UTILIZAÇÃO DE MODELAGEM TRIDIMENSIONAL PARA DETERMINAÇÃO GRÁFICA DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO DE COBERTURAS EM SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS

Use of a Three-Dimensional Modelling for Graphical Determination of the Contribution Area of Roofs in Building Stormwater Drainage Systems

Silva Neto, Dary Ferreira da[1]; Barros, Renata Lima[2]; Marques, Thaynara Azevedo[3]; Reis, Ricardo Prado Abreu[4]

[1] Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, Brasil, daryferreira@discente.ufg.br.
[2] Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, Brasil, limabarrosrenata@gmail.com.
[3] Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, Brasil, thaynara.am.eng@gmail.com.
[4] Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, Brasil, ricardo_reis@ufg.br.

RESUMO

Este artigo apresenta uma abordagem gráfica para estimativa da área de contribuição de coberturas em sistemas prediais de águas pluviais. A metodologia baseia-se na projeção da trajetória da chuva, com diferentes inclinações, sobre um plano horizontal lançado a partir das cumeeiras da edificação modelada em ambiente tridimensional. Foram analisados dois eixos principais da cobertura, simulando ângulos de projeção da chuva de 63° positivos e negativos, além da projeção ortogonal (90°), conforme referências das normas técnicas brasileiras. Os resultados demonstraram variações de até 15% na área de contribuição, com impacto direto na vazão de projeto e no dimensionamento hidráulico. Também foi discutido os possíveis efeitos dessas variações no potencial de aproveitamento de águas pluviais, considerando cenários críticos e favoráveis de projeto. A abordagem gráfica tridimensional demonstrou potencial para representar com maior precisão a área de contribuição de água de chuva, especialmente em coberturas com geometrias complexas.

Palavras-chave: Área de contribuição; Telhados inclinados; Águas pluviais; Projeção gráfica; Sistemas prediais.

ABSTRACT

This paper presents a study on the graphical approach to estimate the contribution area of roofs in building stormwater drainage systems. The method is based on projecting rainfall trajectories whit different inclinations, onto a horizontal plane originating from the ridge of a three-dimensionally modeled building. Two main roof axes were analyzed using inclinations of ±63° and a vertical projection (90°), in accordance with Brazilian technical standards. The results showed variations of up to 15% in the contribution area, directly impacting design flow rates and pipe sizing. The influence of these variations on the viability of rainwater harvesting systems were also discussed, considering both critical and favorable design scenarios. The three-dimensional graphical approach demonstrated potential to more accurately represent in rainwater contribution area, especially on roofs with complex geometries.

Keywords: *Contribution area; Sloped roofs; Stormwater drainage; Graphical projection; Plumbing systems.*

1 INTRODUÇÃO

Nas edificações, o escoamento das águas pluviais é direcionado à rede de drenagem urbana, conduzido para sistemas de aproveitamento não-potável ou canalizado para sistemas de drenagem na fonte. O dimensionamento do sistema predial de águas pluviais ocorre mediante a determinação da vazão de projeto, calculada em função da área de contribuição da superfície sobre a qual incide a chuva. De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), a área de contribuição é influenciada pelos parâmetros de inclinação da cobertura, ângulo de

DOI: https://doi.org/10.46421/sispred.v4.8171

declividade da chuva em relação ao plano horizontal e pela eventual presença de paredes conjugadas, platibandas e demais fechamentos laterais na cobertura sobre os quais pode incidir a água da chuva que é escoada para o sistema de captação. Comparativamente, no contexto de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis, a NBR 15527 (ABNT, 2019) contempla como área de contribuição da cobertura apenas a projeção desta em planta, desprezando a ação do vento sobre a chuva e considerando que esta incide perpendicularmente ao plano horizontal.

Ragab *et al.* (2003) identificaram que o potencial de captação de água de chuva em telhados é influenciado pela direção da precipitação, gerando um maior volume captado no cenário em que os telhados são dispostos perpendicularmente à direção predominante do vento. Carvalho Júnior (2023) destaca a relevância da divisão das superfícies de contribuição de coberturas em áreas menores, aproveitando o projeto arquitetônico dos telhados, com suas águas e inclinações, para a otimização dos projetos dos sistemas prediais de águas pluviais.

O uso crescente de softwares de modelagem tridimensional na elaboração de projetos de sistemas prediais hidrossanitários tem permitido analisar múltiplos cenários construtivos ainda na etapa de planejamento. Segundo Amorim (2021), os processos de modelagem das futuras construções proporcionam o teste de diferentes soluções de projeto, comparando-as e definindo a viabilidade técnica das propostas ainda na etapa de representação gráfica. A elaboração de projetos pautada na apropriação de ferramentas tecnológicas otimiza a compreensão da importância da fase de projeto, potencializando ganhos de custos e de desempenho da edificação planejada (Costa, 2015).

Logo, este trabalho tem por objetivo aplicar a modelagem tridimensional da cobertura de uma edificação, analisando diferentes ângulos e eixos de incidência de chuva, para avaliar cenários de determinação da área de contribuição a ser adotada em vazões de projeto, e sua influência quanto à concepção e dimensionamento de sistemas prediais de águas pluviais.

2 METODOLOGIA

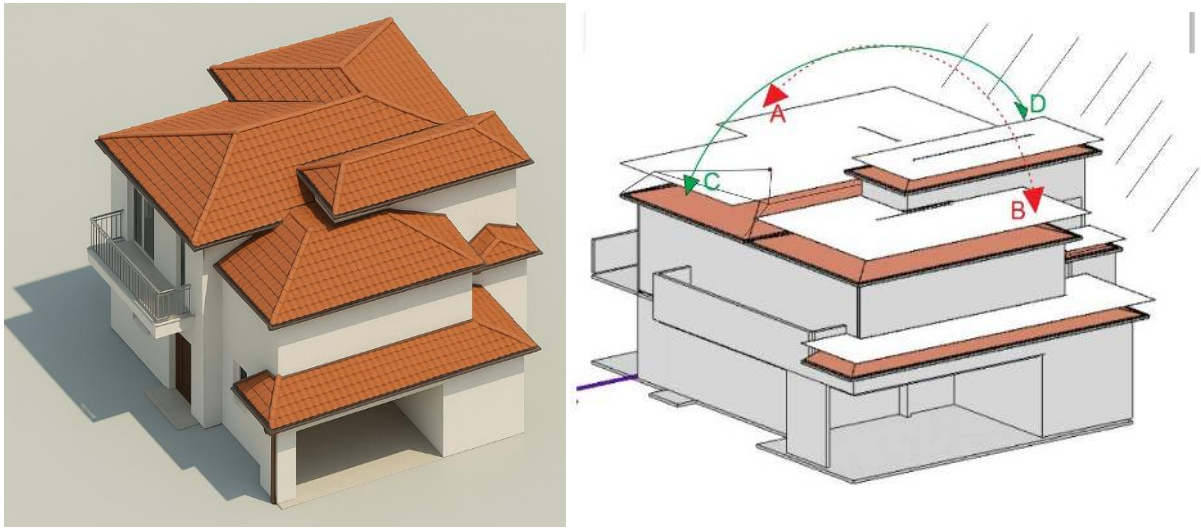
O presente estudo foi desenvolvido a partir da análise do projeto de uma edificação unifamiliar situada em Goiânia (GO), cuja concepção arquitetônica apresenta diferentes volumes. Para os fins desta pesquisa, a arquitetura foi projetada considerando o sistema de cobertura com uso de telhas cerâmicas.

A edificação foi modelada tridimensionalmente no software Autodesk Revit®, permitindo a representação fiel das geometrias das superfícies da cobertura. Foram identificadas as diferentes águas do telhado e, para cada uma, determinada o ponto de maior elevação (cumeeira), a partir do qual foram construídos planos horizontais de referência, servindo como base para a análise da incidência da chuva sobre as superfícies da cobertura.

A área de contribuição foi obtida por meio da projeção da trajetória da chuva sobre esse plano horizontal posicionado no topo da cobertura. A chuva foi simulada com diferentes ângulos de inclinação, partindo do ponto mais baixo de cada superfície de incidência que resultava em escoamento para a cobertura, de modo a representar variações reais causadas pela ação do vento, conforme recomendação da NBR 10844 (ABNT, 1989). A região efetiva de contribuição foi, portanto, determinada pela interseção entre o plano horizontal e a projeção da chuva em cada cenário. As simulações foram realizadas em dois eixos distintos da cobertura: o eixo longitudinal (A–B) e o eixo transversal (C–D), traçados em relação à fachada frontal da edificação, de forma a avaliar a variação da área de contribuição em diferentes orientações

de incidência da chuva. A Figura 1 apresenta a edificação simulada com a definição dos eixos de análise.

Figura 1 – Representação da edificação e dos eixos de análise

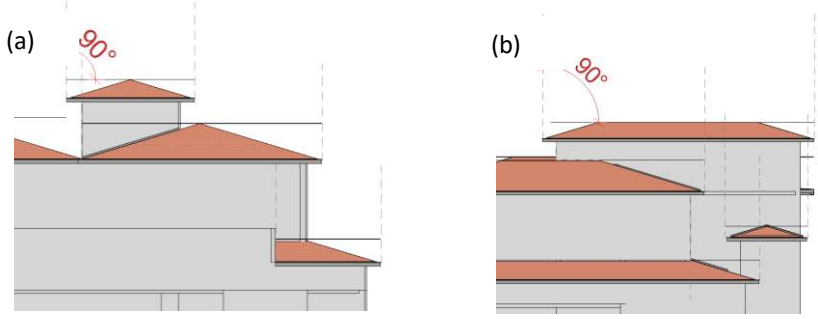


Fonte: Dos autores (2025)

A NBR 10844 (ABNT, 1989), prevê o uso de um ângulo de 63°, equivalente ao arco-tangente de 2 (arctg (2) ≈ 63,4°), como condição crítica de dimensionamento. Esse ângulo representa uma estimativa normativa da inclinação da chuva em relação ao plano horizontal, considerando a ação do vento. A adoção deste ângulo visa garantir uma margem de segurança no dimensionamento dos condutores pluviais, assumindo uma condição severa de escoamento onde a chuva incide de forma oblíqua sobre a cobertura. Três cenários foram simulados para cada eixo de análise, conforme indicados a seguir:

- Cenário 01: chuva incidindo perpendicularmente sobre o plano horizontal (90°), correspondendo à projeção ortogonal da precipitação, conforme recomendado pela NBR 15527 (ABNT, 2019) e indicado na Figura 2;

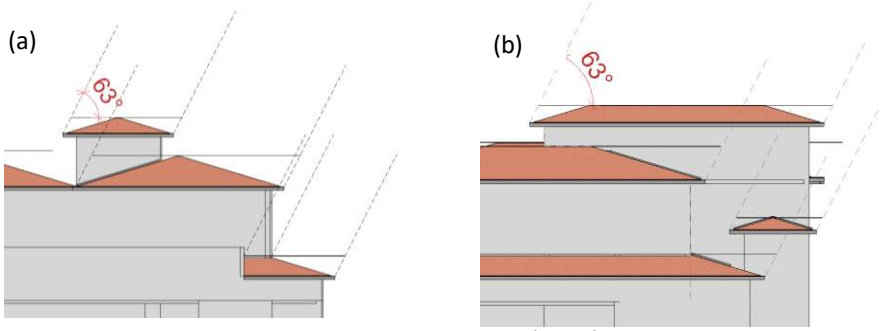
Figura 2 – Cenário 01 ao longo dos eixos A-B (a) e C-D (b)



Fonte: Dos autores (2025)

- Cenário 02: chuva incidindo com ângulo de +63°, medido no sentido anti-horário, do plano horizontal em direção à representação inclinada da chuva, conforme indicado na Figura 3;

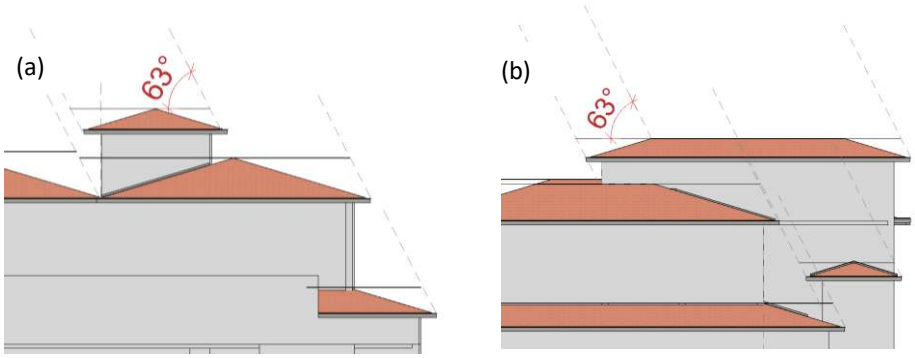
Figura 3 – Cenário 02 ao longo dos eixos A-B (a) e C-D (b)



Fonte: Dos autores (2025)

- Cenário 03: chuva incidindo com ângulo de -63°, medido no sentido horário, do plano horizontal em direção à representação inclinada da chuva, conforme indicado na Figura 4.

Figura 4 – Cenário 03 ao longo dos eixos A-B (a) e C-D (b)



Fonte: Dos autores (2025)

A partir desses cenários, foram identificadas as áreas efetivamente atingidas pela chuva. Essas áreas foram mensuradas graficamente para cada condição, possibilitando a comparação entre os diferentes cenários. Com as áreas de contribuição, seguiu-se com o cálculo da vazão de projeto para cada cenário, dado fundamental para o dimensionamento dos elementos constituintes do sistema de captação, controle de escoamento e transporte de águas pluviais – calhas e condutores verticais e horizontais, sistemas de retenção e detenção, conforme indicado pela Equação 1 (adaptada de ABNT, 1989).

$$Q = \frac{c \times i \times A}{60} \qquad \text{(Eq.1)}$$

Q, vazão de projeto (L/min);
c, coeficiente de escoamento superficial da cobertura(adimensional);
i, intensidade pluviométrica (mm/h);
A, área de contribuição (m²).

Para a determinação das vazões foram adotados os seguintes parâmetros pluviométricos:

- c = 1, considerando que a superfície da cobertura é completamente impermeável, convertendo a totalidade da chuva precipitada em escoamento superficial;

- i = 178 mm/h, valor proveniente do Anexo da NBR 10844 (ABNT, 1989), considerando a simulação de uma chuva intensa na cidade de Goiânia/GO definida para um período de retorno igual a 5 anos – utilizado para captação de água em coberturas.

Ao representar o comportamento da água sobre a cobertura em situações reais de chuva, essa abordagem gráfica supera as simplificações de cálculo propostas nas normas técnicas e fornece uma estimativa mais realista da área de contribuição pluvial. Logo, o estudo oferece subsídios técnicos mais precisos para o dimensionamento de sistemas prediais de águas pluviais em coberturas com geometrias mais complexas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta os valores obtidos para a área de contribuição considerando as inclinações propostas e aplicadas ao longo dos eixos A-B e C-D, respectivamente.

Tabela 1 – Áreas de contribuição da cobertura ao longo dos eixos A-B e C-D

Inclinação	Áreas de contribuição no eixo A-B (m²)	Áreas de contribuição no eixo C-D (m²)
-63°	196,06	211,56
90°	201,98	201,98
+63°	225,78	204,53

Fonte: Dos autores (2025)

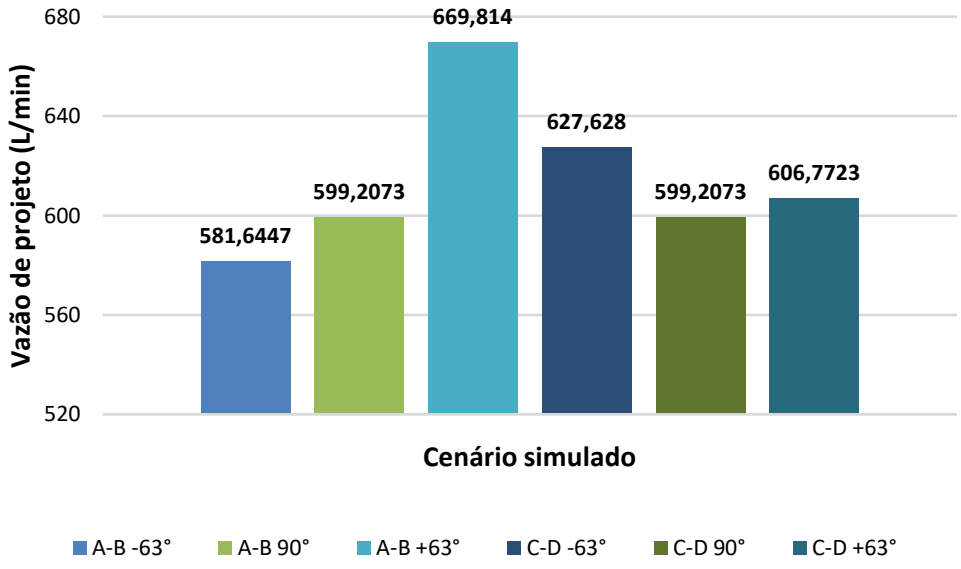
De acordo com a Tabela 1, e utilizando como referência a projeção ortogonal da chuva sobre o plano horizontal da cobertura, associada à inclinação de 90° da precipitação, verificou-se, ao longo do eixo A-B, que o maior valor de área de contribuição foi obtido no cenário de inclinação da chuva igual a +63°. Percentualmente, este cenário indica uma área de contribuição 11,78% superior à situação de referência (90°). Por outro lado, o cenário simulado com inclinação de -63° resultou na menor área de contribuição, 2,93% inferior em comparação à situação de referência. Sob a perspectiva dos valores extremos de área de contribuição, a correlação entre as inclinações decorrentes da ação do vento apontou que o cenário de +63° resultou numa área de contribuição pluvial 15,16% acima da área efetiva do cenário de -63°.

Adicionalmente, percebeu-se uma inversão de resultados na comparação entre a situação de referência e os cenários com inclinação da precipitação em relação ao plano horizontal. Ao longo do eixo C-D, o maior valor de área de contribuição está vinculado ao ângulo de -63°, representando uma superfície de captação 4,74% maior em comparação chuva que incide perpendicularmente em relação ao plano horizontal. Confrontando os valores associados às inclinações de -63% e +63%, a diferença entre as áreas de contribuição apresentou uma variação de 3,32%. Logo, percebeu-se que a direção da precipitação em relação à orientação da edificação no terreno, indicada pelos eixos A-B e C-D, gera variação na área de captação pluvial.

A variação nos valores das áreas de contribuição é relevante para a concepção de sistemas prediais de águas pluviais, visto que a máxima vazão é obtida mediante o uso da maior área

de contribuição dentre todos os cenários simulados. Foram calculadas as vazões de projeto de água pluvial, cujos resultados são apresentados no gráfico da Figura 5.

Figura 5 – Determinação das vazões de projeto para os diferentes cenários simulados



Fonte: Dos autores (2025)

As vazões de projeto indicadas no gráfico apontam diferenças significativas, superiores a 15% quando correlacionadas a maior e menor vazão, fato que poderia resultar em variações no tocante às especificações geométricas dos elementos de captação e transporte de águas pluviais. Dentre as potenciais variações provenientes de valores distintos de vazão de projeto, é possível destacar a seção transversal (altura e largura) de calhas retangulares, além da quantidade e diâmetro nominal de condutores verticais e horizontais

A utilização da modelagem tridimensional da arquitetura da edificação possibilitou a determinação da área de contribuição para cada um dos cenários simulados, eximindo a necessidade de aplicação dos modelos matemáticos previstos na NBR 10844 (ABNT, 1989). Essa praticidade reforça a avaliação de Eastman *et al.* (2014), segundo a qual o modelo 3D projetado pode ser utilizado para fins de visualização e obtenção de vistas específicas do modelo, reduzindo o tempo de trabalho associado à geração manual de desenhos tridimensionais e assegurando, mediante correta modelagem, adequados posicionamento e orientação espacial dos elementos. Adicionalmente, o emprego dos modelos 3D permite a análise da influência da inclinação da chuva considerando diferentes angulações possíveis, que poderiam ser representadas e posicionadas sobre a cobertura para a determinação de diferentes áreas de contribuição. Essa análise permitiria o estudo de cenários como o indicado por Silva *et al.* (2004), que analisaram ângulos de inclinação de chuva no intervalo de 71° a 88°, trazendo uma abordagem distinta da prescrição da NBR 10844 (ABNT, 1989).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de um modelo arquitetônico tridimensional para determinação gráfica da área de contribuição demonstrou-se eficaz na identificação de variações significativas na superfície de captação de água pluvial conforme a inclinação e direção da chuva incidente. Em coberturas com geometrias complexas, como aquela representada neste trabalho, a direção e angulação

da chuva podem gerar perdas de captação superiores a 15%, influenciando diretamente no dimensionamento de elementos de captação e transporte dos sistemas prediais de águas pluviais.

Logo, a adoção de representações gráficas tridimensionais constitui como ferramenta de apoio relevante para o dimensionamento otimizado de sistemas prediais de águas pluviais. Sugere-se a ampliação dos estudos incluindo a análise comparativa entre diferentes tipologias de cobertura (incluindo, por exemplo, lajes impermeabilizadas e coberturas com telhas metálicas e de fibrocimento), além da consideração de diferentes ângulos de incidência da chuva e de como essas variáveis impactam o desempenho econômico e ambiental dos sistemas prediais de águas pluviais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989. 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2019. 10p.

AMORIM, S.R.L. **Gerenciamento e coordenação de Projetos BIM – um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos**. LTC, Rio de Janeiro, 2021. 1 ed.

CARVALHO JÚNIOR, R. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura.** 14 ed. São Paulo: Blucher, 2023. 438 p.

COSTA, C.H.A. **Incorporação de parâmetros de desempenho em componentes BIM para sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. 2015. 180 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015. Disponível em: < https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2015.957846>. Acessado em 21 mai. 2025.

EASTMAN, C. *et al.* **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Bookman. Porto Alegre, 2014. 1 ed.

RAGAB, R.; BROMLEY, J.; ROSIER, P.; COOPER, J. D.; GASH, J. H. C. **Experimental study of water fluxes in a residential area: 1. Rainfall, roof runoff and evaporation: The effect of slope and aspect**. Ago, 2003. Hydrological Processes. 17(12):2409 – 2422. DOI: 10.1002/hyp.1250.

SILVA, I.C.O. *et al.* **Direção predominante das chuvas na transição verão para outono na cidade de Jataí-GO**. In: VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2004. Aracaju-SE, 2004.