# TESTES DE CONFIABILIDADE, DURABILIDADE E ACEITABILIDADE DOS MODELOS SMART TOILET FLUSHER: MODEL OUTSIDE E MODEL INSIDE

Gustavo Yuushi Yamate Santos (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Sandro Rogério Lautenschlager (Orientador). E-mail: srlager@uem.br.
Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil, Maringá, PR.

**Área e subárea do conhecimento: Engenharias / Engenharia Civil.**

Palavras-chave: Automação sanitária; Tecnologia sem contato; Manufatura aditiva.

## RESUMO

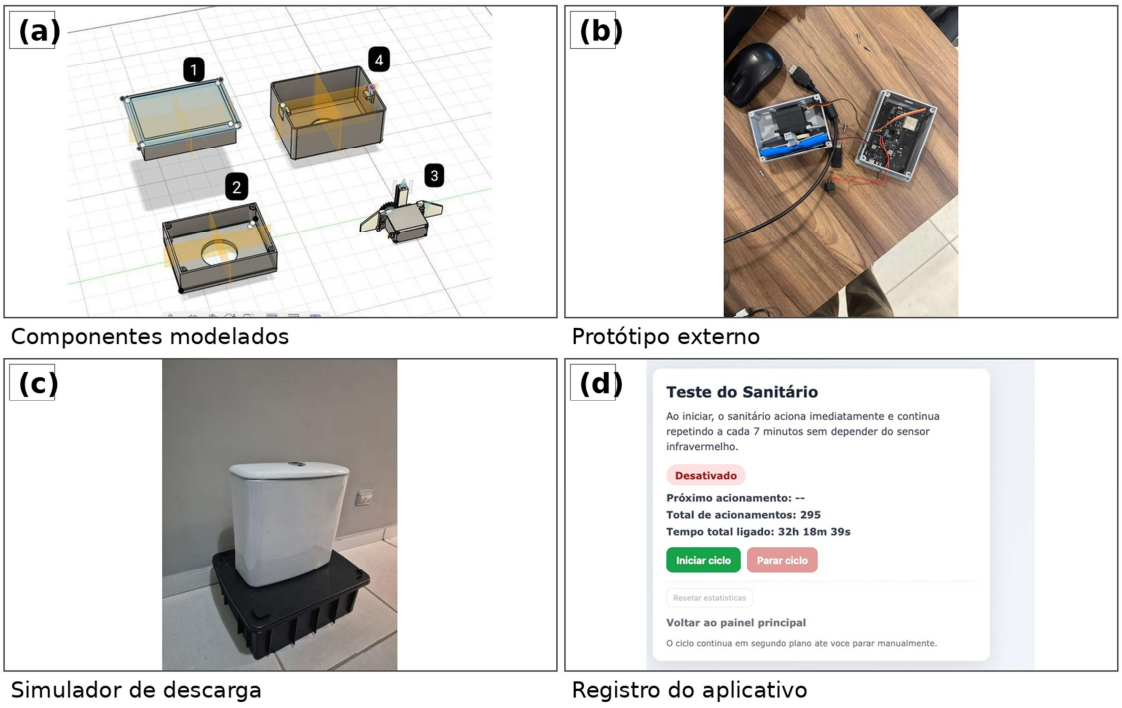
Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a avaliação dos modelos Smart Toilet Flusher, Model Outside e Model Inside, voltados à automação do acionamento de descargas sanitárias. A pesquisa teve como objetivo analisar a confiabilidade, a durabilidade e a aceitabilidade dos dispositivos, considerando sua aplicação em ambientes residenciais e coletivos. Foram realizadas etapas de modelagem tridimensional, fabricação por impressão 3D, montagem dos sistemas mecânico e eletrônico e construção de um simulador de descarga com recirculação de água.O Model Outside foi testado por ciclos sucessivos de acionamento, definidos a partir do tempo médio de enchimento da caixa acoplada, de aproximadamente 7 minutos. Também foi desenvolvido um aplicativo para controle e registro do ensaio, com possibilidade de integração ao acionamento por comando de voz. Ao final do teste, foram contabilizados 295 acionamentos, com tempo total de funcionamento de 32 horas, 18 minutos e 39 segundos. Os resultados indicaram a viabilidade inicial do protótipo e a integração entre aplicativo, circuito eletrônico e mecanismo de acionamento, contribuindo para soluções sanitárias automatizadas voltadas à redução do contato manual e à melhoria da higiene.

## INTRODUÇÃO

Banheiros de uso coletivo concentram superfícies compartilhadas, como torneiras, maçanetas e botões de descarga, que podem ser tocadas por diferentes usuários ao longo do dia. Estudos sobre contaminação em banheiros públicos indicam a presença de microrganismos em superfícies de uso frequente, reforçando a importância de soluções que diminuam o contato direto com esses pontos (MATINI et al., 2020). Nesse contexto, tecnologias sem contato têm ganhado espaço por oferecerem maior higiene, segurança e praticidade. Iqbal e Campbell (2021) destacam que a interação touchless deixou de ser vista apenas como conveniência e passou a ser considerada necessária em diferentes ambientes.O Smart Toilet Flusher se insere nesse cenário como uma proposta de automação para o acionamento da descarga sanitária. O projeto contempla dois modelos: o Model Outside, instalado externamente à caixa acoplada, e o Model Inside, destinado à instalação interna. A proposta busca reduzir o contato manual com a descarga, facilitar o uso do sistema e avaliar a adaptação dos modelos a diferentes instalações sanitárias.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida de forma exploratória e experimental, iniciando-se pela concepção e modelagem tridimensional dos componentes do Smart Flusher. Os modelos digitais foram desenvolvidos nos softwares Fusion 360 e Blender, permitindo definir a geometria do case, os encaixes e a disposição dos componentes internos. A fabricação das peças foi realizada por manufatura aditiva, processo adequado à produção de protótipos e geometrias personalizadas a partir de modelos digitais (ISO/ASTM, 2021; NGO et al., 2018).No Model Outside, o mecanismo de acionamento foi composto por motor, engrenagem e cremalheira. A rotação da engrenagem promove o deslocamento vertical da cremalheira, que pressiona o botão da descarga. O invólucro externo foi projetado para se encaixar sobre a tampa da caixa acoplada, utilizando o próprio sistema de fixação do botão, sem necessidade de cortes ou alterações na louça sanitária. Também foi desenvolvido o invólucro do Model Inside, considerando a proteção dos componentes e a integração ao sistema existente.Para os ensaios, foi construído um simulador de descarga composto por mecanismo universal com caixa acoplada e sistema de recirculação de água. Inicialmente, foi cronometrado o tempo de enchimento da caixa acoplada após cada descarga, obtendo-se aproximadamente 7 minutos. Esse intervalo foi adotado para os ciclos de acionamento do teste de confiabilidade e durabilidade. O ensaio foi acompanhado por um aplicativo desenvolvido para controlar o ciclo, registrar a quantidade de acionamentos e o tempo total de funcionamento. O sistema também foi planejado para integração com assistente virtual, possibilitando acionamento por comando de voz.




Componentes modelados | Protótipo externo

Simulador de descarga | Registro do aplicativo

Figura 1 – Principais etapas do desenvolvimento e teste do Smart Flusher: (a) componentes modelados; (b) protótipo externo; (c) simulador de descarga; (d) registro do teste no aplicativo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento dos protótipos permitiu organizar os componentes mecânicos e eletrônicos necessários ao funcionamento do Smart Flusher, conforme apresentado na Figura 1. No Model Outside, verificou-se que o conjunto formado por motor, engrenagem e cremalheira foi capaz de realizar o movimento necessário para pressionar o botão da descarga. A caixa externa também se mostrou adequada à proposta de instalação sobre a tampa da caixa acoplada, pois utiliza a fixação existente no próprio conjunto sanitário, facilitando a montagem e a remoção do dispositivo.O simulador possibilitou a repetição dos acionamentos em ambiente controlado, sem necessidade de reposição constante de água. No experimento principal, o dispositivo realizou 295 acionamentos, totalizando 32 horas, 18 minutos e 39 segundos de funcionamento registrado pelo aplicativo. Esse resultado representa um indicativo inicial da capacidade do protótipo de operar de forma repetitiva, mantendo a integração entre mecanismo físico, circuito eletrônico e controle remoto.

O aplicativo contribuiu para o acompanhamento do ensaio, pois registrou automaticamente os dados e reduziu a necessidade de controle manual de cada ciclo. Esse recurso também amplia as possibilidades de uso do produto, uma vez que o Smart Flusher pode ser acionado por dispositivo móvel e, futuramente, por comando de voz. Apesar da viabilidade inicial, ainda são necessários novos testes com maior número de ciclos, diferentes modelos de caixas acopladas e outras configurações de bateria, servo motor e componentes eletrônicos.

## CONCLUSÕES

A pesquisa permitiu desenvolver e avaliar os primeiros protótipos dos modelos Smart Toilet Flusher, com destaque para o Model Outside, submetido a testes de acionamento em ambiente controlado. Os resultados demonstraram que o sistema conseguiu realizar ciclos sucessivos de descarga e registrar os dados de funcionamento por meio do aplicativo, indicando integração adequada entre mecanismo, circuito eletrônico e controle remoto. O Model Inside também foi desenvolvido como alternativa de instalação interna, ampliando as possibilidades de adaptação do produto. Dessa forma, o estudo indica a viabilidade inicial da solução, principalmente para aplicações que buscam reduzir o contato manual com a descarga e melhorar a higiene em ambientes residenciais e coletivos. Como continuidade, recomenda-se ampliar os testes de durabilidade, realizar a avaliação de aceitabilidade com usuários e comparar o desempenho dos dois modelos em diferentes condições de instalação.

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, ao CNPq, à Fundação Araucária, à Universidade Estadual de Maringá e ao Departamento de Engenharia Civil pelo apoio ao desenvolvimento da pesquisa.

Agradece também ao orientador Prof. Dr. Sandro Rogério Lautenschlager pelo acompanhamento e orientação durante o projeto.

## REFERÊNCIAS

IQBAL, M. Z.; CAMPBELL, A. G. **From luxury to necessity**: progress of touchless interaction technology. Technology in Society, v. 67, p. 101796, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101796. Acesso em: 29 ago. 2026.

**ISO/ASTM. ISO/ASTM 52900:2021: Additive manufacturing** — General principles — Fundamentals and vocabulary. Geneva: International Organization for Standardization, 2021. Disponível em: https://www.iso.org/standard/74514.html. Acesso em: 29 ago. 2026.

MATINI, E. et al. **A survey of public restrooms microbial contamination in Tehran city**, capital of Iran, during 2019. Journal of Family Medicine and Primary Care, v. 9, n. 6, p. 3131-3135, 2020. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7491804/. Acesso em: 29 ago. 2026.

NGO, T. D. et al. **Additive manufacturing (3D printing)**: a review of materials, methods, applications and challenges. Composites Part B: Engineering, v. 143, p. 172-196, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012. Acesso em: 29 ago. 2026.

SARVESH, K. et al. **IoT based on comfort and hygiene common restroom with a touchless locking mechanism. In**: 2023 9th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS). Coimbatore: IEEE, 2023. p. 2339-2342. Disponível em: https://doi.org/10.1109/ICACCS57279.2023.10112815. Acesso em: 29 ago. 2026.