

XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMA SIFÔNICO E CONVENCIONAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN SIPHONIC AND CONVENTIONAL ROOF DRAINAGE SYSTEM

FREITAS, Thiago De Oliveira Veloso[1]; REIS, Ricardo Prado Abreu[2]

[1] Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás, thiagoovfreitas@gmail.com
[2] Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás, ricardo_reis@ufg.br

RESUMO

A busca por processos mais eficazes, baratos e menos danosos ao meio ambiente é algo que vem se tornando cada vez mais comum na atualidade. O presente artigo tem como objetivo comparar dois métodos distintos de concepção de sistemas de captação de água pluvial em coberturas de edificações: Método Convencional, estipulado pela NBR 10844 (ABNT, 1989), onde o escoamento em tubulações ocorre seguindo os princípios de condutos livres; e o Método Sifônico, regulado pela BS 8490 (BSI, 2007), onde o escoamento segue os princípios de condutos forçados, afim de avaliar suas principais diferenças metodológicas e o potencial de viabilidade econômica quanto ao emprego de cada uma das técnicas. Para a obtenção dos resultados, foram comparados os projetos de sistemas de drenagem de água pluvial para 10 galpões industriais com diferentes áreas de cobertura para as duas metodologias em estudo. Foi comparada a viabilidade econômica de um sistema em relação ao outro, levantando-se o custo de materiais e mão de obra de cada galpão a fim de obter uma relação gráfica entre os custos e áreas de cobertura dos dois sistemas. Para a realização do estudo, considerou-se para a composição dos materiais dos sistemas prediais de águas pluviais marcas disponíveis no mercado nacional. Com o estudo realizado, pôde-se observar que, para uma área de cobertura superior a 2935,57 m² o Sistema Sifônico apresentou-se mais viável economicamente que o sistema convencional.

Palavras-chave: Sistemas Prediais de Águas Pluviais, sistema sifônico, escoamento de água pluvial, microdrenagem, orçamentação.

ABSTRACT

The search for more effective, cheaper and more eco-friendly processes is an issue that is becoming more common nowadays. This study has the goal of comparing two roof drainage system methods: Conventional Method, regulated by the NBR 10844 (ABNT, 1989), where the flow in vertical and horizontal pipes goes partially full; and Siphonic Method, regulated by the BS 8490 (BSI, 2007), where the flow goes on a full bore state, aiming to evaluate their main methodological differences and similarities, performing a financial analysis for both methods. To obtain the desired results, 10 industrial storage units had their roof drainage system designed with different roof areas between them. The financial viability between the methods was calculated by estimating materials and labor costs for the scenarios, obtaining a graphic relation between cost and roof area. It was considered brands available in the national market for both roof drainage systems. After performing the calculations and comparing the values between the designs, it was noted that for a roof area greater than 2935,57 m², the Siphonic System is more financially viable compared to the Conventional System.

Keywords: Roof Drainage System, Siphonic System, Rainwater Flow, Drainage, Costs.

1 INTRODUÇÃO

O sistema de captação de água pluvial mais utilizado em edificações brasileiras é o sistema convencional, com escoamento por gravidade, seguindo os princípios de condutos livres (SC), regulado pela NBR 10844 (ABNT, 1989), onde a água captada nas áreas impermeabilizadas das edificações (coberturas e pavimentos) é levada até o destino final, seja ele sistemas de infiltração ou redes urbanas de drenagem (CONTI, 1993). Em oposição ao SC, no final da década de 60, Olavi Ebeling, um engenheiro finlandês, desenvolveu o primeiro sistema de drenagem sifônica, Siphonic Drainage System (SDS), com o intuito de apresentar uma inovação técnica à solução de recolhimento de água pluvial, onde o escoamento por gravidade se torne menos favorável, seja ele por gasto excessivo de materiais, limitações arquitetônicas, entre outros (MAY e ESCARAMEIA, 1996). O SDS funciona baseado no impedimento da entrada de ar nas tubulações quando estas atingem sua vazão e pressão de projeto. Com a ausência do ar, os condutos passam a funcionar com o escoamento a seção plena, ocasionando a formação de pressões negativas de sucção que contribuem para uma maior velocidade de escoamento e, consequentemente, maior volume de água drenado, diminuindo consideravelmente a necessidade de condutos com grandes diâmetros e de material (tubos e conexões) utilizados (SAINT-GOBAIN, 2010).

Verificando que o SDS apresenta uma série de vantagens ao SC e que ainda é pouco utilizado para edificações no Brasil, devido principalmente à falta de conhecimento acerca dos benefícios que tal sistema possa gerar, justifica-se o desenvolvimento desta pesquisa para uma melhor consolidação do conhecimento a respeito do SDS.

2 SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVAIS

2.1 Sistemas de captação de água pluvial convencionais (SC)

Segundo Gonçalves e Oliveira (1998), os Sistemas Prediais de Águas Pluviais (SPAP) compõem um subsistema de edifícios com a finalidade básica de garantir a captação das águas pluviais que precipitam sobre os mesmos em coberturas, paredes inclinadas e verticais, terraços, sacadas, varandas, marquises, rampas e pequenas áreas pavimentadas, conduzindo, armazenando e destinando ao local adequado, buscando interferir o mínimo possível com o ciclo hidrológico do ambiente.

No SC o escoamento da água pluvial pode ocorrer através de calhas ou ralos posicionados em lajes, condutores verticais e condutores horizontais. Os critérios de concepção destes componentes são descritos na norma NBR 10844 (ABNT, 1989)

O escoamento nos condutores horizontais ocorre sob efeito da pressão atmosférica. A NBR 10844 (ABNT, 1989) afirma que o dimensionamento de condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina d'água de altura igual a 2/3 do diâmetro interno do tubo, resultando em uma tabela que relaciona a declividade, diâmetro e vazão máxima suportada pelo condutor.

2.2 Sistema sifônico de captação de água pluvial (SDS)

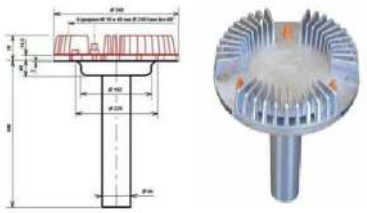
O sistema de drenagem sifônico (SDS) drena a água de áreas impermeabilizadas por meio de captadores de águas pluviais, funcionando de maneira similar aos ralos, instalados em lajes e calhas. Entretanto, tais captadores impedem a entrada de ar quando a intensidade pluviométrica gera um valor de vazão compatível com a vazão de projeto, conseguindo drenar uma quantidade de água associada à velocidade máxima permitida na tubulação (MAY, 1982).

2.2.1 Componentes do SDS

Segundo Pereira (2012), o SDS é composto, basicamente, por três grupos de elementos: captadores, condutores verticais e condutores horizontais.

Os captadores do SDS são os responsáveis por drenar a água de coberturas. Podem ser instalados em lajes maciças, lajes nervuradas, calhas, entre outros. São compostos por uma grelha anti-vórtice, responsável por impedir a entrada de ar nas tubulações (SAINT GOBAIN, 2010). Os ralos sifônicos devem ser fabricados de acordo com as normas internacionais BS EN 1253-1:2015 – *Gullies for buildings* (BSI, 2015) e ASME A112.6.9 – *Siphonic Roof Drains* (ASME, 2005), sendo a BS490 (BSI, 2007) a norma regulamentadora do SDS. Possuem, além da grelha anti-vórtice, uma grelha externa que impede a entrada de sólidos nas tubulações, como folhas, insetos, etc. A Figura 1 mostra um esquema de captadores do sistema *EPAMS* da Saint-Gobain (2010).

FIGURA 1 – Ralos *EPAMS*



Fonte: SAINT-GOBAIN (2010)

A vazão máxima de escoamento, máxima área de cobertura drenada e peso em kg por captador, para uma intensidade pluviométrica de 180 mm/h, de acordo com dados da Saint-Gobain (2010), se dá conforme a Tabela 1, assumindo um tempo de concentração de 5 minutos e período de retorno de 5 anos.

TABELA 1 – Vazão máxima, área drenada e massa de captadores do SDS

Captadores	Q	S	Massa
	L/s	m²	Kg
50	8	160	6,20
75	23	460	6,50
100	26	520	7,20
125	26	520	9,10

Fonte: SAINT-GOBAIN (2010). Adaptado pelo autor.

No escoamento em tubulações verticais e horizontais, as paredes das tubulações tendem a deformar assimetricamente no sentido do centro da tubulação, já que tal pressão gera um efeito de sucção, que pode causar falhas com gradientes de pressão menores do que as falhas geradas por pressões positivas (MAY e ESCARAMEIA, 1996). Fabricantes do SDS optam por diferentes materiais, sendo os mais comuns o Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e o Ferro Fundido (FF).

3 MÉTODO

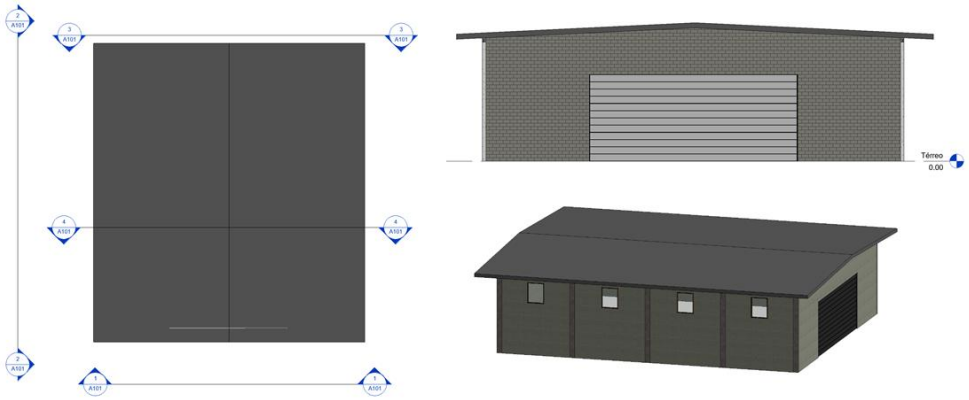
Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram realizados os seguintes procedimentos:

- Definição dos cenários de estudo, com as dimensões das áreas contribuição a serem estudadas;
- Dimensionamento segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989) e lançamento em desenho digital por meio do software Autodesk Revit 2019 para a obtenção da lista de materiais empregada no sistema projetado;
- Dimensionamento do SDS, utilizando o software PredialSoft da Saint-Gobain como ferramenta de dimensionamento e lançamento em desenho digital por meio do software Autodesk Revit 2019 para a obtenção da lista de materiais empregada no sistema projetado;
- Definição das composições de materiais e serviços dos sistemas projetados seguindo as diretrizes da TCPO 13 (PINI, 2013) e da SINAPI (2017);
- Orçamento das composições utilizando-se dados de fornecedores locais para o levantamento de preço unitário de cada material;
- Obtenção da relação gráfica Área *vs* Custo para 3 amostras de cada sistema projetado (SDS versus SC).
- Obtenção da interseção gráfica para os cenários, a fim de obter a área de cobertura que torne o SDS mais viável economicamente.

3.1 Cenários de estudo

O objeto de estudo deste trabalho, utilizado para o lançamento do projeto de SPAP, consiste em um galpão industrial fictício. As dimensões das áreas de contribuição variaram em três valores distintos: 400 m², 2000 m² e 4000 m². Possui 15 m de pé direito livre, estrutura da cobertura metálica treliçada, cobertura feita com telhas de fibrocimento em duas águas e paredes em blocos cerâmicos. A Figura 2 mostra o objeto de estudo em planta, vista e isometria.

FIGURA 2 - Objeto de estudo



Fonte: Autor

3.2 Cálculo das vazões de projeto

A vazão de projeto foi calculada por meio da equação de chuva de Goiânia-GO, definida por COSTA et al. (2001). Assim, para uma chuva de projeto de 5 anos e tempo de retorno de 5 min, considerou-se uma intensidade pluviométrica de 178 mm/h. O coeficiente de escoamento superficial adotado foi igual a 1 – superfície totalmente impermeabilizada. As áreas de contribuição foram calculadas assumindo os valores de comprimento e largura da Tabela 2.

Tabela 2 – Dimensões das coberturas

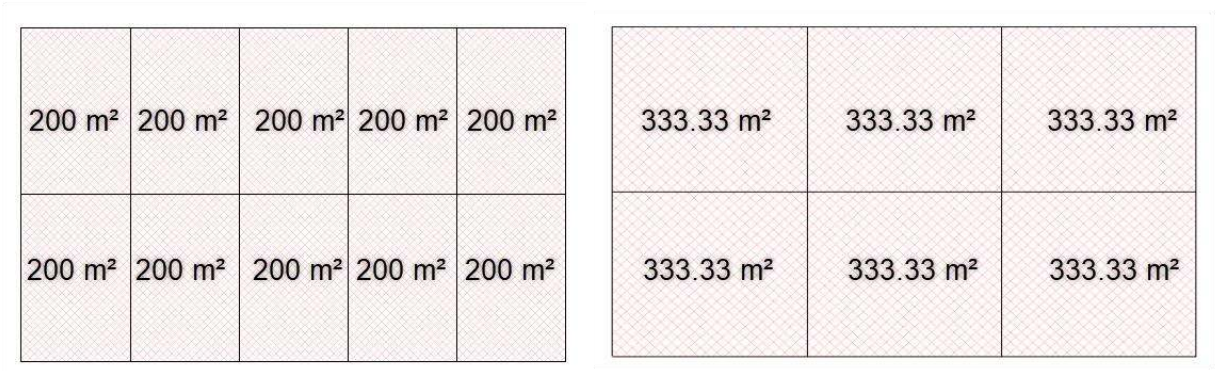
Cenário	Área	Comprimento	Largura
1	400	15,68	25,33
2	2000	35,06	57,05
3	4000	49,58	80,1

Fonte: Autor

3.3 Zoneamento das áreas de cobertura

Uma vez obtido o valor da vazão de contribuição total para cada cenário, foi realizado o zoneamento das coberturas para o SC e o SDS. Para o SDS, determinou-se a quantidade de captadores necessários para drenar a contribuição total, restringindo-se aos modelos de 50 mm e 75 mm, e realizou-se o espaçamento de tais captadores de modo que todos recebam a mesma contribuição e que a distância máxima entre eles seja de 10 m (SAINT-GOBAIN, 2010). Para o SC, zoneou-se a cobertura de acordo com a vazão máxima que cada condutor horizontal (150 mm a 0,5%) suporta. A Figura 3 exemplifica, para a área de cobertura de 2000 m², a divisão das contribuições para cada sistema, sendo o SC na esquerda e o SDS na direita.

Figura 3 – Zoneamento das áreas de cobertura



Fonte: Autor

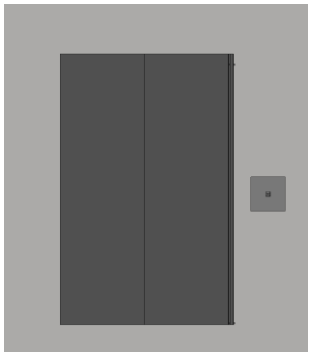
3.4 Determinação das calhas

Para o dimensionamento das calhas no SC, considerou-se uma inclinação de 0,5%, material aço galvanizado e critérios de dimensionamento conforme NBR 10844 (ABNT, 1989). Já para o SDS, adotou-se que as calhas não possuem inclinação e que a sua largura mínima era de 35 cm, visto que é um comprimento exequível e usual para a instalação dos captadores *EPAMS*, que possuem 30 cm de diâmetro.

3.5 Determinação dos condutores verticais e horizontais

O dimensionamento dos condutores verticais, para o sistema convencional, foi feito de acordo com a metodologia empregada pela NBR 10844 (ABNT, 1989), utilizando série PVC Reforçada para os condutores verticais e série PVC normal para os horizontais, assumindo uma inclinação de 0,5%. Toda a água captada foi drenada para um reservatório de águas pluviais localizada na fachada sul da edificação, conforme a Figura 4, através da instalação de caixas de passagem de concreto e tampa de ferro fundido próximas às prumadas.

Figura 4 – Destinação final da água captada



Fonte: Autor

Para o dimensionamento da rede do SDS, utilizou-se o software PredialSoft da Saint-Gobain para o dimensionamento dos diâmetros e perdas de carga.

Na passagem do fluxo vertical para horizontal (zona de descarga), considerou-se caixas de passagem de concreto com tampa em ferro de modo que a velocidade máxima do escoamento na zona de descarga não ultrapasse 2,5 m/s.

3.6 Definição das composições de insumo e mão de obra

Por meio da definição arquitetônica das edificações em estudo e da listagem de materiais, utilizou-se a Tabela de Composições de Preços para Orçamento – TCPO-13 (PINI, 2013) e do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2017) para a definição das composições a serem comparadas para cada cenário de estudo. O gasto com mão de obra foi calculado assumindo encargos sociais de 100%.

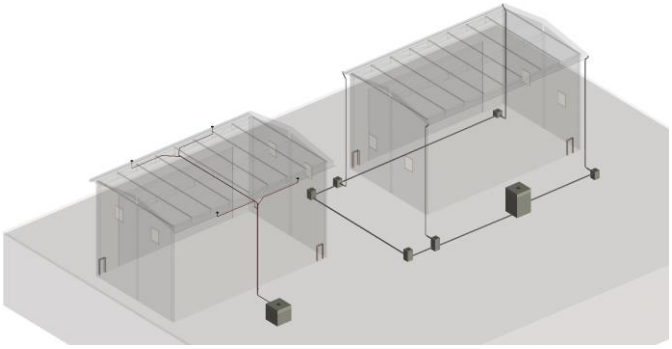
Foram levantados custos de materiais, assumindo uma perda de 10% para as tubulações de PVC, conforme a TCPO 13 (PINI, 2013) e de 3% para os tubos de Ferro Fundido (SINAPI, 2017). Para as caixas de passagem de concreto, considerou-se o concreto preparado em obra, com betoneira e aditivo impermeabilizante, utilizando Cimento Portland CPII E-32 e pedras britadas do tipo 1 e 2, além de área tipo média. O custo de escavação considerado foi de R$45,00 por m³ (corte e reaterro), sendo este um valor médio compatível com o mercado.

Assumiu-se que o grupo de trabalhadores responsáveis por executar o objeto de estudo possuem experiência na área de instalações para o SC, mas não possuem na área do SDS. Logo, foi incorporado um treinamento no valor de R$400,00, no período de 2 semanas, bem como um custo de manutenção anual de 5% do valor da execução, por ano, para cada projeto. Tais valores foram obtidos por empresas que já executaram o sistema no mercado.

4 RESULTADOS

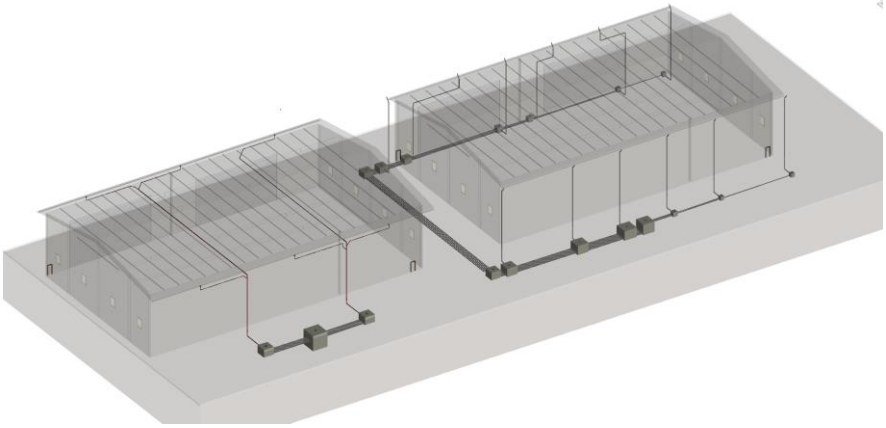
As Figuras 5, 6 e 7 apresentam a concepção dos projetos de captação de água pluvial para o objeto de estudo deste trabalho, para os cenários 1, 2 e 3 (400 m², 2.000 m², 4.000 m²). A Tabela 5 mostra alguns parâmetros comparativos para os 3 cenários.

FIGURA 5 – Concepção para o Cenário 1



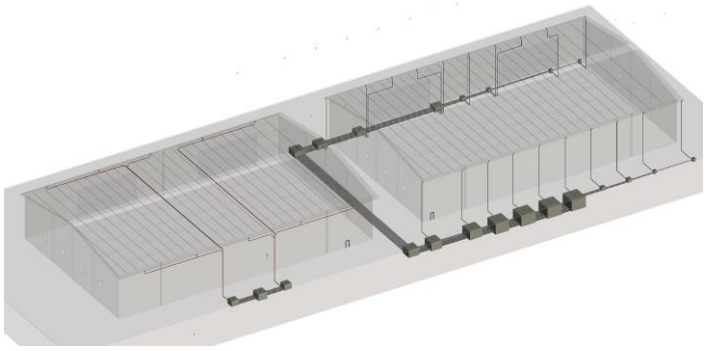
Fonte: Autor

FIGURA 6 – Concepção para o cenário 2



Fonte: Autor

FIGURA 7 – Concepção para o cenário 3



Fonte: Autor

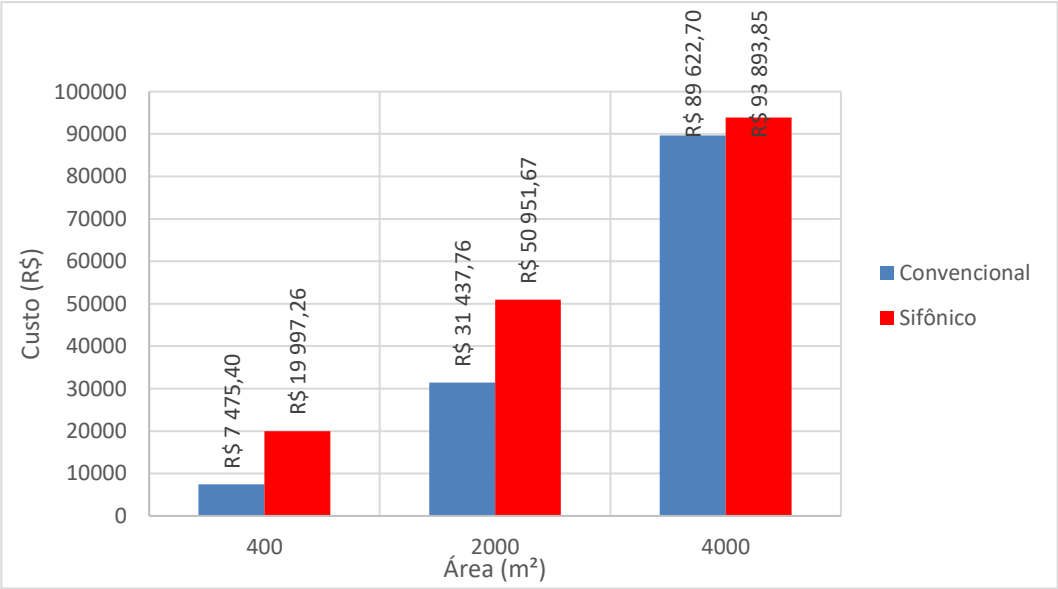
TABELA 5 – Parâmetros comparativos entre os cenários estudados

	Cenário	Área (m²)	Qtd. De Prumadas	Diâmetro (mm)	Vazão por prumada (L/min)	Tubos (m)
Convencional	1	400	4	100	296,67	136,58
	2	2000	10	150	593,33	714,91
	3	4000	20	150	593,33	1730,13
Sifônico	Cenário	Área (m²)	Qtd. De Prumadas	Diâmetro (mm)	Vazão por prumada (L/min)	Tubos (m)
	1	400	1	75	1186,67	83,38
	2	2000	1	150	5933,33	157,94
	3	4000	2	150	5933,33	280,18

Fonte: Autor

A Figura 8 mostra um gráfico comparando os custos de materiais para os dois sistemas em estudo. É possível observar que o gasto com materiais é maior no SDS, para todos os cenários de estudo. Tal fato se dá devido aos materiais envolvidos no SDS serem mais caros e, mesmo com a quantidade de tubos e conexões serem significativamente inferiores com relação ao SC, ainda possui um valor total superior.

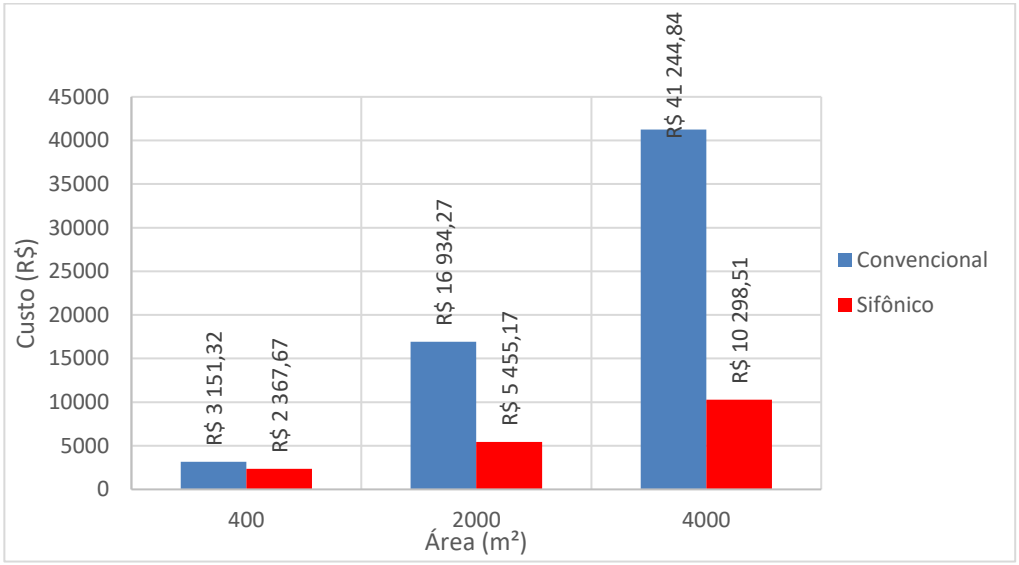
FIGURA 8 – Custo de materiais para os dois sistemas



Fonte: Autor

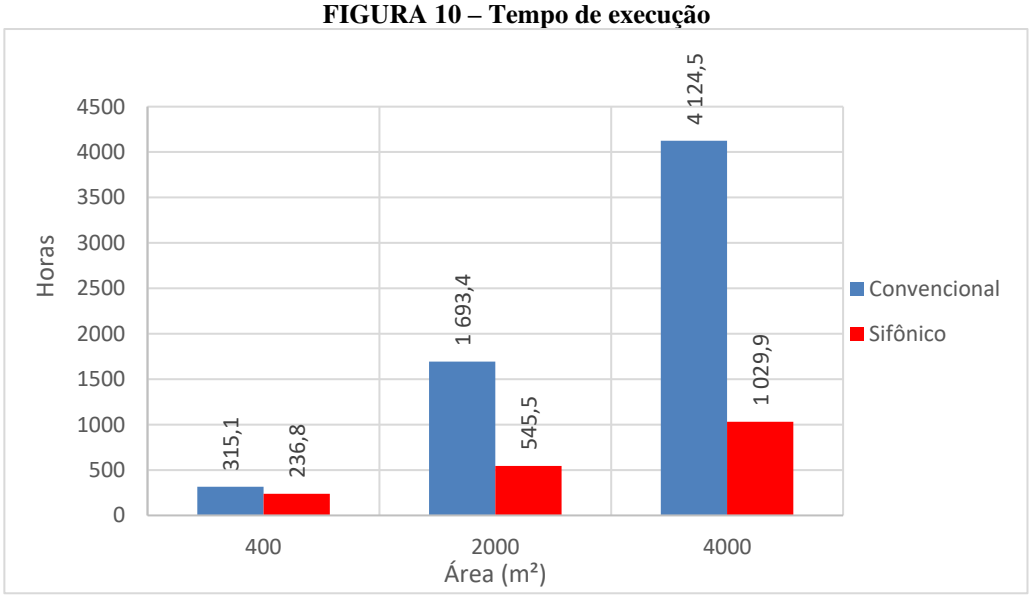
Em relação ao custo de mão de obra, percebe-se que, para todos os cenários em estudo, o SC se mostrou mais caro. Isso se dá pelo fato de que o custo de mão de obra está envolvido com a produtividade de trabalhadores (encanadores e ajudantes de encanador, neste caso). Mesmo possuindo uma execução um pouco mais demorada, o SDS ainda se torna mais barato que o SC por uma menor quantidade de horas ser demandada para a execução do projeto, o que diminui o custo associado aos trabalhadores (Figura 9). Percebe-se, também, conforme o gráfico na Figura 10, que o tempo de execução do SDS apresentou-se menor comparado ao SC.

FIGURA 9 – Custo da mão de obra para os dois sistemas



Fonte: Autor

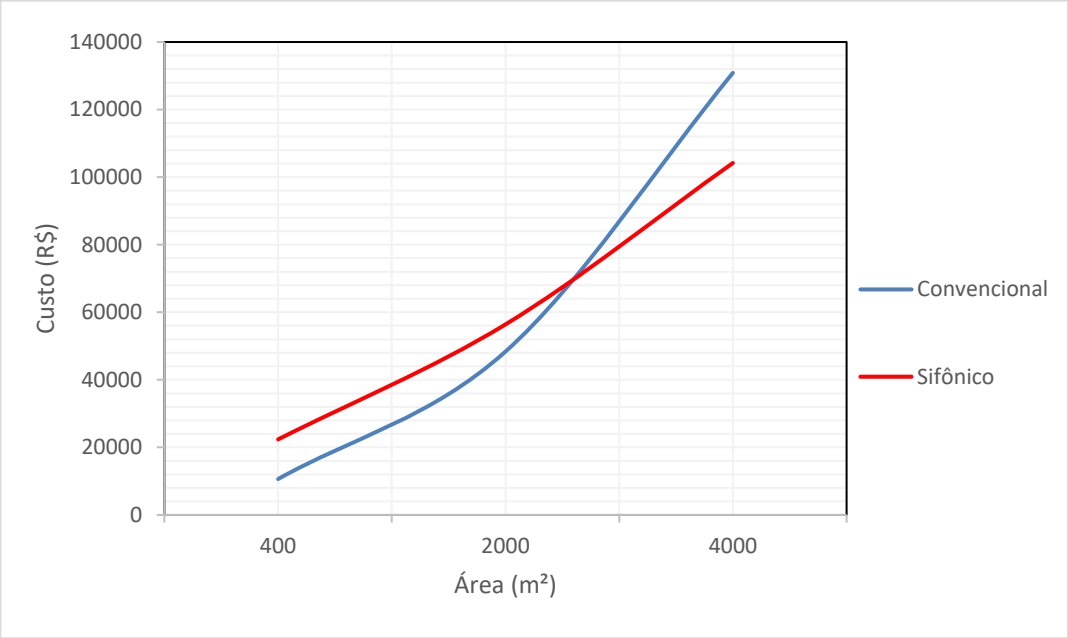
FIGURA 10 – Tempo de execução



Fonte: Autor

A junção dos valores de material e mão de obra permite gerar o gráfico da Figura 11, onde o Custo Total da execução dos projetos é mostrado. Observando a interseção entre os dois gráficos, pode-se afirmar que, para o objeto de estudo, o SDS se torna mais viável do que o SC a partir de aproximadamente 2936 m² de área de cobertura.

FIGURA 11 – Relação gráfica do custo total versus a área de cobertura



Fonte: Autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização dos estudos comparativos entre o SC e o SDS, foi possível perceber uma série de vantagens de um sistema em relação ao outro. Entretanto é importante destacar que as limitações impostas pelos cenários estudados neste trabalho podem comprometer a generalização dos resultados, principalmente no que tange à altura da edificação, disposição dos elementos arquitetônicos, destinação final da água captada pela cobertura, localização geográfica, etc. Algumas vantagens no SDS são perceptíveis de maneira um pouco mais independente do tipo de edificação, como a diminuição do volume de corte e aterro para a instalação das redes enterradas, melhoras na disposição arquitetônica, já que as tubulações podem funcionar sem inclinação, o que possibilita um design mais enxuto, simplificação na desenvolvimento do projeto, melhoria na velocidade da drenagem e escoamento, entre outros.

Para o caso específico deste trabalho, onde a edificação é um galpão, com apenas um pavimento, o sistema sifônico apresentou-se mais viável economicamente, além de sua realização ocorrer em um intervalo de tempo menor. Ressalta-se que os custos poderiam ter tido uma variação diferente caso tivessem sido utilizadas outras concepções na distribuição das redes, tais como condutores enterrados com uma inclinação maior e que, por isso, conseguiriam drenar um valor maior de área de cobertura, mas em contrapartida teriam um valor de escavação superior ao obtido pelo trabalho.

Assim, cabe a realização de outros estudos com o intuito de analisar mais profundamente a viabilidade econômica do SDS para outros tipos de edificações, com outras alturas e variáveis de intensidade pluviométrica e área de cobertura, mas já pode ser notado que o sistema tem uma boa fundamentação e deve ser estudado mais a fundo por projetistas

brasileiros a fim ser aplicado com maior frequência e de se obter melhores resultados em seus processos construtivos.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. **Siphonic Roof Drains**. ASME A112.6.9, 2005.

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

BRITISH STANDARD INSTITUTION**. Guide to Siphonic Roof Drainage Systems**. BS 8490, 2007.

BRITISH STANDARD INSTITUTION. **Gullies for buildings**. BS EN 1253-1:2015.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION. **Étude des conditions d'écoulement dans les colonnes. Pr partie: colonnes rectilignes alimentées par leur sommet: relation entre le débit d'eau et la charge sur la colonne**. Bruxelles. 1972.

COSTA, A. **Relação Intensidade/duração/período de retorno de chuva em Goiás**. *First International Symposium on tropical Savannas*. Brasília: EMPRAPA – CPAC. 1996.

GONÇALVES, O.; OLIVEIRA, L. **Sistemas Prediais de Águas Pluviais**. Texto técnico. 1998, 118f. Departamento de Engenharia de construção Civil – Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1998.

MAY, R.W.P *et al*, **Design of gutters and gutters outlets: theory and experiment**. Hydraulic Research Station. Wallingford, 1982.

MAY, R.W.P.; ESCARAMEIA, M. **Performance of Siphonic Drainage Systems for Roof Gutters.** Report SR 463. September, 1996.

PEREIRA, J.P. **Sistemas prediais não tradicionais de drenagem de águas residuais pluviais.** Sistemas sifônicos ou em pressão. 2012. 96f. Dissertação de mestrado – Universidade do Porto, Porto, 2012.

SAINT-GOBAIN. EPAMS – **Solução em drenagem pluvial pressurizada**. 2010 Haute-Marne, França.

SAINT-GOBAIN. **Technical Assesment 14+5/09-1338**. Syphonic Rainwater Drainage System. 2010. Haute-Marne, França.

SINAPI, **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Versão 002. 2017.

TCPO, **Tabela de Composição de preço para Orçamento**. São Paulo, PINI, 2013.