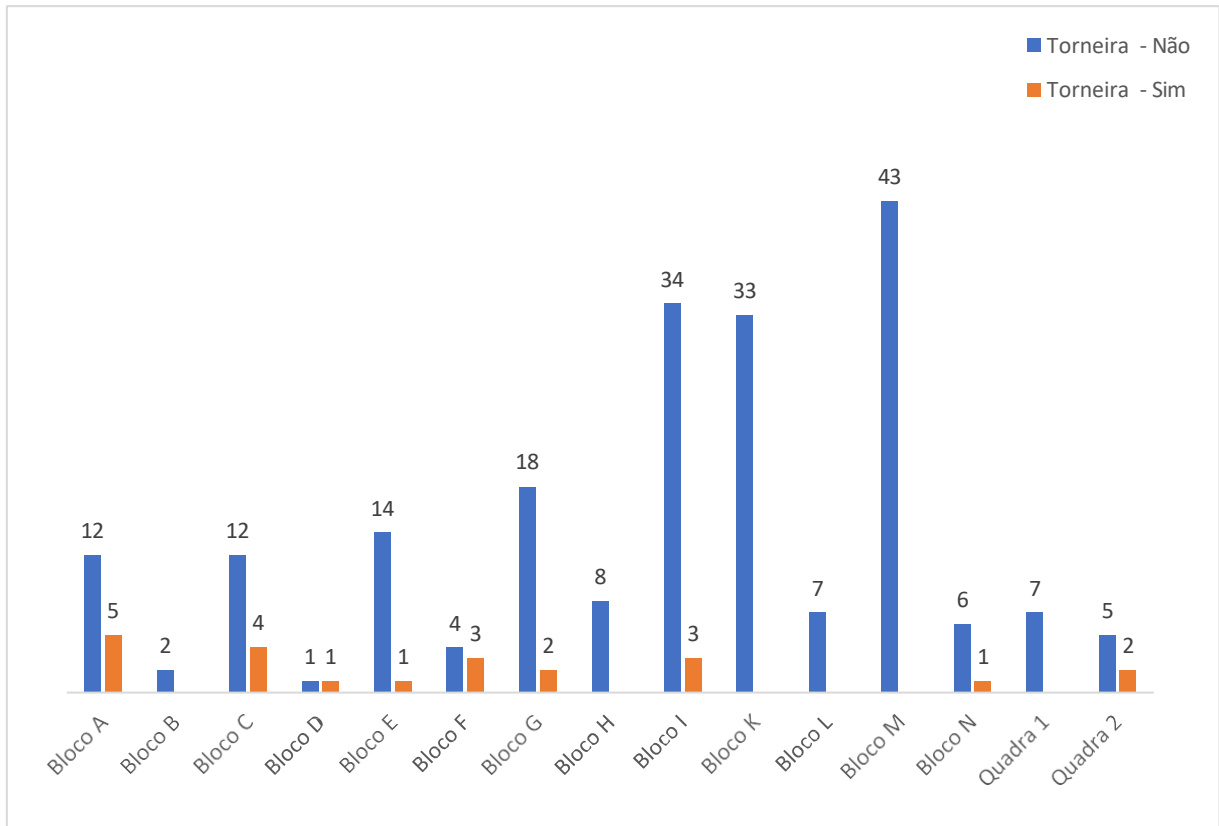
Fonte: Autores (2026)

Observa-se que o Bloco M apresenta o maior quantitativo de torneiras (43 unidades), seguido pelos Blocos I (37) e K (33). Em contrapartida, os menores quantitativos foram registrados nos Blocos B e D, ambos com 2 unidades. Os demais blocos apresentam valores intermediários, variando entre 7 e 20 torneiras. Essa variação está associada às características físicas e funcionais de cada edificação, refletindo diretamente na concentração de pontos de consumo e, conseqüentemente, na exposição potencial a falhas.

4.3.1.1 Condições de funcionamento

Na Figura 8 é mostrada a ocorrência de vazamentos identificados nas torneiras por bloco, indicando quando há, “Torneira – sim” ou não, “Torneira – não”, algum tipo de vazamento identificado.

Figura 8– Ocorrência de vazamentos identificados nas torneiras por bloco

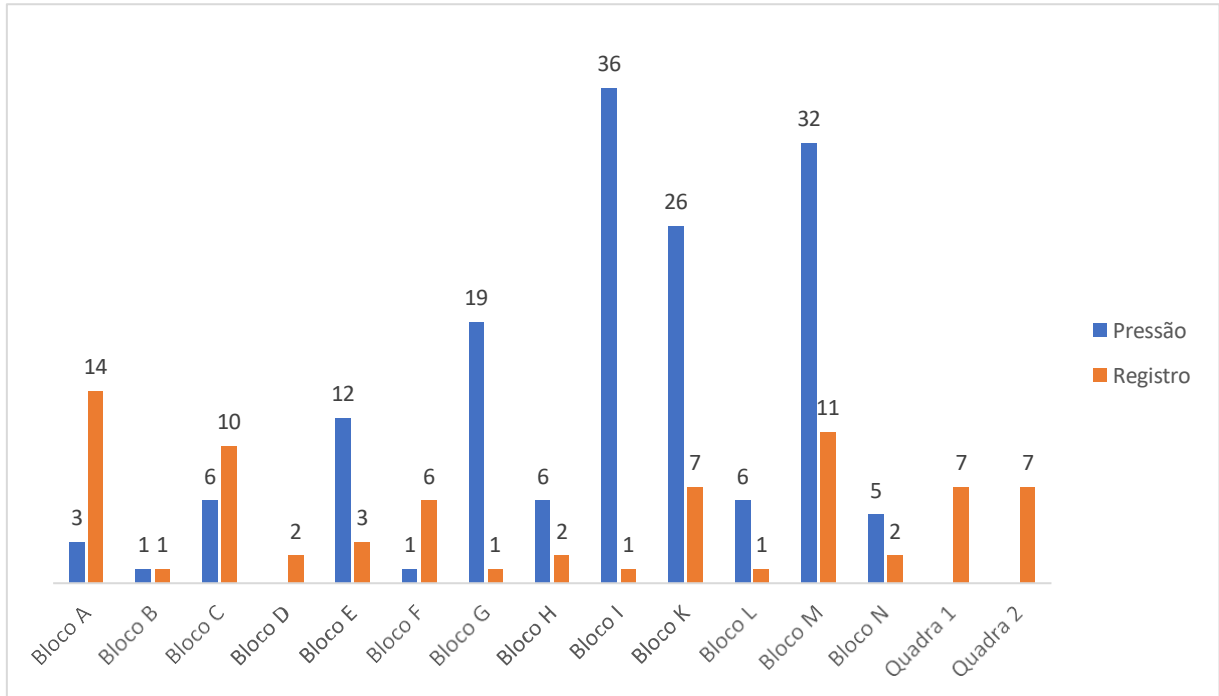


Fonte: Autores (2026)

Foram registrados vazamentos em diferentes blocos, com maior número absoluto nos blocos que concentram maior quantidade de torneiras, como os Blocos I, C, F e G. Em termos gerais, a maior parte das unidades não apresentou vazamento no momento da vistoria; entretanto, as ocorrências identificadas indicam falhas de vedação que podem gerar desperdício contínuo.

Além disso, foram analisados os diferentes tipos de torneiras utilizadas no campus, considerando o tipo de acionamento, verificando se são do tipo pressão ou do tipo registro. A Figura 9 mostra quais são os tipos de torneira quanto o acionamento identificado por blocos

Figura 9 – Classificação das torneiras quanto ao tipo de acionamento por bloco

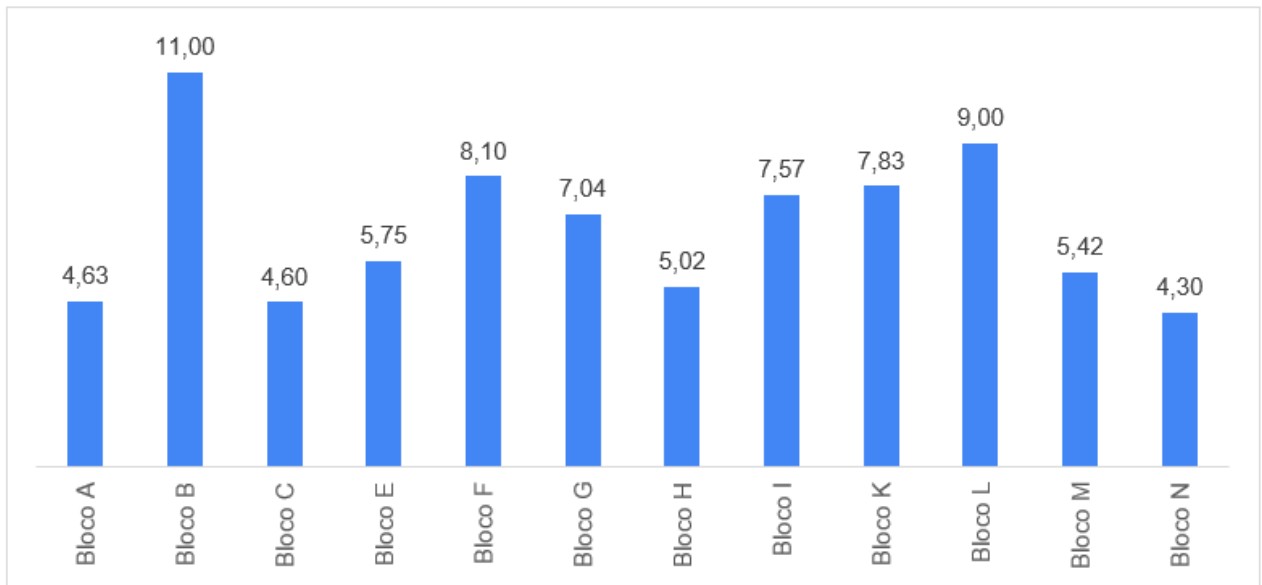


Fonte: Autores (2026)

Verifica-se predominância de torneiras de pressão na maioria dos blocos, especialmente nos Blocos I (36 unidades), M (32 unidades) e K (26 unidades). As torneiras de acionamento automático aparecem em menor quantidade e de forma distribuída. O tipo de acionamento é um fator relevante na análise do consumo, uma vez que influencia o tempo de liberação de água a cada utilização.

Uma das formas de diminuição de consumo de água em torneiras é medir o tempo médio do acionamento de torneiras de acionamento automático. Nesse caso, isso possibilita estudar a substituição por torneiras mais econômicas. Portanto, foi avaliado o tempo médio de acionamento por bloco, conforme apresentado no gráfico da Figura 10.

Figura 10 – Classificação das torneiras quanto ao tipo de acionamento por bloco



Fonte: Autores (2026)

Os valores observados variaram entre 4,30 s (Bloco N) e 11,00 s (Bloco B). A variação observada indica diferenças no ajuste ou desgaste dos mecanismos de fechamento automático. Tempos mais elevados podem representar maior volume liberado por acionamento, contribuindo para aumento do consumo quando associados à alta frequência de uso.

4.3.1.2 Patologias identificadas

Com base no levantamento realizado para as torneiras, foram analisadas 228 unidades, das quais 67 apresentaram algum tipo de problema, representando aproximadamente 29,4% do total, enquanto 161 unidades (70,6%) não apresentaram ocorrências. Entre os problemas identificados, a vazão muito baixa (possivelmente relacionada a entupimentos ou baixa pressão) foi a situação mais frequente, correspondendo a cerca de 43% dos casos com falhas (aproximadamente 29 ocorrências). Em seguida, destacam-se os vazamentos, observados em diferentes pontos como base, corpo e registro, além de casos associados ao inflamento da válvula, somando cerca de 30% das ocorrências (aproximadamente 20 casos), o que indica perdas diretas de água e impacto no desempenho do sistema.

Também foram observados problemas de corrosão ou oxidação, representando aproximadamente 21% dos casos (cerca de 14 ocorrências), geralmente associados a outros tipos de falha, como redução da vazão e dificuldade de vedação. Além disso, verificaram-se situações de torneiras instáveis ou mal fixadas (cerca de 12%, 8 ocorrências), dificuldade de

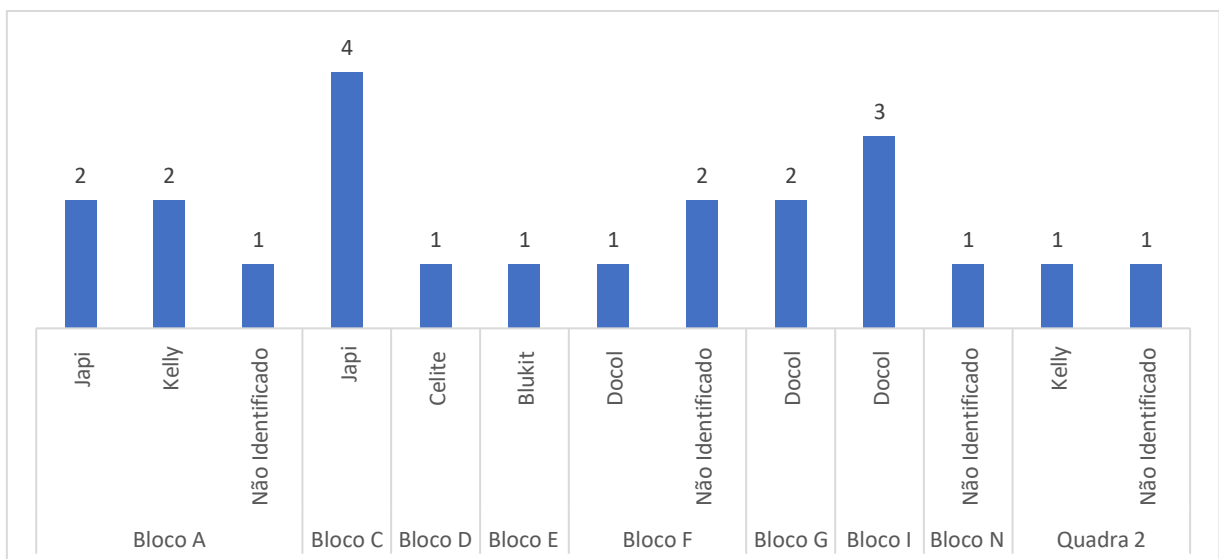
fechamento (aproximadamente 7%, 5 ocorrências) e pressão excessiva na rede (também em torno de 7%, 5 ocorrências), fatores que podem contribuir tanto para o desgaste dos componentes quanto para o aumento do consumo de água ao longo do tempo. Problemas menos frequentes, como arejador danificado e presença de trincas, tiveram baixa ocorrência, com valores inferiores a 2%.

De forma geral, os resultados mostram que a maior parte dos problemas está relacionada à redução da eficiência no controle da vazão e à ocorrência de vazamentos, o que pode impactar diretamente o consumo de água e os custos associados. Esses dados reforçam a importância de manutenção adequada, escolha de materiais de melhor qualidade e verificação das condições de pressão da rede, como forma de reduzir perdas e melhorar o desempenho das instalações.

4.3.1.3 Identificação das marcas com maiores incidências de patologias

A análise dos vazamentos identificados nas torneiras permite compreender, de forma inicial, como as falhas se distribuem entre as diferentes marcas e blocos avaliados. Considerando apenas as unidades que apresentaram vazamento, observa-se no gráfico da Figura 11 que determinadas marcas concentram maior número de ocorrências, com distribuição variando conforme o bloco analisado, o que pode estar associado tanto à frequência de uso quanto às condições de instalação e operação dos sistemas.

Figura 11 – Marcas de torneiras com patologias



Fonte: Autores (2026)

A partir da análise dos vazamentos identificados, é possível ampliar a discussão para o conjunto geral de patologias observadas nas torneiras. Verifica-se que as marcas que concentraram maior número absoluto de vazamentos também registraram outras ocorrências, como vazão reduzida, dificuldade de vedação e sinais de desgaste dos componentes. No levantamento realizado, a marca Docol apresentou 89 unidades instaladas, seguida por peças sem identificação de marca (63), Kelly (27), Japi (16) e Blukit (18), sendo essas também as que reuniram maior número de registros de problemas.

Esse resultado pode estar associado à maior quantidade de unidades dessas marcas nas edificações analisadas, o que influencia diretamente o total de ocorrências verificadas durante as inspeções. Por outro lado, marcas com menor número de peças instaladas apresentaram registros mais pontuais, ainda que submetidas às mesmas condições de uso e operação.

Além disso, a associação entre diferentes tipos de patologias sugere que os vazamentos não ocorrem de forma isolada, mas como parte de um processo gradual de deterioração das peças, influenciado por fatores como pressão da rede, qualidade dos materiais e intensidade de uso. Dessa forma, a análise integrada entre marcas, tipos de falhas e ocorrência de vazamentos permite uma compreensão mais completa do desempenho das torneiras, contribuindo para a identificação de padrões e para a definição de estratégias mais eficientes de manutenção e substituição dos equipamentos, com impacto direto na redução de perdas e no controle do consumo de água.

4.3.1.4 Registros fotográficos

Entre as Figura 12 e Figura 15 são mostradas as principais patologias identificadas para torneiras.

Figura 12– Gotejamento esporádico em torneira no Bloco F - Térreo - Banheiro feminino



Fonte: Autores (2026)

Figura 13 - Vazamento no sifão da torneira Quadra 2 - Térreo - Banheiro feminino



Fonte: Autores (2026)

Figura 14 - Vazamento no sifão da torneira Quadra 2 - Térreo - Banheiro feminino



Fonte: Autores (2026)

Figura 15 - Vazamento no corpo da torneira - Bloco F - Térreo - Banheiro acessível feminino



Fonte: Autores (2026)

4.3.1.5 Relação com o consumo

A quantificação das perdas de água foi realizada com base no levantamento de campo, no qual foram identificadas 22 torneiras com vazamentos, sendo 12 com gotejamento esporádico, 6 com gotejamento contínuo e 4 com vazamentos na base durante o acionamento. Considerando que, em edificações institucionais, os vazamentos persistem ao longo de todo o dia, adotou-se um período de 24 horas diárias para estimativa das perdas. Para os cálculos, utilizaram-se valores de referência amplamente divulgados por órgãos técnicos. Segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), uma torneira com gotejamento pode desperdiçar cerca de 0,3 L/min, enquanto vazamentos mais evidentes podem atingir aproximadamente 1,0 L/min, conforme indicado também pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA,2020).

Com base nesses parâmetros, as perdas foram estimadas da seguinte forma:

- Gotejamento esporádico (12 torneiras):

$$Q = 12 \cdot (0,3 \cdot 60 \cdot 24) = 5.184 \text{ L/dia}$$

$$Q = 5,184 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- Gotejamento contínuo (6 torneiras):

$$Q = 6 \cdot (0,3 \cdot 60 \cdot 24) = 2.592 \text{ L/dia}$$

$$Q = 2,59 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- Vazamento na base durante uso (4 torneiras):
(adotando 1 h/dia de uso efetivo)

$$Q = 4 \cdot (1,0 \cdot 60 \cdot 1) = 240 \text{ L/dia}$$

$$Q = 0,24 \text{ m}^3/\text{dia}$$

A perda total estimada corresponde a:

$$Q_{total} = 8.016 \frac{L}{dia}$$

$$Q_{mensal} = 240.480 \frac{L}{mês}$$

$$Q_{anual} = 2.885.760 \text{ L/ano}$$

$$0,24 \text{ m}^3/\text{dia} = 2.885,76 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Os resultados evidenciam que, mesmo em situações de gotejamento, a permanência do vazamento ao longo das 24 horas resulta em volumes expressivos de desperdício, reforçando a necessidade de intervenções corretivas e ações de manutenção para redução do consumo de água na edificação.

4.3.2 Vasos sanitários

Os vasos sanitários constituem um dos principais pontos de consumo de água em edificações institucionais, especialmente em ambientes com elevada rotatividade de usuários, como é o caso do campus analisado. Diferentemente de outras peças hidrossanitárias, seu funcionamento está diretamente associado a volumes de descarga previamente definidos pelo sistema de acionamento, o que torna seu desempenho relevante para a avaliação do consumo hídrico global da edificação.

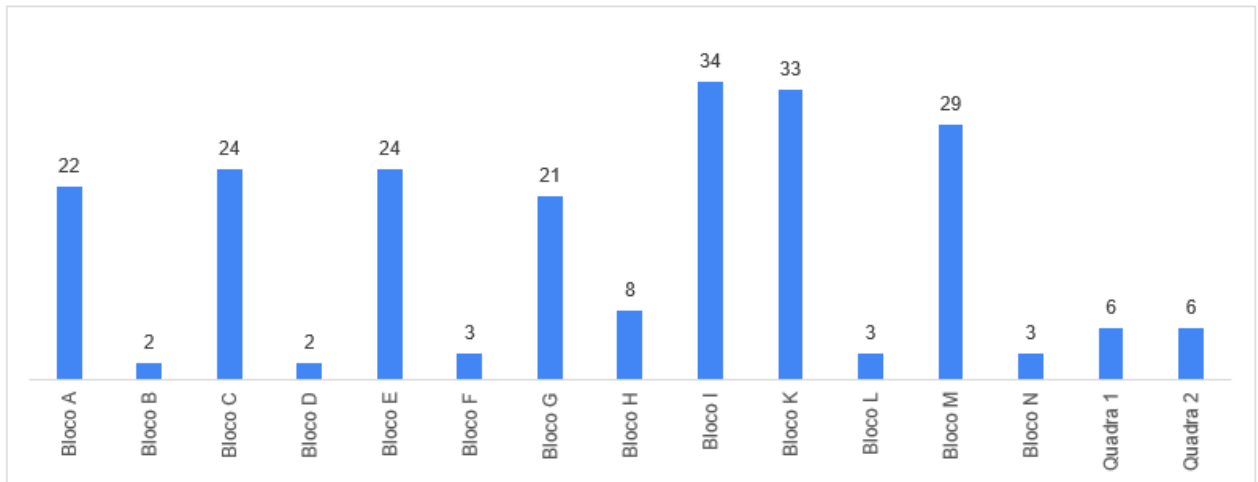
Além do volume liberado por descarga, aspectos como tipo de acionamento, estado de conservação dos mecanismos internos e ocorrência de vazamentos contínuos influenciam significativamente o desperdício de água. Dessa forma, a análise dos vasos sanitários não se restringe apenas ao quantitativo instalado, mas também às condições operacionais observadas em campo, permitindo uma compreensão mais precisa do impacto dessas peças no consumo institucional.

Para a realização dos ensaios de verificação de vazamentos, foram avaliados os vasos sanitários que se encontravam instalados e acessíveis no momento das inspeções. Ressalta-se

que o quantitativo de peças efetivamente ensaiadas pode apresentar pequena variação em relação ao levantamento anteriormente apresentado, em razão da existência de cabines interditas ou equipamentos temporariamente indisponíveis durante as visitas técnicas.

A distribuição dos vasos sanitários nos quais foram realizados os ensaios encontra-se apresentada no gráfico da Figura 16.

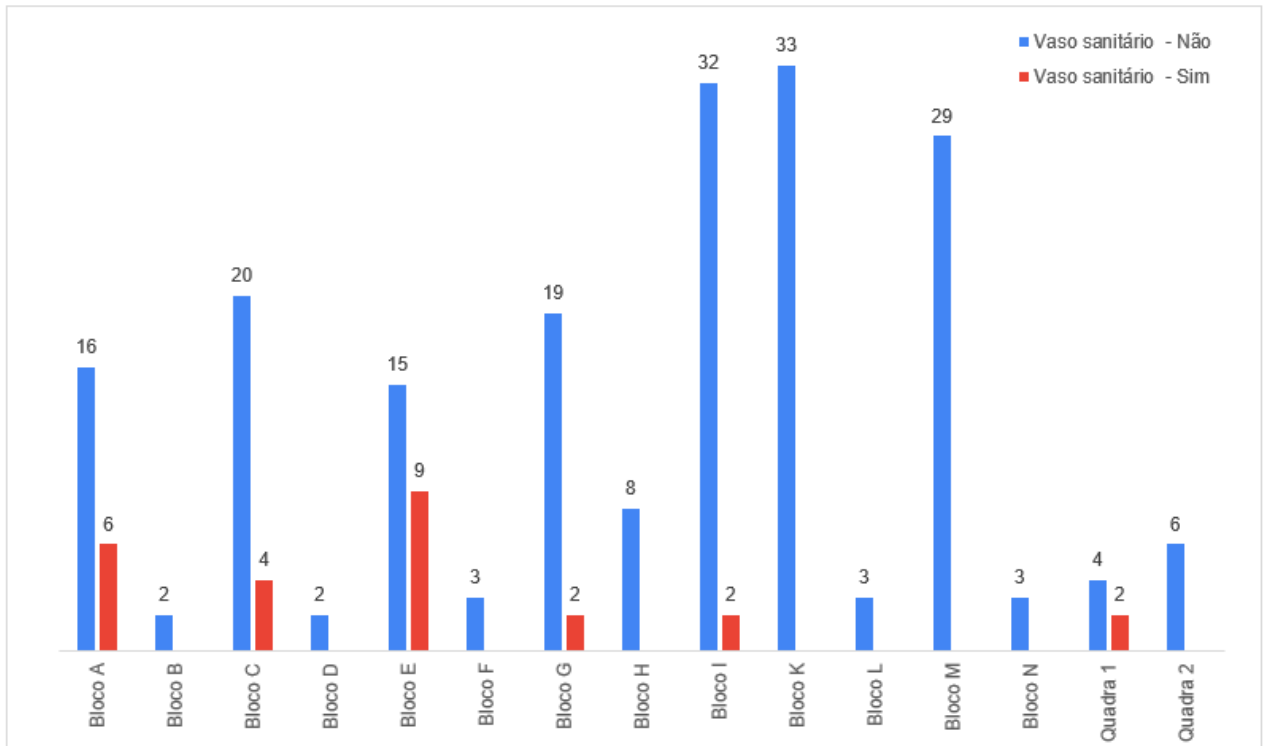
Figura 16 - Quantidade de vasos sanitários por bloco



Fonte: Autores (2026)

A verificação da presença de vazamentos foi realizada por meio de ensaio com aplicação de corante nas caixas acopladas, a fim de identificar possíveis perdas não perceptíveis visualmente. A partir desse procedimento, foi possível quantificar as unidades que apresentaram indícios de vazamento interno. A distribuição das ocorrências por bloco encontra-se apresentada no gráfico da Figura 17, permitindo identificar os setores com maior incidência do problema.

Figura 17 - Quantidade de vasos com e sem vazamento por bloco

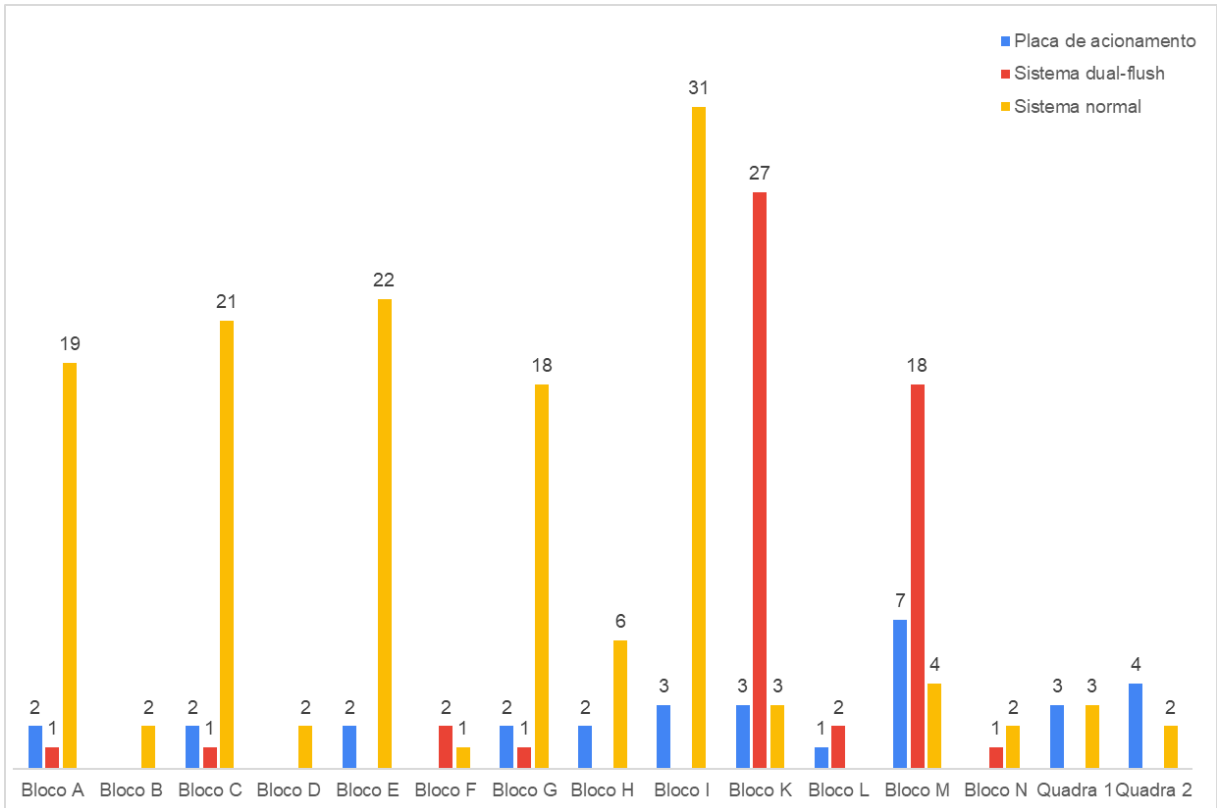


Fonte: Autores (2026)

A análise desses dados possibilita avaliar a concentração das ocorrências e direcionar a interpretação das patologias associadas ao sistema de descarga.

Conforme apresentado na Figura 18, verifica-se a predominância do sistema normal na maioria dos blocos analisados. Em blocos como I e K, por exemplo, o número de vasos com sistema normal é significativamente superior aos demais mecanismos. O sistema dual-flush aparece em menor quantidade e concentrado principalmente em alguns blocos específicos, enquanto as placas de acionamento apresentam ocorrência pontual e quantitativamente inferior quando comparadas aos demais sistemas.

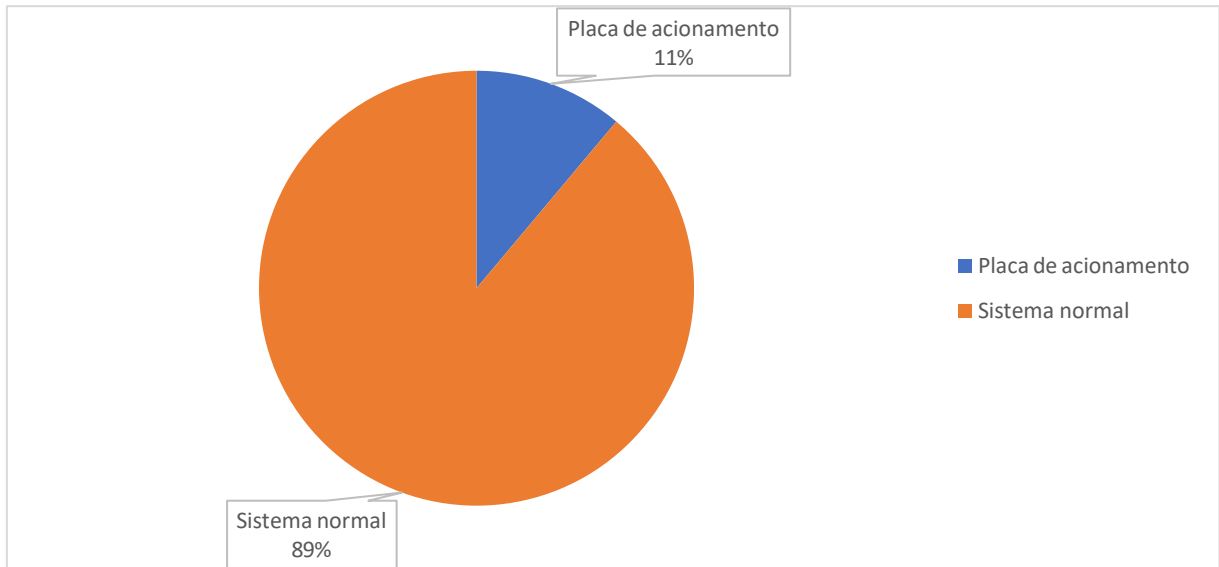
Figura 18- Tipo de acionamento por bloco



Fonte: Autores (2026)

A distribuição evidencia que, embora existam diferentes mecanismos instalados, o sistema normal ainda representa a maior parte das unidades avaliadas, o que influencia diretamente a interpretação das ocorrências de vazamento. Com o objetivo de verificar a relação entre o tipo de acionamento e a incidência de vazamentos internos, foi elaborado o gráfico da Figura 19, considerando as 18 peças que apresentaram vazamento durante os ensaios com corante.

Figura 19- Vazamento por tipo de acionamento



Fonte: Autores (2026)

Observa-se que, do total de 18 peças com vazamento interno identificado, 89% correspondem ao sistema normal, enquanto 11% referem-se às placas de acionamento. Não foram registrados vazamentos nas unidades com sistema dual-flush durante o período de análise.

Cabe destacar que o sistema normal representa a maior quantidade de vasos instalados nos blocos avaliados, o que justifica a maior incidência de vazamentos nesse tipo de mecanismo. Por outro lado, o sistema dual-flush não apresentou ocorrência de vazamentos durante os ensaios realizados. Considerando que se trata de uma edificação pública com elevada rotatividade de usuários, esse tipo de sistema mostra-se tecnicamente mais adequado, uma vez que permite o controle do volume de água liberado por descarga. Dessa forma, para futuras substituições ou adequações, a adoção de mecanismos dual-flush pode contribuir para maior eficiência no uso da água e redução de desperdícios.

4.3.2.1 Patologias identificadas

Foram avaliados 220 vasos sanitários nos blocos analisados, dos quais 168 registros (76,4%) não apresentaram patologias significativas que comprometessem o funcionamento das peças no momento da realização dos ensaios. Esse resultado indica que a maior parte dos equipamentos se encontrava em condições operacionais satisfatórias durante a inspeção. Por outro lado, 52 unidades (23,6%) apresentaram algum tipo de anomalia, compondo o conjunto

de manifestações patológicas consideradas para análise detalhada.

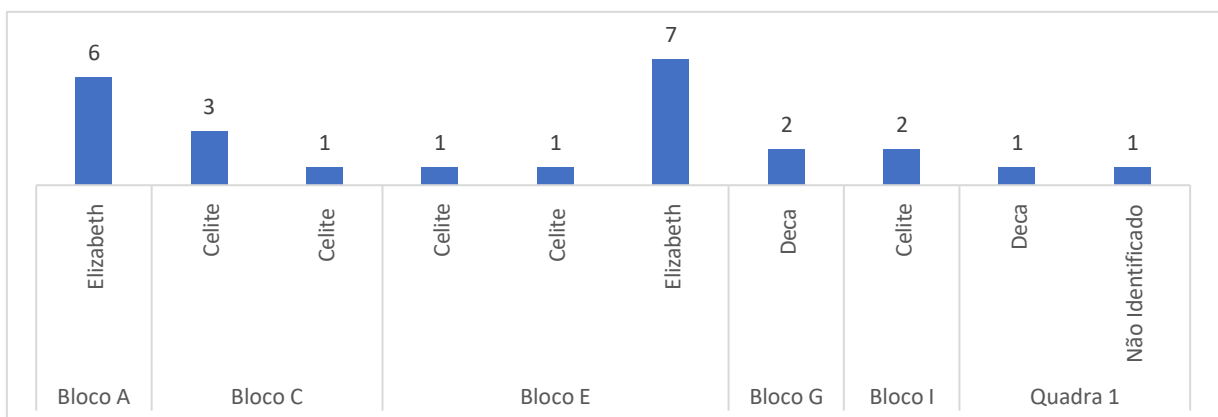
Tomando esses 52 registros como 100% das ocorrências identificadas, observa-se que as manifestações se concentram majoritariamente em falhas relacionadas ao mecanismo de descarga e à vedação interna. O vazamento oculto detectado exclusivamente por meio do ensaio com pigmento totalizou 16 registros, correspondendo a 30,8% das patologias. De forma equivalente, os casos de descarga que não funcionava adequadamente, sejam de forma isolada ou associada a outras falhas, também somaram 16 registros (30,8%). Já a descarga com pouca pressão contabilizou 13 ocorrências, representando 25,0% do total de anomalias. Dessa forma, 86,6% das patologias identificadas estão diretamente associadas ao desempenho hidráulico e à eficiência do sistema de descarga, fatores que influenciam diretamente o consumo de água na edificação.

As demais manifestações somaram 7 registros (13,4%), incluindo dificuldades no acionamento, falhas pontuais na vedação da válvula interna e problemas em componentes de conexão hidráulica. Embora apresentem menor incidência individual, essas ocorrências possuem relevância técnica, pois podem evoluir para vazamentos contínuos ou comprometer gradativamente a eficiência do sistema caso não sejam tratadas por meio de manutenção adequada.

4.3.2.2 Marcas com maior incidência

A distribuição das ocorrências de vazamento nos vasos sanitários também foi analisada sob o critério das marcas instaladas nos blocos avaliados, permitindo verificar possíveis padrões de desempenho entre os fabricantes identificados. Essa distribuição é mostrada na Figura 20.

Figura 20 - Vazamento por Marca dos Vasos Sanitários



Fonte: Autores (2026)

Conforme demonstrado no gráfico, a marca Elizabeth apresentou o maior número de ocorrências, totalizando 13 casos de vazamento, distribuídos principalmente entre os blocos A e E. Em seguida, a marca Celite registrou 8 ocorrências, enquanto a marca Deca apresentou 3 casos. Também foi identificada 1 ocorrência em peça cuja marca não pôde ser determinada.

Observa-se que a concentração de patologias é mais expressiva na marca Elizabeth, o que pode estar relacionado tanto ao quantitativo instalado quanto às condições de uso e manutenção. Dessa forma, a análise por marca contribui para subsidiar futuras decisões de especificação e substituição de peças, especialmente em edificações públicas com uso intenso e contínuo.

4.3.2.3 Registro fotográfico

O registro fotográfico a seguir mostra algumas das patologias detectadas mostradas da Figura 21 a Figura 24.

Figura 21 - Vazamento no Bloco E - Térreo - Banheiro feminino



Fonte: Autores (2026)

Figura 22- Vazamento na Quadra 1 - Térreo - Banheiro masculino



Fonte: Autores (2026)

Figura 23 – Vazamento no Bloco C - Térreo - Banheiro masculino



Fonte: Autores (2026)

Figura 24 - Vazamento no Bloco E - Térreo - Banheiro feminino



Fonte: Autores (2026)

4.3.2.4 Relação com o consumo

Conforme discutido por Oliveira (2008), as bacias sanitárias constituem um dos principais pontos potenciais de perdas internas em edificações, especialmente quando apresentam vazamentos não perceptíveis ao usuário. Tais vazamentos, por ocorrerem de forma contínua no interior do mecanismo de descarga, podem gerar volumes expressivos de desperdício ao longo do tempo, mesmo quando a vazão instantânea aparenta ser reduzida.

Considerando que, no presente levantamento, foram identificados 25 vasos sanitários com vazamento interno, adotou-se como parâmetro técnico conservador uma perda média estimada de 20 litros por dia por unidade, valor compatível com vazamentos contínuos de baixa intensidade em sistemas de descarga.

A estimativa das perdas foi realizada conforme demonstrado a seguir:

- Perda diária estimada

25 unidades \times 20 L/dia = 500 litros por dia

(Equivalente a 0,50 m³/mês)

- Perda mensal estimada (30 dias)

$500 \text{ L/dia} \times 30 \text{ dias} = 15.000 \text{ litros por mês}$

(Equivalente a $15,0 \text{ m}^3/\text{mês}$)

- Perda anual estimada (365 dias)

$500 \text{ L/dia} \times 365 \text{ dias} = 182.500 \text{ litros por ano}$

(Equivalente a aproximadamente $182,5 \text{ m}^3/\text{ano}$)

Os resultados evidenciam que, mesmo sob um cenário conservador, a ausência de intervenção corretiva pode resultar em desperdício superior a 180 mil litros de água por ano. Em edificações públicas com elevado fluxo de usuários, tal volume representa parcela significativa do consumo hídrico anual, impactando tanto os custos operacionais quanto os indicadores de eficiência no uso da água.

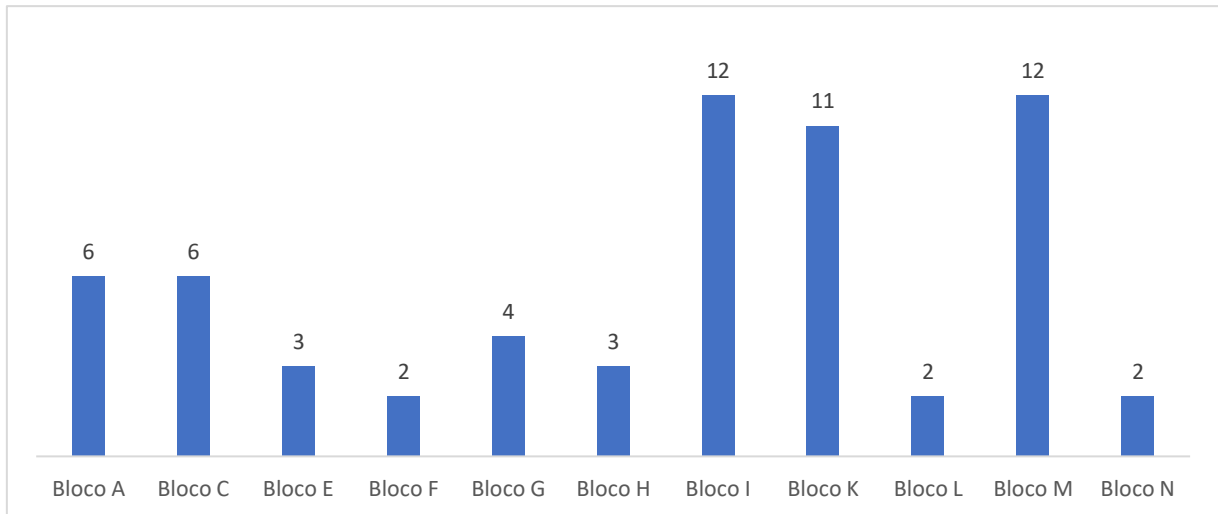
Dessa forma, os dados reforçam a necessidade de manutenção preventiva e inspeção periódica dos mecanismos de descarga, uma vez que vazamentos internos, ainda que discretos, apresentam elevado potencial de perda acumulada ao longo do tempo.

4.3.3 Mictórios

Os mictórios avaliados encontram-se predominantemente instalados nos banheiros masculinos da edificação, compondo o conjunto de dispositivos sanitários de uso coletivo. Durante o levantamento de campo, foi verificada a existência de unidades efetivamente instaladas, bem como pontos hidráulicos sem a respectiva instalação da peça em determinados ambientes.

Importa destacar que, nos blocos onde houve adaptação dos sanitários para o modelo de banheiros sem gênero, os mictórios anteriormente existentes foram removidos, permanecendo apenas os pontos hidráulicos. Dessa forma, a ausência da peça nesses locais não caracteriza deficiência construtiva ou patologia, mas sim adequação funcional decorrente de reconfiguração do uso do espaço. A quantidade de mictórios instalados por bloco é mostrada na Figura 25.

Figura 25 - Quantidade de mictórios instalados por bloco



Fonte: Autores (2026)

4.3.3.1 Condições de funcionamento

No que se refere às condições de funcionamento, foram avaliadas apenas as unidades efetivamente instaladas, desconsiderando-se os pontos hidráulicos remanescentes nos banheiros adaptados. Do total de registros levantados, 6 unidades correspondem apenas ao ponto hidráulico, sem instalação do mictório, em função das adaptações para sanitários sem gênero. As demais unidades instaladas apresentaram, de modo geral, desempenho considerado razoável durante os ensaios realizados.

Não foram identificadas ocorrências relevantes de vazamentos contínuos ou acionamentos ininterruptos que pudessem indicar perdas significativas de água. Contudo, observou-se que, em diversos casos, o volume de água liberado por acionamento é reduzido, sendo por vezes necessário realizar mais de um acionamento para garantir a adequada higienização da peça. Não foi constatada pressão excessiva nas descargas durante os testes operacionais. Ao contrário, verificou-se vazão moderada a baixa, sugerindo possível regulação restritiva ou limitação no volume descarregado por ciclo. Esse comportamento, embora possa estar associado à tentativa de redução de consumo, pode resultar em menor eficiência sanitária quando exige múltiplos acionamentos por uso.

4.3.3.2 Patologias identificadas

As manifestações patológicas observadas nos mictórios foram pontuais e de baixa incidência em relação ao total de unidades avaliadas. Das unidades analisadas, 60 não

apresentaram qualquer manifestação patológica que comprometesse seu funcionamento no momento da inspeção.

As ocorrências registradas restringiram-se a situações específicas, como:

- Existência apenas do registro hidráulico, sem a instalação da mangueira ou do dispositivo complementar;
- Vazamento localizado na base do equipamento;
- Relatos pontuais relacionados à presença de odores.

As manifestações patológicas observadas nos mictórios foram pontuais e pouco recorrentes em relação ao total de unidades avaliadas. Das unidades analisadas, 60 não apresentaram qualquer manifestação patológica no momento da inspeção, mantendo condições adequadas de funcionamento.

Entre as ocorrências registradas, destacam-se:

- Vazamento localizado na base do equipamento;
- Gotejamento após o acionamento do registro;
- Vazamento no registro após o acionamento, com permanência de fluxo contínuo de água;
- Registros danificados, impossibilitando o acionamento da descarga;

Existência apenas do ponto hidráulico, sem instalação completa do conjunto.

O gotejamento após o acionamento e os casos de vazamento contínuo no registro indicam desgaste de componentes internos ou falhas de vedação. Em algumas situações, observou-se fluxo mais intenso após o acionamento, caracterizando desperdício significativo de água até o fechamento manual ou intervenção técnica.

Também foram identificados registros com danos físicos que impediam o acionamento da descarga, comprometendo temporariamente a funcionalidade do equipamento. Tais situações, embora esporádicas, evidenciam falhas mecânicas que podem ser solucionadas por meio de substituição ou manutenção corretiva simples.

O vazamento na base do mictório, ainda que pouco frequente, pode estar associado a falhas de vedação ou problemas na interface com o sistema de esgotamento sanitário, podendo gerar infiltrações e degradação de revestimentos.

De modo geral, apesar da baixa incidência dessas manifestações, os registros

observados reforçam a importância da manutenção preventiva periódica. Em sanitários de uso coletivo, pequenas falhas, quando não corrigidas, podem evoluir para problemas de maior proporção, ocasionando desperdício de água, desconforto aos usuários e aumento de custos operacionais.

4.3.3.3 Registro fotográfico

O registro fotográfico de patologias em mictórios é apresentado entre as Figura 26 e Figura 29.

Figura 26 – Vazamento em acionamento de mictório Bloco C - Térreo - Banheiro masculino



Fonte: Autores (2026)

Figura 27 – Vazamento em mictório no Bloco E - Subsolo - Banheiro masculino



Fonte: Autores (2026)

Figura 28 – Vazamento em mictório no Bloco E - Subsolo - Banheiro masculino



Fonte: Autores (2026)

Figura 29 – Vazamento no acionador do mictório Bloco C - Térreo - Banheiro masculino



Fonte: Autores (2026)

4.3.3.4 Relação com o consumo

Sob o ponto de vista do consumo hídrico, os mictórios avaliados não configuram fonte relevante de desperdício quando comparados a outros dispositivos sanitários analisados na edificação.

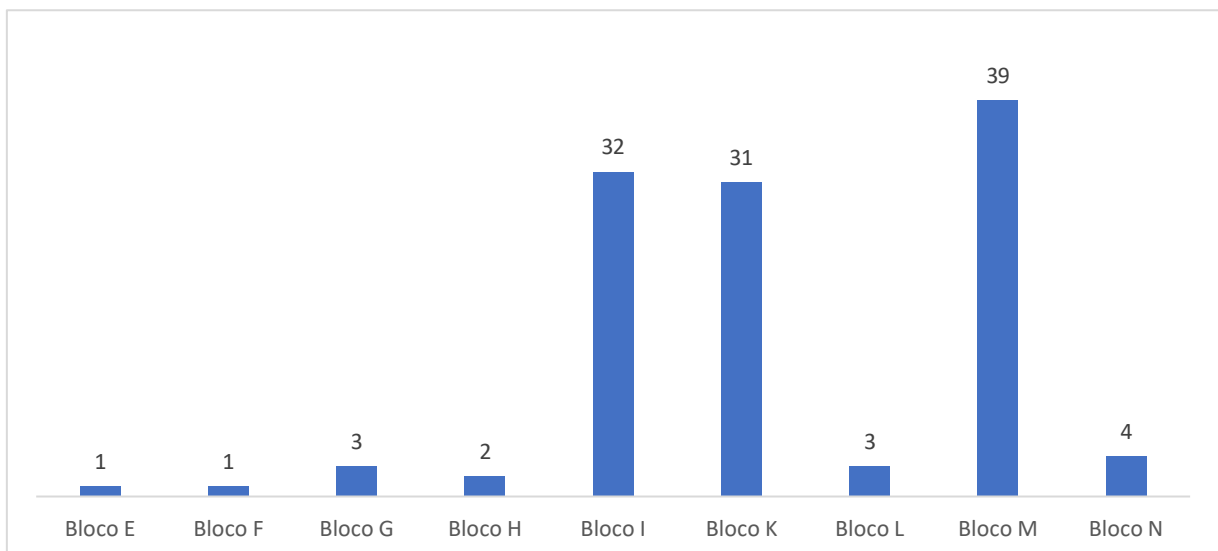
As manifestações pontuais observadas, como gotejamento residual ou falhas no fechamento do registro, representam perdas potenciais de pequena magnitude, condicionadas à persistência da falha ao longo do tempo. O impacto no consumo, nesses casos, está diretamente relacionado à frequência de uso do ambiente e ao intervalo entre a identificação do problema e sua correção. A vazão reduzida identificada em parte dos equipamentos indica possível ajuste voltado à contenção do consumo. Entretanto, quando essa limitação exige acionamentos múltiplos por utilização, pode ocorrer aumento do consumo efetivo por usuário, reduzindo a eficiência hidráulica do sistema.

Assim, do ponto de vista técnico, o consumo associado aos mictórios está mais relacionado ao desempenho operacional e à regulagem dos mecanismos de acionamento do que à ocorrência de perdas expressivas por vazamento contínuo.

4.3.4 Duchas

As duchas representam pontos de consumo associados ao uso eventual nas edificações analisadas, sendo sua presença diretamente relacionada às características construtivas e à idade dos blocos da universidade. Durante o levantamento, foram vistoriadas 116 unidades, distribuídas de forma não uniforme entre os blocos. Observa-se que a presença de duchas está concentrada, predominantemente, nos blocos mais recentes, enquanto os blocos mais antigos não possuem mais esse equipamento, apresentando apenas o ponto hidráulico tamponado. Essa condição indica que, ao longo do tempo, houve a retirada das duchas, possivelmente em função de manutenção, mudança de uso ou tentativa de redução de consumo. A quantidade de duchas higiênicas por bloco é apresentada na Figura 30.

Figura 30 - Quantidade de peças por bloco



Fonte: Autores (2026)

Conforme apresentado no gráfico, os blocos I, K e M concentram a maior quantidade de duchas, com destaque para o bloco M, que apresenta o maior número de unidades. Já os blocos mais antigos apresentam quantitativos reduzidos ou inexistentes, reforçando a relação entre a presença das duchas e a tipologia construtiva das edificações.

4.3.4.1 Condições de funcionamento

A avaliação das condições de funcionamento das duchas evidenciou que, embora parte das unidades esteja instalada, nem todas apresentam desempenho adequado para uso. Durante os ensaios, foi recorrente a ocorrência de vazamentos no momento do acionamento, tanto no

corpo da ducha quanto nos registros, indicando falhas de vedação e desgaste dos componentes. Essas condições comprometem diretamente a eficiência do sistema, uma vez que parte da água é perdida antes mesmo de cumprir sua função de uso. Além disso, em diversos pontos foi observada vazão insuficiente, o que limita o desempenho das duchas e dificulta sua utilização adequada. Esse comportamento sugere possíveis problemas associados à obstrução parcial, desgaste interno ou até condições desfavoráveis de pressão na rede nesses trechos.

Por outro lado, nos blocos de múltiplos pavimentos, como os blocos I, K e N, observa-se um cenário distinto, caracterizado por maior pressão disponível na rede, o que proporciona melhor desempenho hidráulico das duchas. Nesses locais, as peças tendem a operar com vazão mais adequada, permitindo seu uso de forma mais eficiente, embora a maior pressão também possa contribuir para o aumento do desgaste dos componentes ao longo do tempo. Outro aspecto relevante identificado durante o levantamento foi a condição das duchas em banheiros acessíveis, onde parte das unidades apresenta problemas de funcionamento ou encontra-se interditada, impossibilitando seu uso. Essa situação não apenas compromete a funcionalidade do sistema, mas também impacta diretamente a acessibilidade e a adequação desses ambientes às condições de uso previstas.

De forma geral, verifica-se que o desempenho das duchas está diretamente relacionado às condições de vedação, à integridade dos componentes e à pressão disponível na rede, sendo esses fatores determinantes tanto para a eficiência de uso quanto para a ocorrência de perdas de água.

4.3.4.2 Patologias identificadas

A análise das patologias evidenciou diferentes tipos de problemas, com predominância de falhas relacionadas à ausência de peças e condições inadequadas de funcionamento. A condição mais recorrente foi a ausência da ducha, representando aproximadamente 40% a 45% das ocorrências, indicando que uma parcela significativa dos pontos de consumo não estava em funcionamento no momento da inspeção. Entre as duchas instaladas, destacaram-se problemas associados à pressão excessiva na rede, correspondendo a cerca de 15% a 20% das ocorrências, fator que pode contribuir para o desgaste precoce dos componentes e aumento do consumo de água. Também foram frequentes casos de mangueira ou flexível danificado, representando aproximadamente 10% a 12%, além de situações de registro com vedação comprometida, com cerca de 8% a 10%, diretamente relacionadas à ocorrência de vazamentos.

Outras manifestações incluíram duchas soltas ou mal fixadas, trincas nos componentes, corrosão/oxidação e entupimentos, cada uma com participações menores, geralmente inferiores a 5% individualmente, mas que, em conjunto, indicam deficiência nas condições de conservação dos sistemas.

De forma geral, observa-se que os problemas identificados estão concentrados em três aspectos principais:

- Ausência ou retirada dos equipamentos;
- Falhas de vedação e vazamentos;
- Condições inadequadas de pressão e conservação.

4.3.4.3 Registro fotográfico

O registro fotográfico de patologias em duchas higiênicas está registrado entre a Figura 31 e Figura 34.

Figura 31 – Ducha quebrada Bloco I - Subsolo - Banheiro feminino



Fonte: Autores (2026)

Figura 32 – Ducha quebrada Bloco K - Subsolo - Banheiro masculino



Fonte: Autores (2026)

Figura 33 – Ducha quebrada Bloco K - Térreo - Banheiro masculino



Fonte: Autores: (2026)

Figura 34– Vazamento em ducha Bloco N - Térreo - Banheiro acessível masculino



Fonte: Autores (2026)

4.3.4.4 Relação com o consumo

As condições observadas nas duchas higiênicas indicam influência direta no consumo de água, principalmente em função de falhas de vedação, pressão inadequada e desgaste de componentes. Problemas como vazamentos em registros e conexões favorecem perdas contínuas, mesmo sem uso do equipamento, enquanto a pressão elevada tende a aumentar a vazão durante a utilização.

Além disso, situações de funcionamento inadequado, como danos em mangueiras ou dificuldade de controle do fluxo, comprometem a eficiência do sistema e podem intensificar o consumo. Dessa forma, verifica-se que o desempenho hidráulico das duchas está diretamente relacionado ao estado de conservação dos dispositivos, sendo a manutenção um fator essencial para a redução de desperdícios e melhor controle do consumo de água.

4.4 Limitações da pesquisa e recomendações para trabalhos futuros

Apesar da abrangência do levantamento realizado, algumas limitações metodológicas devem ser reconhecidas, de modo a contextualizar os resultados obtidos e orientar investigações

futuras.

A principal limitação refere-se à ausência de sistema de micromedição setorizada por bloco ou por ambiente. A inexistência de dados individualizados de consumo impossibilitou a correlação direta entre a incidência de patologias identificadas e o volume real de água consumido em cada edificação. Dessa forma, as estimativas de impacto hídrico basearam-se em projeções teóricas fundamentadas na literatura técnica e em parâmetros médios de vazão.

Outra limitação diz respeito ao período pontual de coleta de dados. A inspeção foi realizada em intervalo específico, não contemplando variações sazonais de uso ou possíveis alterações no desempenho dos equipamentos ao longo do tempo. Estudos longitudinais poderiam oferecer uma compreensão mais aprofundada sobre a evolução das falhas e a eficácia de intervenções corretivas implementadas.

Adicionalmente, fatores externos como variações de pressão na rede pública de abastecimento e interferências no sistema interno de distribuição não foram objeto de monitoramento contínuo, podendo influenciar o desempenho observado em determinadas peças.

Diante dessas limitações, recomenda-se, para pesquisas futuras:

- Implantação de sistema de micromedição por bloco, permitindo análise comparativa de consumo real;
- Realização de estudo longitudinal com acompanhamento periódico das mesmas peças ao longo de pelo menos 12 meses;
- Avaliação econômica detalhada, incluindo estimativa de *payback* para substituição de equipamentos convencionais por modelos economizadores;
- Investigação da influência da pressão dinâmica da rede no desempenho dos dispositivos de controle de vazão;
- Ampliação da metodologia para outros campi ou instituições públicas, possibilitando comparação interinstitucional.
- A continuidade dessa linha de pesquisa poderá contribuir para consolidação de indicadores de eficiência hídrica em edificações públicas de ensino superior, fortalecendo a integração entre engenharia predial, gestão pública e sustentabilidade.

5 CONCLUSÕES

A presente pesquisa consolidou a aplicação integral da metodologia desenvolvida na etapa anterior do estudo, permitindo a construção de um diagnóstico técnico abrangente das condições das instalações hidrossanitárias dos banheiros do campus Juazeiro do Norte da Universidade Federal do Cariri. Ao longo da investigação, foi possível transcender a identificação de falhas pontuais, alcançando uma compreensão sistêmica do desempenho das peças hidrossanitárias e de seus reflexos no consumo institucional de água.

A análise evidenciou que, embora a maioria das peças avaliadas esteja em funcionamento, a incidência de patologias apresenta relevância técnica considerável. Torneiras com vazão reduzida, vazamentos residuais, falhas de vedação, mecanismos de descarga com desempenho comprometido e perdas internas não perceptíveis configuram um cenário de desperdício silencioso. Tais ocorrências, quando analisadas individualmente, podem parecer de pequena magnitude; contudo, projetadas em escala institucional e em regime contínuo de funcionamento, revelam potencial significativo de impacto hídrico e financeiro.

Nos vasos sanitários, observou-se que as patologias se concentram principalmente nos sistemas convencionais de acionamento, com destaque para vazamentos internos detectados por ensaio com corante e falhas no mecanismo de descarga. A ausência de registros de vazamento nas unidades com sistema *dual-flush* durante o período analisado indica desempenho técnico mais eficiente, sugerindo que a adoção progressiva desse tipo de mecanismo pode representar alternativa viável para redução estrutural do consumo de água na instituição.

No caso das torneiras, a ocorrência de falhas em aproximadamente um terço das unidades avaliadas demonstra a necessidade de maior rigor na manutenção preventiva. A variação no tempo médio de acionamento entre blocos indica diferenças no ajuste dos mecanismos internos, refletindo diretamente no volume liberado por uso. Além disso, a associação entre marcas e padrões recorrentes de falha sugere que critérios técnicos mais específicos podem ser adotados em futuras aquisições, considerando não apenas custo inicial, mas desempenho em condições reais de uso coletivo.

As duchas e mictórios, embora apresentem menor impacto proporcional no consumo global quando comparados aos vasos sanitários e torneiras, evidenciam questões relevantes relacionadas à pressão da rede, regulagem de vazão e desgaste de componentes. A identificação de vazamentos durante o acionamento, bem como a presença de registros danificados ou mal

ajustados, reforça a necessidade de inspeções periódicas e acompanhamento técnico sistemático.

Do ponto de vista metodológico, a utilização de formulário digital estruturado, integrado ao levantamento fotográfico e à consolidação automatizada em planilhas, demonstrou-se eficaz e tecnicamente robusta. O instrumento permitiu padronização na coleta de dados, rastreabilidade das informações e redução de inconsistências, além de possibilitar análises quantitativas e qualitativas integradas. A experiência prática confirmou a relevância da etapa de validação realizada na primeira etapa desse trabalho, evidenciando a importância do refinamento metodológico prévio para obtenção de resultados confiáveis em larga escala.

Sob a perspectiva da gestão pública, os volumes estimados de perdas, mesmo sob parâmetros conservadores, indicam que intervenções corretivas pontuais podem resultar em economia significativa ao longo do tempo. Em instituições públicas, onde o orçamento é limitado e a eficiência na aplicação de recursos é requisito essencial, a redução de desperdícios representa não apenas benefício ambiental, mas também estratégia de racionalização financeira. Nesse contexto, a adoção de manutenção preventiva estruturada, aliada à padronização de equipamentos com melhor desempenho hidráulico, tende a reduzir custos futuros com reparos emergenciais e consumo excessivo.

Adicionalmente, destaca-se a importância da incorporação de critérios técnicos baseados em programas de qualidade, como o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), nos processos de aquisição de peças hidrossanitárias. A utilização desses critérios nos processos licitatórios possibilita a seleção de equipamentos com melhor desempenho, maior durabilidade e maior eficiência no uso da água, contribuindo para a redução de falhas recorrentes e para a melhoria do desempenho das instalações ao longo do tempo.

Além da dimensão econômica, destaca-se a relevância ambiental e institucional do estudo. A universidade, enquanto espaço de formação acadêmica e produção de conhecimento, desempenha papel estratégico na promoção de práticas sustentáveis. A implementação de políticas internas de monitoramento e controle do consumo hídrico pode contribuir para a consolidação de uma cultura organizacional orientada à responsabilidade socioambiental, reforçando o compromisso institucional com os princípios da sustentabilidade.

A pesquisa também evidencia a importância da tomada de decisão baseada em dados. A ausência de sistema de micromedição setorizada limita a correlação direta entre consumo real por bloco e incidência de patologias, configurando uma das principais limitações do estudo. A implementação futura de medidores setoriais permitiria análises mais precisas, possibilitando

avaliar o retorno econômico das intervenções propostas e estabelecer indicadores de desempenho hídrico por edificação.

Como recomendações, sugere-se:

- Implantação de programa periódico de inspeção técnica das instalações hidrossanitárias;

- Gradual substituição de sistemas convencionais por mecanismos de descarga com controle de volume;
- Revisão dos critérios de especificação técnica para aquisição de peças hidrossanitárias;
- Avaliação da viabilidade de implantação de micromedição por bloco;
- Desenvolvimento de indicadores institucionais de eficiência hídrica.

Em síntese, o presente trabalho demonstra que a análise sistemática de patologias hidrossanitárias constitui ferramenta estratégica para o controle do desperdício e para o aprimoramento da gestão predial em edificações públicas. Ao integrar diagnóstico técnico detalhado, estimativa de impacto e proposição de diretrizes de intervenção, a pesquisa contribui de forma concreta para a melhoria do desempenho hídrico da Universidade Federal do Cariri e oferece modelo metodológico aplicável a outras instituições de ensino superior.

Mais do que um levantamento técnico, este estudo reafirma que a sustentabilidade nas edificações públicas não se constrói apenas por meio de grandes intervenções estruturais, mas também pela atenção contínua aos detalhes operacionais que, acumulados ao longo do tempo, definem o verdadeiro padrão de eficiência de uma instituição

REFERÊNCIAS

- ANA. **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico**. 2020., 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/>>.
- ANQIP, Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. **Quem somos**. 2025. Aveiro, 2025. Disponível em: <<https://www.anqip.pt>>.
- Carvalho Júnior, Roberto de. **Patologias em sistemas prediais hidráulicos-sanitários**. 2015. São Paulo, 2015.
- Danilo Ferreira Veiga, Karla Alcione da Silva Cruvinel, Yuliana Menco Tapia. **ANÁLISIS DEL CONSUMO DE AGUA EN EDIFICACIONES DE UNA UNIVERSIDAD FEDERAL DE BRAZIL**. Universidade Federal de Goiás (UFG). Goiânia. 2022.
- PBQP-H. **Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H)**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/habitacao/pbqp-h>>. Acesso em: 14 set. 2025.
- Rocha, Hildebrando Fernandes. **IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREDIAL PREVENTIVA**. [S.l.]. 2007.
- UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021, O valor da Água**. Colombella, Perúgia, Itália. 2021.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10844 - Instalações prediais de água pluviais**. , 1989.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7198 - Projeto e execução de instalações prediais de água quente**. [S.l.: S.n.].
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8160 Sistemas prediais de esgoto sanitário - projeto e execução**. , 1999.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Sistema de gestão da qualidade, NBR ISO 9001**. , 2015.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5626 - Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção**. [S.l.]: Abnt, 5 jun. 2020.
- ANDRADE, Larissa Moura *et al.* Análise de patologias em instalações hidráulicas e sanitárias de edificações residenciais e comerciais / Analysis of pathologies in hydraulic and sanitary installations of residential and commercial buildings. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 11, p. 109639–109658, 29 nov. 2021.
- APARECIDA YWASHIMA, Lais. **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo**. Mestre em Engenharia Civil—Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, 23 fev. 2005.

Apresentação e História – Universidade Federal do Cariri. , [S.d.]. Disponível em: <<https://www.ufca.edu.br/instituicao/apresentacao-e-historia/>>. Acesso em: 9 out. 2025

BONI, Solange Da Silva Nunes *et al.* Analysis of the pathologies raised in the hydrosanitary predial system of building at Universidade Federal do Maranhão. *In: CHRISTA KORZENOWSKI; FRANCIELE SONAGLIO; ROSANGEL ROJAS AGUERO (Eds.). Essential studies focused on development area. [S.l.]: Seven Events, 2022. p. 748–764.*

Centro de Educação a Distância (Cead) – Universidade Federal do Cariri. , [S.d.]. Disponível em: <<https://www.ufca.edu.br/cursos/educacao-a-distancia/centro-de-educacao-a-distancia/>>. Acesso em: 9 out. 2025

GNOATTO, Eloise Leonora; KALBUSCH, Andreza; HENNING, Elisa. Avaliação do consumo de água em um edifício de um campus universitário. **Paranoá**, n. 34, p. 1–16, 6 jul. 2023.

GÓES, Waldez. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. [S.d.].

JUNIOR, Jailton Muniz Mendes *et al.* Reutilização de água da chuva. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, p. 66–90, 1 jul. 2020.

LEITE, Allan Mychel de Souza. ANÁLISE DAS PATOLOGIAS RECORRENTES EM INSTALAÇÕES PREDIAIS HIDROSSANITÁRIAS. 2022.

SILVA, Afonso A.; PIMENTEL, Rodrigues C. The importance of water efficiency in buildings in Mediterranean countries. The Portuguese experience. **International Journal of Systems Applications, Engineering & Development**, 2011.

SOARES, Anna Elis Paz; DO PRADO, Amanda Rafaely Monte; DA SILVA, Simone Rosa. O monitoramento como ferramenta da redução do consumo de água potável na faculdade de ciências da administração de pernambuco – FCAP/UPE. **Tecno-Lógica**, v. 23, n. 1, p. 42–48, 3 jan. 2019.

SOUZA FILHO, José Demontier Vieira De *et al.* REUSO DE ÁGUA NA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Engenharia & Ação**, v. 3, n. 1, 13 mar. 2025.

UFCA. **Memória – Universidade Federal do Cariri.** , 2025. Disponível em: <<https://www.ufca.edu.br/instituicao/apresentacao-e-historia/memoria/>>. Acesso em: 9 out. 2025

UFCA. **Instituto de Formação de Educadores (IFE) – UFCA.** , [S.d.]. Disponível em: <<https://www.ufca.edu.br/instituicao/administrativo/estrutura-organizacional/unidades-academicas/instituto-de-formacao-de-educadores-ife/>>. Acesso em: 9 out. 2025

UNIVERSITÁRIOS, Divisão de Portais. **Solenidade marca transferência de bens do antigo Campus da UFC no Cariri para a UFCA.** Disponível em: <<https://www.ufc.br/noticias/noticias-de-2017/10245-solenidade-marca-transferencia-de-bens-do-antigo-campus-da-ufc-no-cariri-para-a-ufca>>. Acesso em: 9 out. 2025.

VEIGA, Danilo Ferreira. ANÁLISIS DEL CONSUMO DE AGUA EN EDIFICACIONES DE UNA UNIVERSIDAD FEDERAL DE BRAZIL. [S.d.].

COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL (CAESB). *Dicas de economia de água*. Brasília, DF: Caesb, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.caesb.df.gov.br/dicas-de-economia-de-agua/>>. Acesso em: 19 fev. 2026.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). *Tabela de perdas estimadas por tipo de vazamento doméstico*. São Paulo: Sabesp, 2025. Disponível em: <https://www.sabesp.com.br/site/uploads/file/clientes_servicos/tabela_vazamento.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2026.

GONÇALVES, Orestes Marraccini; ILHA, Marina Sangoi de Oliveira. *As bacias sanitárias e as perdas de água nos edifícios*. Goiânia: Universidade Federal de Goiás (UFG), 2002.

APÊNDICE A

Formulário de inspeção de equipamentos hidrossanitários

1. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL

1. Bloco:

- Bloco A Bloco B Bloco C Bloco D Bloco E
 Bloco F Bloco G Bloco H Bloco I Bloco J
 Bloco K Bloco L Bloco M Bloco N
 Quadra 1 Quadra 2

2. Pavimento:

- Subsolo Térreo 1º 2º 3º 4º

3. Tipo de banheiro:

- Masculino Feminino Acessível masculino
 Acessível feminino Sem gênero Outro: _____

4. Data da inspeção: ____/____/____

2. IDENTIFICAÇÃO DA PEÇA

5. A peça está instalada?

- Sim → Prosseguir
 Não → Ir para a questão 26

6. Método utilizado:

- Vaso sanitário → Ir para 21
 Torneira → Ir para 8
 Ducha → Ir para 17
 Mictório → Ir para 13
 Não se aplica → Ir para 26

7. Número/posição da peça: _____

8. Marca: _____

TORNEIRA

9. Vazamento detectado?

- Sim → Ir para 10
 Não → Ir para 26

10. Tipo de patologia:

- Vazamento na base
 Vazamento no corpo
 Vazamento no registro
 Vazamento oculto
 Borracha danificada
 Pressão excessiva
 Dificuldade de fechamento
 Torneira solta

- Vazão baixa
- Corrosão
- Trinca

11. Tempo de acionamento: _____

12. Intensidade:

- Esporádico Contínuo

→ Ir para 26

MICTÓRIO

13. Marca: _____

14. Vazamento?

- Sim → 15
 Não → 26

15. Tipo:

- Vazamento alimentação
- Entupimento
- Descarga falha
- Mau cheiro

16. Intensidade:

- Esporádico Contínuo

→ Ir para 26

DUCHA

17. Marca: _____

18. Vazamento?

- Sim → 19
 Não → 26

19. Tipo:

- Registro danificado
- Mangueira danificada
- Pressão excessiva
- Vazamento oculto

20. Intensidade:

- Esporádico Contínuo

→ Ir para 26

VASO SANITÁRIO

21. Marca: _____

22. Sistema:

Dual flush Convencional

23. Vazamento?

Sim → 24

Não → 26

24. Tipo:

Vazamento interno

Vazamento na base

Vazamento alimentação

Descarga defeito

25. Local:

Base Interno Alimentação

→ Ir para 26

FINALIZAÇÃO**26. Foto da peça**

27. Observações: _____

APÊNDICE B

Estrutura da planilha de dados e exemplo aplicado para torneiras

Parte 1

Num	Identificação do Local	Pavimento	Tipo de banheiro	Data de inspeção?	Nº ou posição da peça	Método utilizado	Foto da peça	A peça está instalada?
1	Bloco C	Térreo	Banheiro masculino	19/09/2025	1	Torneira	EIRA.jpg image -	Sim
2	Bloco C	Térreo	Banheiro masculino	19/09/2025	2	Torneira	IA LAYZA FEITO	Sim
3	Bloco C	Térreo	Banheiro masculino	19/09/2025	2	Torneira	IA LAYZA FEITO	Sim
4	Bloco C	Térreo	Banheiro masculino	19/09/2025	3	Torneira	EIRA.jpg image -	Sim
8	Bloco C	Térreo	Banheiro feminino	19/09/2025	1	Torneira	EIRA.jpg image -	Sim
10	Bloco C	Térreo	Banheiro feminino	19/09/2025	2	Torneira	EIRA.jpg image -	Sim
12	Bloco C	Térreo	Banheiro feminino	19/09/2025	3	Torneira	EIRA.jpg image -	Sim
14	Bloco C	Térreo	Banheiro feminino	19/09/2025	4	Torneira	EIRA.jpg image -	Sim
24	Bloco C	Subsolo	Banheiro feminino	19/09/2025	1	Torneira	ILVA.jpg image -	Sim
25	Bloco C	Subsolo	Banheiro feminino	19/09/2025	2	Torneira		Sim
26	Bloco C	Subsolo	Banheiro feminino	19/09/2025	3	Torneira	IA LAYZA FEITO	Sim
27	Bloco C	Subsolo	Banheiro feminino	19/09/2025	4	Torneira		Sim
28	Bloco C	Subsolo	Banheiro masculino	19/09/2025	1	Torneira	CIA BARROS Cl	Sim
29	Bloco C	Subsolo	Banheiro masculino	19/09/2025	2	Torneira	CIA BARROS Cl	Sim
30	Bloco C	Subsolo	Banheiro sem gênero	19/09/2025	3	Torneira	EIRA.jpg image -	Sim
32	Bloco C	Subsolo	Banheiro sem gênero	19/09/2025	4	Torneira	IA LAYZA FEITO	Sim
51	Bloco A	Térreo	Banheiro masculino	05/01/2026	1	Torneira		Sim
52	Bloco A	Térreo	Banheiro masculino	05/01/2026	2	Torneira		Sim
54	Bloco A	Térreo	Banheiro masculino	05/01/2026	3	Torneira		Sim
55	Bloco A	Térreo	Banheiro masculino	05/01/2026	4	Torneira		Sim
64	Bloco A	Térreo	Banheiro feminino	05/01/2026	1	Torneira		Sim
67	Bloco A	Térreo	Banheiro feminino	05/01/2026	2	Torneira		Sim
69	Bloco A	Térreo	Banheiro feminino	05/01/2026	3	Torneira		Sim
71	Bloco A	Térreo	Banheiro feminino	05/01/2026	4	Torneira		Sim
102	Bloco A	Térreo	Banheiro sem gênero	05/01/2026	3	Torneira		Sim
49	Bloco D	Térreo	Servidores	05/01/2026	1	Torneira		Sim
50	Bloco D	Térreo	Servidores	05/01/2026	2	Torneira		Sim
99	Bloco E	Térreo	Banheiro sem gênero	05/01/2026	1	Torneira		Sim
101	Bloco E	Térreo	Banheiro sem gênero	05/01/2026	2	Torneira		Sim
104	Bloco E	Térreo	Banheiro sem gênero	05/01/2026	4	Torneira		Sim
118	Bloco E	Térreo	Banheiro feminino	05/01/2026	1	Torneira		Sim
120	Bloco E	Térreo	Banheiro feminino	05/01/2026	2	Torneira		Sim
121	Bloco E	Térreo	Banheiro feminino	05/01/2026	3	Torneira		Sim
123	Bloco E	Térreo	Banheiro feminino	05/01/2026	4	Torneira		Sim
143	Bloco F	Térreo	Banheiro feminino	05/01/2026	1	Torneira	IA LAYZA FEITO	Sim
145	Bloco F	Térreo	Banheiro feminino	05/01/2026	2	Torneira		Sim
148	Bloco F	Térreo	Banheiro feminino	05/01/2026	3	Torneira	IA LAYZA FEITO	Sim
153	Bloco F	Térreo	Banheiro acessível feminino	05/01/2026	1	Torneira	IA LAYZA FEITO	Sim
154	Bloco G	Térreo	Banheiro masculino	05/01/2026	1	Torneira	IA LAYZA FEITO	Sim
155	Bloco G	Térreo	Banheiro masculino	05/01/2026	2	Torneira		Sim
157	Bloco G	Térreo	Banheiro masculino	05/01/2026	3	Torneira	IA LAYZA FEITO	Sim
159	Bloco G	Térreo	Banheiro masculino	05/01/2026	4	Torneira		Sim
169	Bloco G	Térreo	Banheiro sem gênero	05/01/2026	1	Torneira		Sim

Parte 2

Vazamento detectado? 2	Tipo de Patologia	Tipo de torneira	or temporizada, qual TEMPO de acioname	Qual a marca
Não	Não se aplica	Registro	Não se aplica	Japi
Não	Não se aplica	Registro	Não se aplica	Japi
Não	Não se aplica	Registro	Não se aplica	Japi
Não	Não se aplica	Registro	Não se aplica	Kelly
Não	Torneira solta/instável, Exrusão muito tempo de uso torneira esverdeada	Pressão	5	Metals supremo
Não	Não se aplica	Pressão	5	Kelly
Não	Não se aplica	Pressão	5	Kelly
Sim	Vazamento na base, Vazamento no registro, Vazamento na base quando acionada	Registro	Não se aplica	Japi
Não	Torneira solta/instável, Corrosão/oxidação	Registro	Não se aplica	Não Identificado
Não	Não se aplica	Pressão	4,3	Kelly
Não	Corrosão/oxidação	Pressão	3,98	Kelly
Não	Não se aplica	Pressão	4,34	Kelly
Sim	Vazamento no corpo, Vazamento no registro, Pressão excessiva na rede	Registro	Não se aplica	Japi
Não	Pressão excessiva na rede	Registro	Não se aplica	Japi
Sim	Vazamento no registro, Pressão excessiva na rede, Vazamento quanto acionada	Registro	Não se aplica	Japi
Sim	Não se aplica	Registro	Não se aplica	Japi
Não	Não se aplica	Registro	Não se aplica	Não Identificado
Não	Não se aplica	Registro	Não se aplica	Kelly
Sim	Vazamento na base, Vazamento no corpo	Registro	Não se aplica	Japi
Sim	Vazamento na base	Registro	Não se aplica	Kelly
Não	Não se aplica	Pressão	1,9	Blukit
Sim	Vazamento na base	Registro	Não se aplica	Kelly
Não	Não se aplica	Registro	Não se aplica	Japi
Sim	Vazamento na base	Registro	Não se aplica	Japi
Não	Vazão muito baixa (possível entupimento ou pressão baixa)	Pressão	4	Blukit
Sim	Dificuldade de fechamento (não veda bem)	Registro	Não se aplica	Celite
Não	Não se aplica	Registro	Não se aplica	Celite
Não	Não se aplica	Registro	Não se aplica	Não Identificado
Não	Vazão muito baixa (possível entupimento ou pressão baixa)	Pressão	5,5	Blukit
Não	Vazão muito baixa (possível entupimento ou pressão baixa)	Pressão	4,8	Kelly
Não	Vazão muito baixa (possível entupimento ou pressão baixa)	Pressão	2,7	Elukit
Não	Vazão muito baixa (possível entupimento ou pressão baixa)	Pressão	2,5	Blukit
Não	Vazão muito baixa (possível entupimento ou pressão baixa)	Pressão	3	Blukit
Não	Vazão muito baixa (possível entupimento ou pressão baixa)	Pressão	3,5	Blukit
Sim	Vazamento na base, Vazamento no corpo	Registro	Não se aplica	Não Identificado
Não	Não se aplica	Registro	Não se aplica	Não Identificado
Sim	Vazamento na base	Registro	Não se aplica	Não Identificado
Sim	Vazamento no corpo	Pressão	8,1	Docol
Sim	Vazamento no corpo, Vazão muito baixa (possível entupimento ou pressão baixa)	Pressão	9,6	Docol
Não	Vazão muito baixa (possível entupimento ou pressão baixa)	Pressão	1,9	Deca
Sim	Vazamento no corpo, Vazão muito baixa (possível entupimento ou pressão baixa)	Pressão	8,6	Docol
Não	Vazão muito baixa (possível entupimento ou pressão baixa)	Pressão	7,6	Docol
Não	Vazão muito baixa (possível entupimento ou pressão baixa)	Pressão	7	Docol



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que o Trabalho de Conclusão de Curso das alunas *Aretha Layza Feitosa e Silva* e *Maria Leticia Barros Cunha Ferreira*, intitulado: “Análise de patologias em peças hidrossanitárias de banheiros visando economia de água em edificações públicas: um estudo de caso na Universidade Federal do Cariri (UFCA)”, defendido e aprovado em 06 de março de 2026 e sob minha orientação, está em versão final, de acordo com as solicitações realizadas pela banca examinadora.

Informo também que procedi à revisão final do texto, constatando que atende às especificações das normas da ABNT para apresentação de trabalhos acadêmicos da UFCA, no que diz respeito ao conteúdo e à formatação.

Juazeiro do Norte, 07 de abril de 2026



Documento assinado digitalmente

SOFIA LEAO CARVALHO

Data: 07/04/2026 18:35:15-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª Drª Sofia Leão Carvalho
Professora do Centro de Ciências e Tecnologia
SIAPE 1050505