COMPORTA AUTOMÁTICA PARA CONTENÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL EM EDIFICAÇÕES

AUTOMATIC FLOODGATE FOR RAINWATER RETENTION IN BUILDINGS

Arthur Garcia dos Santos, Álvaro Luiz de Matos Ferreira, Gabriel de Lima Faustino, Guilherme dos Santos Gualhanoni de Morais, Carlos Alberto Amaral Moino

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia Mecânica, Curso de Engenharia Mecânica

E-mail para contato: gabrielfaustino67@hotmail.com

RESUMO – Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de comporta automática para contenção de água pluvial em edificações, visando minimizar prejuízos causados por alagamentos urbanos. O projeto envolve modelagem tridimensional, análise funcional e estudo de materiais para resistência e durabilidade. São discutidos atrito em sistemas hidráulicos, empuxo e cálculos pluviométricos para dimensionar a eficiência da comporta.

Palavras-chave: alagamentos; comporta automática; engenharia mecânica; drenagem urbana; proteção patrimonial.

ABSTRACT – This paper presents the development of an automatic gate prototype for rainwater containment in buildings, aiming to minimize damage caused by urban flooding. The project involves 3D modeling, functional analysis and study of materials for resistance and durability. Friction in hydraulic systems, buoyancy and rainfall calculations are discussed to dimension the gate efficiency.

Keywords: flooding; automatic gate; mechanical engineering; urban drainage; property protection.

1 INTRODUÇÃO

Os alagamentos urbanos constituem um problema recorrente em cidades costeiras como Santos, São Vicente e Guarujá, provocando prejuízos materiais e riscos à vida. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma comporta automática para proteção de edificações residenciais e comerciais, capaz de atuar de forma autônoma durante eventos de chuva intensa. São abordados aspectos de dimensionamento, materiais e funcionamento, além de cálculos hidrológicos para prever volumes de água incidentes.

Nos últimos anos, a intensificação de eventos climáticos extremos no Brasil tem evidenciado a vulnerabilidade das infraestruturas urbanas diante de chuvas intensas. O crescimento populacional, a impermeabilização do solo e a sobrecarga dos sistemas de drenagem tradicionais aumentaram significativamente a frequência e a gravidade dos alagamentos. Nesse contexto, soluções de engenharia mecânica aplicadas à drenagem urbana representam uma alternativa inovadora para a proteção do patrimônio privado e coletivo.
A aplicação de dispositivos automáticos para controle de fluxos, como comportas, diferencia-se pela resposta passiva e imediata ao aumento do nível da água, reduzindo a necessidade de intervenção humana e ampliando a resiliência das edificações.

A aplicação desse projeto tem como objetivo desenvolver, dimensionar e testar um protótipo funcional de comporta automática para contenção de água pluvial em edificações, capaz de atuar de forma autônoma durante eventos de chuva intensa. A proposta visa oferecer uma solução de baixo custo, de fácil instalação e manutenção, que reduza os impactos dos alagamentos urbanos em garagens, portarias e áreas de acesso, garantindo maior segurança patrimonial e operacional. Além disso, busca-se aplicar conceitos de mecânica dos fluidos, atrito hidráulico, empuxo e medições pluviométricas para fundamentar tecnicamente o dimensionamento e o funcionamento do sistema.

Além disso, a integração desses dispositivos com dados meteorológicos e históricos de precipitação oferece potencial para um planejamento preventivo mais preciso, alinhado aos conceitos de cidades inteligentes e gestão integrada de riscos que, segundo a matéria publicada em A Tribuna (2025), a Baixada Santista enfrentou temporais intensos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram selecionados materiais de alta durabilidade, incluindo ralo em ferro, tubos em aço carbono 2” SCH40 ASTM A36 e chapa de aço inox-304. A elevação da comporta ocorre por meio de boia em fibra acionada pelo nível da água. A válvula esfera de 2” CL150 controla a vazão. O método consistiu em modelagem 3D e elaboração de protótipo funcional (Figuras 1 e 2), validado com orientação docente. O aço inoxidável 304 apresenta elevada resistência à corrosão e boa relação resistência-peso (ASTM, 2022).

Figura 1. Vista em perspectiva da comporta automática

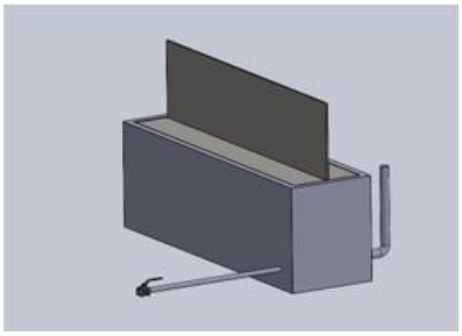
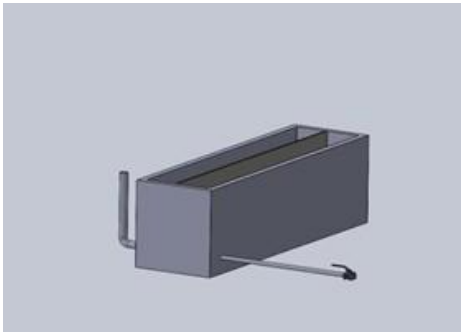


Figura 2. Vista em perspectiva da comporta automática recolhida



A seleção dos materiais seguiu critérios baseados em normas técnicas, resistência à corrosão, custo-benefício e facilidade de manutenção. Componentes metálicos foram dimensionados conforme normas ASTM e ABNT, assegurando compatibilidade com condições de operação em ambientes salinos e úmidos. Durante o desenvolvimento, foram realizados ensaios preliminares de estanqueidade e acionamento em escala reduzida para validar o

funcionamento da boia e o fechamento da comporta. Essa etapa experimental permitiu ajustar parâmetros críticos, como o peso do contrapeso, o tempo de resposta do sistema e a altura de acionamento. O método adotado assegura a replicabilidade do estudo, fornecendo dados consistentes para futuras aplicações em larga escala.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O atrito representa a resistência ao movimento do fluido e às partes móveis da comporta. As perdas de carga são calculadas pela equação de Darcy–Weisbach, e a tensão de cisalhamento segue a lei de Newton da viscosidade. Minimizar rugosidades, usar lubrificação adequada e dimensionar corretamente os condutos reduz perdas e melhora a eficiência do sistema.

A análise do atrito não se limita ao cálculo de perda de carga, mas também influencia a eficiência energética do sistema como um todo. Ao reduzir o atrito em tubulações e componentes móveis, diminui-se a força necessária para acionamento e manutenção da comporta, prolongando a vida útil dos materiais e minimizando intervenções corretivas. As perdas de carga contínua seguem a Fórmula Universal (HIDRÁULICA TOLENTINO, 2023). Esse enfoque preventivo contribui para a sustentabilidade operacional e para a redução de custos associados à manutenção periódica

O empuxo é a força vertical resultante exercida por um fluido sobre um corpo imerso, igual ao peso do volume de fluido deslocado (Princípio de Arquimedes). No projeto da comporta, o correto dimensionamento da boia depende do equilíbrio entre peso próprio e empuxo, garantindo acionamento confiável do sistema.

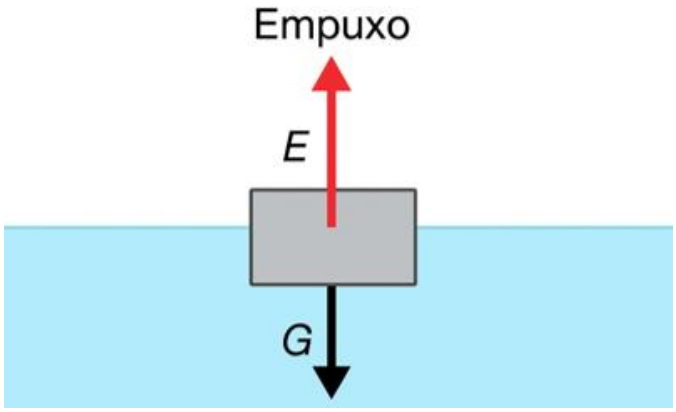
Segundo Brunetti (2008), o empuxo pode ser expresso matematicamente como:

$$E = \gamma V$$

Além de determinar a força ascensional sobre a boia, o estudo do empuxo auxilia no entendimento da estabilidade do conjunto. Ao analisar momentos e centros de empuxo, é possível prever a inclinação e o comportamento dinâmico da boia durante o acionamento. Esse nível de detalhe é particularmente relevante em sistemas sujeitos a variações rápidas de nível d'água,

garantindo que o mecanismo mantenha desempenho confiável mesmo sob condições extremas (Figura 3).

Figura 3. Exemplificação de empuxo



Além da quantificação do volume total precipitado, a análise da intensidade da chuva em milímetros por hora (mm/h) é um critério amplamente adotado para classificar a severidade do evento. Essa métrica é de grande relevância para avaliação do risco imediato de enchentes e deslizamentos, já que chuvas de mesma quantidade acumulada podem gerar impactos muito distintos a depender da duração do fenômeno. Segundo os critérios utilizados pelo Inmet, a chuva pode ser classificada em diferentes níveis de intensidade, variando de fraca a extremamente forte, de acordo com o volume registrado em um determinado intervalo temporal:

- Chuva fraca: < 2,5 mm/h
- Chuva moderada: 2,5 a 10 mm/h
- Chuva forte: 10 a 50 mm/h
- Chuva violenta: > 50 mm/h.

O pluviômetro mede a precipitação em milímetros, sendo 1 mm equivalente a 1 litro de água por metro quadrado. A intensidade (mm/h) é obtida dividindo-se a precipitação pelo tempo. Esses dados permitem dimensionar volumes de água a serem retidos ou escoados pela comporta, ajustando o tempo de resposta e prevenindo alagamentos. Dados pluviométricos são essenciais para dimensionar sistemas de drenagem (INMET, 2024).

A utilização sistemática de dados pluviométricos permite estabelecer curvas de frequência e intensidade de chuva para cada localidade, fundamentais para dimensionar sistemas de drenagem. A partir dessas séries históricas, é possível identificar períodos críticos, calcular tempos de retorno e determinar margens de segurança no projeto. Essa abordagem quantitativa, aliada ao monitoramento em tempo real, possibilita calibrar o acionamento automático da comporta para diferentes cenários de precipitação.

4 CONCLUSÃO

O protótipo de comporta automática mostra-se uma possível solução viável e de baixo custo para proteção de edificações contra alagamentos. O uso de materiais resistentes, acionamento autônomo por boia e aplicação de cálculos hidráulicos conferem segurança e eficácia ao sistema, sendo que estudos futuros podem incluir testes em escala real e monitoramento remoto. O desenvolvimento do protótipo insere-se no contexto das soluções baseadas em engenharia mecânica para mitigação de desastres urbanos. Além de reduzir prejuízos materiais, a tecnologia proposta apresenta potencial de replicação em condomínios, centros comerciais e obras públicas, podendo ser adaptada para diferentes escalas e tipologias construtivas. A incorporação de sensores eletrônicos e a integração com plataformas de alerta meteorológico constituem um próximo passo para ampliar a inteligência e a autonomia do sistema.

5 REFERÊNCIAS

ASTM INTERNATIONAL. A240/A240M – Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2022. Disponível em: https://www.astm.org/a0240_a0240m-22.html. Acesso em: 17 jun. 2025.

ATRIBUNA.COM.BR. Temporal com raios deixa Baixada Santista debaixo d’água. Disponível em: <https://www.atribuna.com.br/>. Acesso em: 8 ago. 2025.

BRUNETTI, Franco. Mecânica dos Fluidos. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Como funciona o pluviômetro. YouTube, 2023. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Z0lSxYsIJKs. Acesso em: 15 set. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. *Séries históricas e dados pluviométricos*. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2024. Disponível em: https://bdmep.inmet.gov.br/. Acesso em: 16 ago. 2025

TEMPORAL DEIXA BAIXADA SANTISTA, SP, DEBAIXO D'ÁGUA; VÍDEO. G1. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2025/02/18/temporal-deixa-baixada-santista-spdebaixo-dagua-video.ghtml>. Acesso em: 8 ago. 2025.

TOLENTINO, B. 6.3 Perda de carga contínua | Hidráulica Agrícola. Disponível em: <https://hidraulica.tolentino.pro.br/perda-de-carga-cont%C3%ADnua.html?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 21 set. 2025.