

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Bruno Marcadella

**SISTEMA CONVENCIONAL DE DRENAGEM PLUVIAL X
SISTEMA SIFÔNICO: ESTUDO DE CASO EM OBRA DE
MONTES CLAROS/MG**

Porto Alegre
Abril de 2023

BRUNO MARCADELLA

**SISTEMA CONVENCIONAL DE DRENAGEM PLUVIAL X
SISTEMA SIFÔNICO: ESTUDO DE CASO EM OBRA DE
MONTES CLAROS/MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Professor Dr. Mauricio Dai Prá

Porto Alegre
Abril de 2023

BRUNO MARCADELLA

**SISTEMA CONVENCIONAL DE DRENAGEM PLUVIAL X
SISTEMA SIFÔNICO: ESTUDO DE CASO EM OBRA DE
MONTES CLAROS/MG**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo Professor Orientador e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 03 de abril de 2023

BANCA EXAMINADORA

Prof Dr. Mauricio Dai Prá (UFRGS)

Eng. Civil, Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade
Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Profa. Dra. Carolina Kuhn Novakoski (UFSM)

Eng. Civil, Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Aline Saupe Abreu (UFRGS)

Eng. Hídrica, Mestra em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Pelotas

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é dedicado a todas pessoas importantes que participaram da minha vida durante a graduação nesta universidade. Agradeço a minha família, Ivo, Lizeane e Luiza, que estiveram sempre me apoiando nas minhas dificuldades durante o curso e me incentivando nas minhas diversas escolhas profissionais.

Agradeço minha namorada Laura por entender e me dar todo o suporte nesse momento de conclusão de curso e tornar todo processo mais leve. Teu exemplo como aluna universitária foi fundamental para que eu não desanimasse e desistisse e fizeram com que fosse possível a conclusão deste trabalho.

Agradeço ao meu chefe Eng. Civil João Otávio Tessele pelo suporte tanto técnico quanto de entender a dificuldade que é passar por esta etapa de conclusão de curso e a toda equipe de hidrossanitário da SPM Engenharia (Eng. Civil Saimon Garcia, Eng. Civil Lucas Rodrigues e Eng. Civil Henrique Presa) que estiveram comigo nessa caminhada sanando todas minhas dúvidas e debatendo comigo sobre os problemas encontrados. Sem vocês esse trabalho com certeza teria sido bem diferente, obrigado.

Agradeço meus amigos que foram muito importantes no suporte emocional desde o primeiro semestre da faculdade até este momento, compartilhando comigo noites mal dormidas e apresentações memoráveis de alguns trabalhos.

E, por fim, agradeço a todos meus professores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em especial ao meu orientador Professor Mauricio Dai Prá por ter aceitado esse desafio de elaborar junto comigo um trabalho sobre um assunto não muito conhecido. Obrigado pela paciência e pelos ensinamentos ao longo do processo.

RESUMO

O constante crescimento da população mundial e a necessidade cada vez maior pela ocupação dos espaços por moradias acabou afetando o ecossistema e a população através de enchentes que por sua vez podem carregar doenças. Esta diminuição das áreas permeáveis exige cada vez mais novas alternativas para o sistema de drenagem pluvial das edificações para que todo o escoamento seja destinado de maneira correta. Este trabalho versa sobre a comparação, quanto aos aspectos técnicos, entre dois tipos de drenagem pluvial de edificações, a drenagem pluvial convencional e a drenagem pluvial sifônica. Primeiramente, os dois sistemas foram apresentados através da NBR 10844/ (ABNT, 1989) e dos catálogos técnicos das empresas Amanco (AMANCO QUICKSTREAM, 2019), Geberit (GEBERIT PLUVIA, 2007) e Saint-Gobain (SAINT-GOBAIN, 2010). Na segunda parte do trabalho, foi feito o dimensionamento do sistema de drenagem de um pavilhão industrial para os dois casos utilizando-se para o dimensionamento convencional a NBR 10844/ (ABNT, 1989) e para o dimensionamento do sistema sifônico as diretrizes de dimensionamento de acordo com Mucillo (2023). Constatou-se que a quantidade unitária de material necessária para a conclusão da obra em estudo seria muito maior para a drenagem sifônica e que conseqüentemente teria um valor mais caro, porém em peso de material a drenagem sifônica demonstrou ser muito mais leve sendo um fator importante para a decisão final do engenheiro na hora de escolher qual sistema adquirir. Conclui-se que a escolha pelo sistema sifônico seria a mais indicada tecnicamente, pois, apesar de apresentar um preço mais elevado, o menor peso e a não necessidade de declividades no sistema são fatores determinantes na decisão final. Por fim, acredita-se que com o crescimento desse sistema no país e com a sua inserção na NBR 10844 novas empresas começarão a surgir e com isso a tendência é que se tenha cada vez mais um mercado mais favorável.

Palavras-chave: Dimensionamento pluvial. Drenagem Sifônica.
Drenagem Convencional.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Calha de PVC	18
Figura 2 – Calha de alumínio	18
Figura 3 – Ralo sifonado	20
Figura 4 – Caixa de areia pré-fabricada	21
Figura 5 – Sistema de drenagem pluvial predial	22
Figura 6 – Telhado com área de superfície inclinada	24
Figura 7 – Sistema antivórtice	28
Figura 8 – Captador EPAMS	31
Figura 9 – Ligação em ferro fundido do tubo do captador com o condutor vertical	32
Figura 10 – Ligação flexível do tubo do captador com o condutor vertical	33
Figura 11 – Comparação da rede de drenagem convencional e QuickStream ..	34
Figura 12 – Detalhe construtivo da tubulação de um sistema sifônico QuickStream	35
Figura 13 – Tipos de zonas de descompressão	36
Figura 14 – Pontos não previstos no pré-dimensionamento	40
Figura 15 – Sistema alternativo de emergência	40
Figura 16 – Planta baixa galpão industrial	42
Figura 17 – Fachada fundos galpão industrial	43
Figura 18 – Desenho esquemático da captação da chuva por dois ralos hemisféricos	46
Figura 19 – Distribuição dos ralos hemisféricos ao longo da calha	47
Figura 20 – Corte do TQP08 com declividade de 0,5% acima da estrutura do telhado	50
Figura 21 – Interferência da tubulação com a estrutura do telhado	51
Figura 22 – Corte do TQP08 com declividade de 0,5% abaixo da estrutura do telhado	51
Figura 23 – Corte do TQP08 com declividade de 0,3%	52
Figura 24 – Tubulação sem interferência com a estrutura do telhado	53
Figura 25 – Rede de drenagem convencional dimensionada – vista ampliada..	53
Figura 26 – Rede de drenagem convencional dimensionada – vista geral	54
Figura 27 – Vista da fachada da edificação com os tubos de queda pluvial.....	55
Figura 28 – Distribuição dos ralos sifônicos ao longo da calha	56
Figura 29 – Dimensionamento do sistema de 3 bocais feito pela Amanco	57

Figura 30 – Dimensionamento do sistema de 2 bocais feito pela Amanco.....	58
Figura 31 – Rede de drenagem sifônica dimensionada	59
Figura 32 – Ampliação e legenda da rede de drenagem sifônica dimensionada	60
Figura 33 – Detalhe dos captadores sifônicos e suas ligações nas redes horizontais suspensas	60
Figura 34 – Detalhe ampliado da ligação dos captadores sifônicos na rede horizontal suspensa	61
Figura 35 – Detalhe da distribuição dos tubos sem declividade nas treliças	61
Figura 36 – Vista da fachada da edificação com os tubos de queda pluvial	62
Figura 37 – Informações do tubo de PVC Colefort da Amanco de 300mm de diâmetro	64
Figura 38 – Informações do tubo de PVC Colefort da Amanco de 350mm de diâmetro	64
Figura 39 – Informações dos tubos de ferro fundido EPAMS	65
Figura 40 – Informações dos tubos de PVC-U QuickStream	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais parâmetros de dimensionamento do sistema sifônico	37
------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coeficiente multiplicativo da vazão de projeto	25
Tabela 2 – Coeficiente de rugosidade	26
Tabela 3 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min)	27
Tabela 4 – Comparação das vazões do sistema convencional e sifônico (EPAMS)	29
Tabela 5 – Vazões dos captadores (EPAMS)	32
Tabela 6 – Vazões dos tubos QuickStream	39
Tabela 7 – Resultados obtidos para o dimensionamento dos diâmetros dos ralos pelo método convencional	46
Tabela 8 – Composição dos tubos de queda pluviais (TQPs)	48
Tabela 9 – Resultados obtidos para o dimensionamento das tubulações horizontais suspensas pelo método convencional.....	49
Tabela 10 – Resultado do dimensionamento da tubulação horizontal suspensa com o TQP08 com 0,3% de declividade	52
Tabela 11 – Quantitativo sistema convencional	62
Tabela 12 – Quantitativo sistema sifônico	63
Tabela 13 – Comparativo dos pesos de cada sistema	65

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PVC – Policloreto de Vinila

RH – Ralo Hemisférico

TQP – Tubo de Queda Pluvial

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LISTA DE SÍMBOLOS

A - área de contribuição (m^2)

cm - centímetros

D - diâmetro, em m

I - intensidade pluviométrica (mm/h)

i - declividade da calha, em m/m

K - rugosidade do tubo, em mm

kg - quilogramas

m - metros

n - coeficiente de rugosidade

P - perímetro molhado, em m

Q - vazão de projeto (L/min)

R_H - raio hidráulico = S/P , em m

S - área molhada, em m^2

T - período de retorno (anos)

t - duração da precipitação (minutos)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO PRINCIPAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2.3 DELIMITAÇÕES	15
2.4 LIMITAÇÕES	15
2.5 DELINEAMENTO	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 DRENAGEM PLUVIAL CONVENCIONAL	16
3.1.1 Componentes de composição da rede	17
3.1.2 Dimensionamento	23
3.2 DRENAGEM PLUVIAL MÉTODO SIFÔNICO	28
3.2.1 Componentes de composição da rede	30
3.2.2 Dimensionamento	36
4 ESTUDO TÉCNICO-ECONÔMICO – OBRA EM MONTES CLAROS/MG	41
4.1 APRESENTAÇÃO DA OBRA E DO PROBLEMA	41
4.2 CÁLCULO MÉTODO CONVENCIONAL	44
4.3 CÁLCULO MÉTODO SIFÔNICO	55
4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	62
5 CONCLUSÃO	67
REFERÊNCIAS	69
ANEXO A	72
ANEXO B	74

1 INTRODUÇÃO

Dentre as inúmeras áreas de conhecimento da Engenharia Civil uma delas sofre com a dificuldade por adotar-se novos métodos construtivos, a área de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. No Brasil, esta área recebe pouca atenção dos investimentos sendo utilizada somente para prover saneamento básico para toda população. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), no Brasil, em 2017, cerca de três milhões de pessoas foram afetadas por alagamentos, enxurradas e inundações sendo o sul do país o mais afetado no período de 2015 a 2017 com 57% destes eventos ocorrendo na região sul (HERNANDEZ & SZIGETHY, 2021). Logo, novas alternativas para diferentes problemas são negligenciadas e os métodos convencionais continuam sempre sendo utilizados mesmo que em determinados casos não sejam os mais adequados.

Por exemplo, a ideia de conduzir a água da chuva através de canalização com contínua declividade surgiu há mais de 5000 anos, quando civilizações drenavam a água através de condutos erguidos por arcos com a declividade necessária para o transporte hídrico no vale do Rio Indo (FERNANDES, 2018). Hoje em dia, o mesmo princípio continua sendo utilizado, porém, adotando-se na maioria dos casos de drenagem pluvial urbana o formato subterrâneo e através de tubos de ferro, PVC, concreto e PEAD (NBR 10844, 1989). Para a drenagem pluvial de edificações residenciais, industriais e comerciais a mesma ideia novamente é utilizada resultando em tubos de PVC de grandes diâmetros ao longo da fachada ou dentro de shafts, sendo responsáveis por drenar o excesso de água acumulado das chuvas. Apesar de antigo, esse método de conduzir águas através da gravidade é ainda, na maioria das vezes, o método mais barato e nos casos de edificações pequenas (com escoamento abaixo dos 2 L/s) a única alternativa (MUCILLO, 2023).

O sistema convencional de drenagem é calculado em função da probabilidade de ocorrer determinada precipitação extrema ao longo do período de vida útil do sistema em um determinado local, ou seja, a mesma edificação poderá apresentar um dimensionamento diferente se construída em cidades ou regiões diferentes. Logo, o dimensionamento do sistema de drenagem pluvial que segue o indicado na NBR 10844 (ABNT, 1989) “Instalações prediais de águas pluviais” poderá apresentar algumas particularidades dependendo da região ou da arquitetura da edificação.

Durante a concepção do sistema erros de execução, traçado inadequado ou não consideração das curvas nos cálculos podem acarretar em um transbordamento desse sistema levando ao acúmulo de água em um determinado local que por sua vez gera um peso extra sobre a estrutura da edificação podendo trazer sérios danos à estrutura. No caso de grandes pavilhões esse problema é agravado em virtude das maiores áreas de cobertura sendo mais comuns os transbordamentos e vazamentos das calhas.

Diante disso, o presente trabalho irá analisar e comparar o sistema de drenagem pluvial convencional preconizado pela NBR 10844/ (ABNT, 1989) com outro método de drenagem pluvial seja ela urbana ou de edificações pouco conhecido e pouco utilizado, mas de grande eficácia, o método de drenagem pluvial por sistema sifônico que funciona baseado em pressões negativas geradas pelos condutos submetidos ao efeito sifão. Essa comparação será feita analisando-se uma obra específica na cidade de Montes Claros no estado de Minas Gerais que terá o nome da empresa omitido no trabalho.

Ainda desconhecido e sem norma brasileira o sistema sifônico será estudado com enfoque no dimensionamento e processo construtivo, dimensionamento de calhas e condutores horizontais, identificando-se vantagens e desvantagens do sistema através de uma comparação técnica. Os dados do novo sistema foram obtidos junto a empresa Amanco que forneceu os resultados gerados através de seu plugin próprio utilizado no software AutoCAD da Autodesk que traz consigo a garantia de funcionamento pela própria empresa.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

O presente trabalho tem como objetivo principal contribuir com a bibliografia sobre drenagem pluvial de edificações, por meio da comparação do sistema de drenagem pluvial convencional com o sistema de drenagem sifônico. Este objetivo vem da necessidade de estabelecer maiores relações entre as demandas existentes durante a concepção de projetos na área da drenagem pluvial e as novas técnicas e materiais existentes no mercado, de maneira a viabilizar maior eficiência das instalações prediais e os custos nelas atribuídos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O presente trabalho tem como objetivos específicos:

- Apresentar a drenagem pluvial convencional e seu método de dimensionamento;
- Apresentar a drenagem pluvial sifônica e seu método de dimensionamento;
- Fornecer informações sobre a possibilidade técnica de utilização do sistema sifônico em um pavilhão industrial;
- Comparar tecnicamente o sistema de drenagem convencional e o sistema de drenagem sifônico;
- Disseminar o conhecimento adquirido de forma prática e induzir que outras pessoas possam se interessar e pesquisar mais sobre novas tecnologias relacionadas ao tema.

2.3 DELIMITAÇÕES

Este trabalho se delimita ao projeto de drenagem pluvial de um pavilhão industrial no município de Montes Claros/MG – Brasil, sendo uma obra de execução de concreto armado com telhado de estrutura metálica com grande parte do escoamento pluvial sendo direcionado para o eixo central da edificação sendo exigido pela empresa que ocupará o local que todo escoamento seja feito para frente e o pé direito útil seja de no mínimo 12m. Os resultados obtidos servem de base para a análise de outras obras, mas recomenda-se uma análise especial completa dos dois sistemas para cada caso.

2.4 LIMITAÇÕES

Por tratar-se de um sistema novo e pouco utilizado a bibliografia sobre o sistema sifônico é limitada, encontrada nos catálogos técnicos das empresas Amanco, Saint-Gobain e Geberit. A parte de dimensionamento é feita pela própria empresa executora do sistema que divulga somente o resultado feito através do plugin próprio utilizado no software AutoCAD.

2.5 DELINEAMENTO

Este trabalho é dividido em referencial teórico e estudo técnico de dois sistemas na construção de um pavilhão industrial na cidade de Montes Claros/MG.

No referencial teórico são abordados os conceitos da drenagem pluvial convencional de edificações preconizada pela NBR 10844/ (ABNT, 1989), sua forma de dimensionamento e suas peculiaridades, assim como o sistema sifônico, sua forma de dimensionamento e sua utilização.

No estudo técnico serão demonstrados os cálculos de dimensionamento dos dois sistemas para a mesma obra e os seus resultados serão comparados e analisados de forma técnica.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem por objetivo a apresentação do sistema convencional e do sistema sifônico de drenagem pluvial, suas aplicações e seus métodos de dimensionamento que servirão de base para o capítulo 4, no qual será aplicado o dimensionamento para a obra de um pavilhão em Montes Claros/MG.

3.1 DRENAGEM PLUVIAL CONVENCIONAL

O projeto de drenagem pluvial está entre os principais projetos de qualquer tipo de edificação seja ela comercial, residencial ou industrial. A sua importância acabou gerando a NBR 10844 (ABNT, 1989) “Instalações prediais de águas pluviais” que será utilizada como base na elaboração deste capítulo, visto que é o documento oficial e necessário para a elaboração de um projeto de drenagem predial.

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989) existem alguns objetivos para esse tipo de projeto, que podem ser citados como: recolher e conduzir as águas da chuva até um local adequado, transportar a água da chuva de forma estanque, permitir a limpeza e desobstrução das instalações, permitir a absorção de impactos mecânicos ao longo da sua rede, estar preparada para a variação de dimensões provenientes da variação térmica do ambiente, ser resistente à intempéries e não produzir ruídos excessivos no transporte da água.

Para cumprir esses objetivos se tem como mais usual a utilização de calhas, ralos, condutores verticais e condutores horizontais em PVC formando uma rede única de drenagem da edificação. Esta rede se destina exclusivamente para o recolhimento de água da chuva, sendo proibido a interligação com outras redes da edificação.

3.1.1 Componentes de composição da rede

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989) a rede de drenagem pluvial é dividida em diversos componentes cada um tendo um papel crítico para o bom funcionamento do sistema, ou seja, o mau dimensionamento de um dos componentes poderá acarretar no mau funcionamento do sistema como um todo, podendo trazer grandes complicações para a edificação.

O primeiro componente da rede pluvial chama-se “Calha” e tem o objetivo de recolher a água da cobertura, terraço ou similar e destinar para o ralo hemisférico ou diretamente para os condutores verticais da edificação, evitando-se infiltrações, rachaduras nas paredes externas e preservando a pintura externa da edificação. A calha nada mais é que um canal por onde a água é transportada horizontalmente pela periferia da cobertura até chegar em algum ponto de descida. No mercado encontram-se calhas de PVC, alumínio, aço galvanizado e aço inoxidável, cada um com a sua finalidade (GHISI & GUGEL, 2005).

A calha de PVC (figura 1) é a que possui o preço mais acessível, conseqüentemente sendo a mais comum nas obras, pois normalmente atende aos requisitos mínimos para o bom funcionamento do sistema. Ela é rígida, possui baixa rugosidade, boa capacidade de vedação e, por ser de PVC, não oxida, sendo ideal para ambientes onde há maior presença de intempéries como a maresia das áreas litorâneas. Além disso, existem alguns fornecedores que colocam alguns aditivos no PVC para torná-lo mais durável ou mais resistente ao sol, tornando sua vida útil maior. A montagem deste tipo de calha é muito simples, pois seus subcomponentes já vêm prontos de fábrica, sendo necessário apenas seu corte e fixação. Por último, é de extrema importância que periodicamente se faça uma limpeza desse tipo de sistema, pois alguns detritos podem acabar dificultando o transporte da água através da sua abertura ou até mesmo acabem entupindo as descidas causando um transbordamento da rede (ASTRA, 2021).

Figura 1 – Calha de PVC.



(fonte: <https://www.quartzolit.weber/blog/dicas/como-instalar-calha>)

Além da calha de PVC outra que é comumente encontrada no mercado é a calha de alumínio (figura 2), pois são bastante resistentes às intempéries e à maresia. Outra característica interessante deste tipo de material é a possibilidade de receber pintura eletrostática que, além de proteger o material, poderá combinar com a estética da edificação fugindo um pouco do clássico branco do PVC. Por fim, o que a torna menos usual que as de PVC é a necessidade de mão de obra especializada para a sua montagem a fixação na estrutura (ASTRA, 2021).

Figura 2 - Calha de alumínio.



(fonte: <https://www.cardivem.com.br/calha-aluminio-preco>)

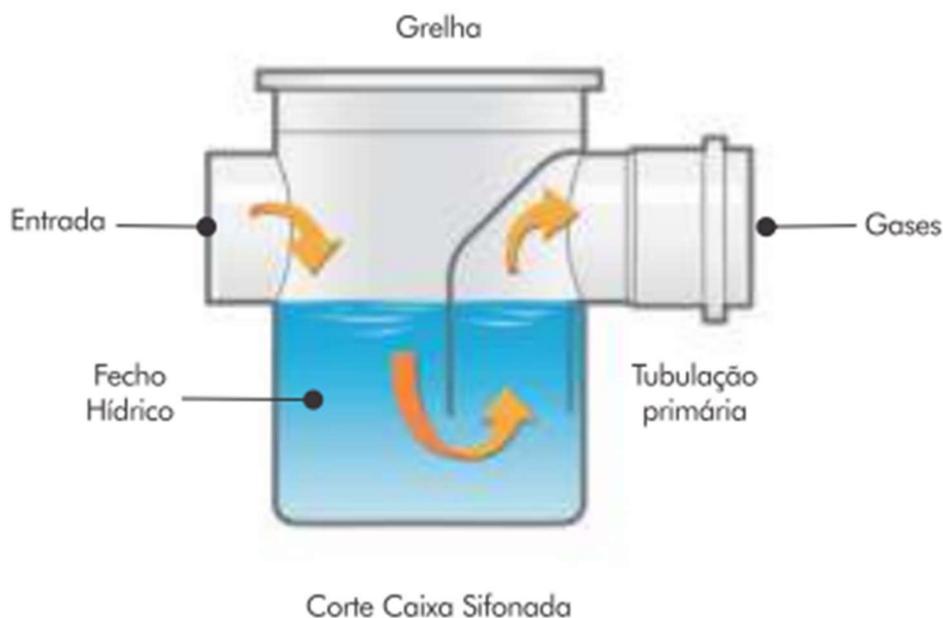
Outro tipo de calha muito utilizada em obras residenciais, comerciais e industriais urbanas é a calha de aço galvanizado, pois apresenta um custo menos elevado que a de alumínio. Porém, não é recomendada a sua utilização em cidades litorâneas, pois

o seu material possui um alto índice de corrosão. Outro ponto negativo é a má reação do material à pintura e a necessidade de mão de obra especializada para a sua instalação (ASTRA, 2021).

Por fim, o mercado apresenta a calha de aço inoxidável extremamente resistente e durável, não enferruja e mantém seu brilho por muito mais tempo (ideal para quem quer se preocupar mais com a estética da edificação). Além disso, ela pode ser pintada com tinta eletrostática conferindo uma maior proteção e personalização. O ponto negativo desse tipo de material é que o seu valor, pode chegar a quatro vezes mais do que a fabricada em outro material (ASTRA, 2021).

Caso a edificação em estudo apresente como cobertura uma laje impermeabilizada a captação passa a ser feita através dos ralos e deles conduzida para os condutores verticais. O ralo poderá ser sifonado ou seco, sendo a escolha dependente da utilização que se dará para essa cobertura. Se a função dessa laje for apenas de cobertura ou uma laje técnica poderá ser utilizado o ralo seco que tem a função de escoar toda a água que entrar nele, podendo ocorrer o retorno de odores, mas que nesse caso não serão uma preocupação visto que a laje não é utilizada para fins sociais. Caso a cobertura seja utilizada com frequência recomenda-se a utilização do ralo sifonado (figura 3) que possui uma caixa receptora que acumula água e essa água acumulada impede que o mau cheiro retorne para o ambiente (fecho hídrico). Vale ressaltar também que para a drenagem pluvial a utilização de grelhas nos ralos é item obrigatório, pois evita o entupimento da rede através de folhas ou outros resíduos que poderiam interferir no bom funcionamento do sistema. Por fim, para evitar-se o acúmulo de água na cobertura o piso da laje ou a própria regularização dela deverá apresentar caimento mínimo de 0,5% em direção ao captador (PEREIRA, 2012).

Figura 3 – Ralo sifonado.



(fonte: <https://www.fortlev.com.br/produtos/esgoto/caixa-sifonada-100x100x50/>)

Após ser recolhida pela calha a água é transportada da parte superior da edificação para a parte inferior através dos condutores verticais, que nada mais são que tubos verticais geralmente fabricados em PVC, ou em em diversos outros materiais como ferro fundido, fibrocimento, aço galvanizado, cobre, alumínio, aço inoxidável ou fibra de vidro (NBR 10844, 1989).

A NBR 10844 (ABNT, 1989) recomenda a instalação de uma prumada única de vários condutores verticais (importante ser mais de um condutor vertical, pois caso ocorra entupimento de um ainda existe o outro para auxiliar na drenagem), porém isso não é possível na maioria das obras que acabam apresentando duas ou mais descidas. Além disso, recomenda-se a descida em linha reta, podendo ser utilizadas curvas de 45° graus ou curvas de 90° de raio longo quando necessário o desvio. Na maioria das edificações os condutores verticais ficam aparentes na parte externa, porém podem ser instalados internamente, demandando que o sistema de recolhimento de água da cobertura conduza internamente até o ponto projetado. Logo não é muito indicado, pois qualquer dano na rede acarretaria em um vazamento na parte interna da edificação.

Assim, a água transportada de um patamar superior para um inferior através do condutor vertical, é recolhida e destinada ao local permitido pelo órgão público por meio dos condutores horizontais. Na ligação entre o condutor vertical e o horizontal, a norma brasileira exige a colocação de uma inspeção (tê de visita) e de uma caixa de areia ou caixa de inspeção com a finalidade de acumular os detritos que tenham sido arrastados pelo escoamento da água até esta etapa de drenagem. Além disso, elas devem ser utilizadas também quando houver mudança de declividade, mudança de direção ou a cada 20 metros em trechos retilíneos. Essas caixas podem ser construídas com paredes de alvenaria de blocos cerâmicos maciços, com base em concreto magro e impermeabilizante no fundo que evitam infiltrações ou até mesmo serem adquiridas pré-fabricadas como a apresentada na figura 4 (NBR 10844, 1989).

Figura 4 – Caixa de areia pré-fabricada.



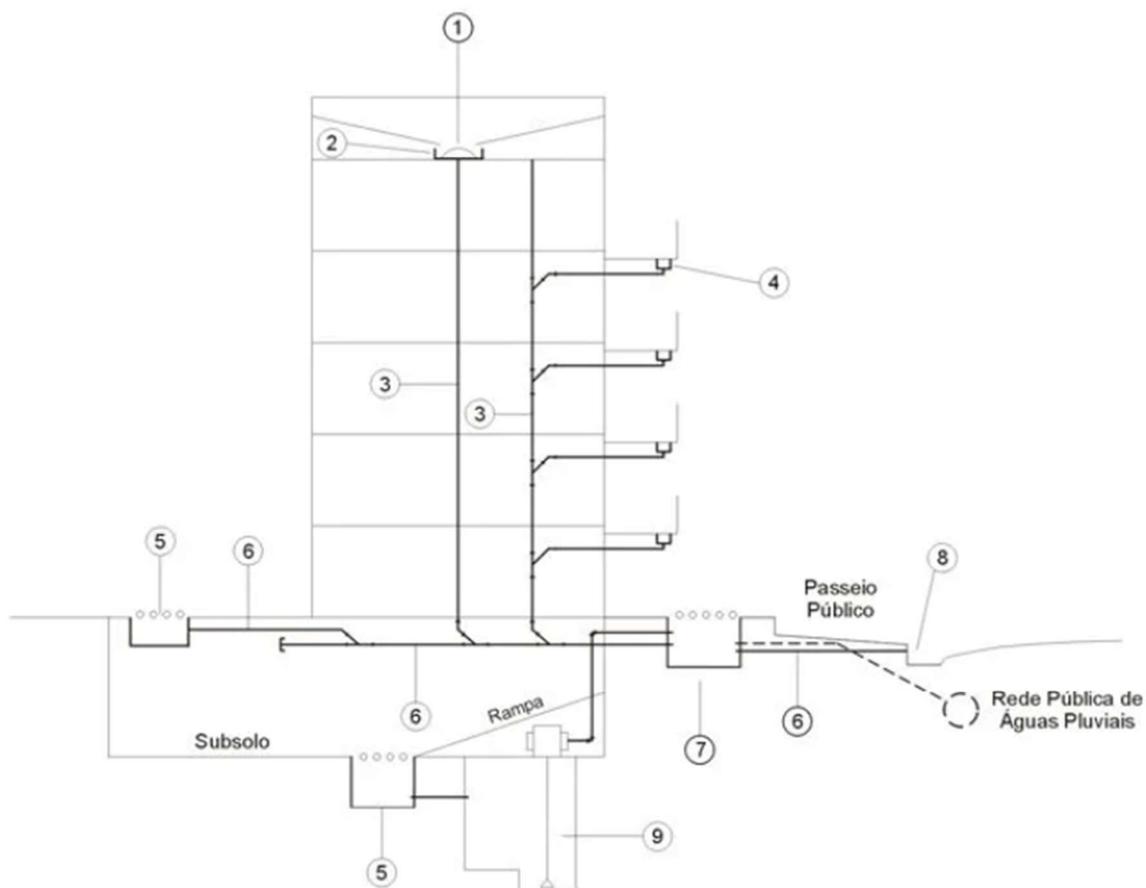
(fonte:

https://cdn.leroymerlin.com.br/products/caixa_de_areia_pvc_dn100_87642996_0001_1800x1800.jpg)

Após a passagem pela caixa de inspeção a rede é composta por condutores horizontais que acabam apresentando diâmetros iguais ou superiores para comportarem a vazão de vários condutores verticais. Podem ser fabricadas em ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, concreto, cobre, etc. Sua função, além de transportar a água sem vazamentos, é resistir aos esforços causados pela atividade humana sobre a rede (NBR 10844, 1989).

Assim, encerra-se o sistema de drenagem pluvial convencional de uma edificação tendo o seu início na interceptação da chuva através da cobertura e o fim na descarga desta água de chuva na rede pública. Abaixo (figura 5) um esquema resumo do funcionamento desse sistema:

Figura 5 – Sistema de drenagem pluvial predial.



- ① Ralo Hemisférico
- ② Calha
- ③ Condutor Vertical
- ④ Ralo
- ⑤ Canaleta
- ⑥ Condutor Horizontal
- ⑦ Caixa de Areia
- ⑧ Sarjeta
- ⑨ Caixa Coletora de Águas Pluviais

(fonte: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/como-fazer-o-correto-dimensionamento-do-sistema-de-agua-pluvial/20973>)

3.1.2 Dimensionamento

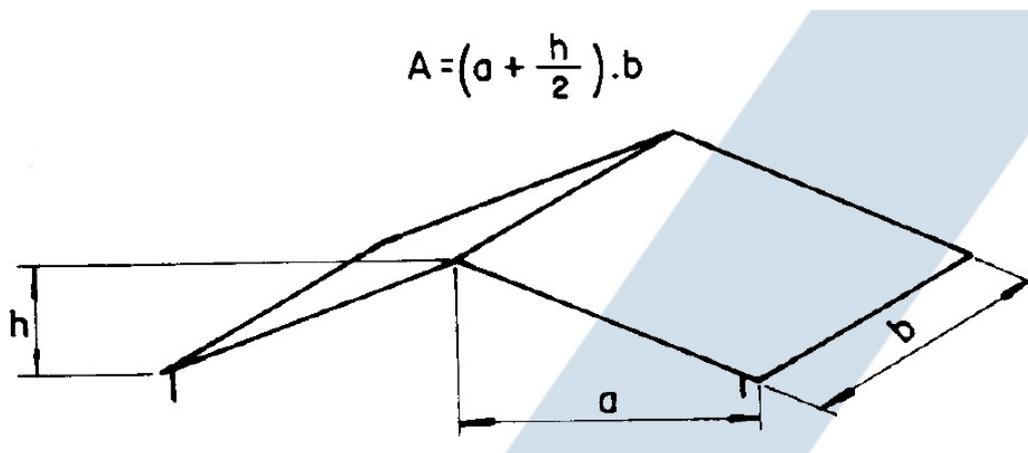
Ao deparar-se com a etapa de dimensionamento o projetista deverá levar em consideração vários pontos do local onde a obra será construída, ou seja, a mesma edificação poderá apresentar um dimensionamento diferente se construída em cidades ou regiões diferentes. Logo, o dimensionamento do sistema de drenagem pluvial que segue o indicado na NBR 10844 (ABNT, 1989) “Instalações prediais de águas pluviais” poderá apresentar algumas particularidades dependendo da região ou da arquitetura da edificação.

A primeira etapa a se analisar é a da intensidade pluviométrica “I” que deverá ser determinada a partir dos valores de precipitação da região. Estes valores variam de acordo com o período de retorno escolhido, ou seja, o tempo médio em que determinada precipitação será igualada ou superada. Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989) os períodos de retorno devem ser estabelecidos de acordo com as características da área drenada sendo de 1 ano para áreas pavimentadas, onde empoçamento possa ser tolerado, 5 anos para coberturas ou terraços e 25 anos para áreas onde o empoçamento ou extravasamento não possa ser tolerado. Para o cálculo do período de retorno a duração da precipitação da chuva deverá ser fixada em $t = 5$ min, porém esse valor será utilizado somente nos casos em que são conhecidos com precisão os valores de precipitação da região em análise ou para o caso de obras especiais em que o período de retorno acaba sendo maior que 25 anos. Para os casos em que não se conheça os dados da região e que o período de retorno seja 25 anos ou menos o projetista poderá utilizar os valores apresentados na Tabela 5 do anexo da NBR 10844 (ABNT, 1989) ilustrado no Anexo A deste trabalho (página 72) que apresenta os dados de intensidade pluviométrica para 98 cidades diferentes para 1, 5 e 25 anos de período de retorno obtidos a partir de Pfafstetter (1957). Caso a cidade em que será construída a obra não esteja nessa tabela e os dados no local para o cálculo não sejam suficientes recomenda-se utilizar o valor da cidade mais próxima com condição meteorológica semelhante.

Após ter sido calculada a intensidade pluviométrica “I”, o projetista deverá calcular a área de contribuição da chuva (“A”) que deverá levar em consideração a inclinação da cobertura e as paredes que interceptam a água da chuva que também deve ser drenada pela cobertura (NBR 10844:1989, p.5). Abaixo encontra-se a figura 6 que

ilustra um telhado de abas inclinadas e a fórmula matemática indicada pela NBR para o cálculo da área de drenagem.

Figura 6 – Telhado com área de superfície inclinada.



(fonte: NBR 10844:1989)

Obtendo-se o parâmetro “I” e o parâmetro “A” deverá se calcular a vazão de projeto (“Q”), que nada mais é que a vazão de água que cai sobre a superfície do telhado calculado através da equação 1 (NBR 10844:1989, p.3) que multiplica o valor da intensidade pluviométrica em mm/h pela área de contribuição em m² e divide por 60 para apresentar o resultado em L/min.

Equação 1 – Cálculo da vazão de projeto.

$$Q = \frac{I \cdot A}{60}$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em L/min;

I = intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = área de contribuição, em m².

(fonte: NBR 10844:1989)

Sabendo-se a vazão da cobertura deverá se dimensionar, se necessário, a calha que fará o recolhimento dessa água e a transportará até o condutor vertical. Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989) o dimensionamento da calha é feito através da fórmula de Manning-Strickler:

Equação 2 – Dimensionamento da calha.

$$Q = \frac{K \cdot S \cdot \sqrt[3]{R_H^2} \cdot \sqrt{i}}{n}$$

Onde:

Q = vazão da calha, em L/min;

S = área molhada, em m²;

R_H = raio hidráulico = S/P, em m;

P = perímetro molhado, em m;

i = declividade da calha, em m/m;

n = coeficiente de rugosidade;

K = 60000 (conversão de m³/s para L/min).

(fonte: NBR 10844:1989)

Ao final do cálculo se tem o valor de vazão da calha que deverá ser maior ou igual ao valor de vazão de projeto calculado anteriormente, viabilizando o transporte de toda a água coletada na cobertura para o condutor vertical. Para os casos em que não poderá se tolerar nenhum transbordamento da calha recomenda-se a colocação de extravasores como medida de segurança que deverão descarregar em um local adequado. Outra particularidade é que se a descida da calha estiver a menos de 4 m de uma mudança de direção a vazão de projeto deverá ser multiplicada pelo coeficiente da tabela 1.

Tabela 1 – Coeficiente multiplicativo da vazão de projeto.

Tipo de curva	Curva a menos de 2 m da saída da calha	Curva entre 2 e 4 m da saída da calha
Canto reto	1,2	1,1
Canto arredondado	1,1	1,05

(fonte: NBR 10844:1989)

E o coeficiente de rugosidade é dado pela NBR 10844 (ABNT, 1989) como mostra a tabela 2:

Tabela 2 – Coeficiente de rugosidade.

Material	n
Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não-alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

(fonte: NBR 10844:1989)

Uma vez determinada a vazão máxima da calha deverá se calcular o diâmetro necessário do condutor vertical que fará ligação entre a calha e o condutor horizontal. Para isso, a norma brasileira dispõe de dois ábacos (Anexo B) que consideram condutores verticais rugosos com coeficiente de atrito $f = 0,04$ com dois desvios na base, sendo o primeiro ábaco para calhas com saída em aresta viva e o segundo com funil de saída. Os ábacos encontram-se na NBR 10844 (ABNT, 1989) no “Anexo A – Dimensionamento Condutor Vertical” e no Anexo B deste trabalho (página 74). A consulta deverá ser realizada da seguinte maneira: escolher qual ábaco utilizar a partir do tipo de saída da calha, traçar uma vertical no valor da vazão que esse condutor deverá comportar e marcar a intersecção dessa vertical com as curvas H e L referentes aos valores de altura da lâmina de água na calha (H) e comprimento do condutor vertical (L), que nada mais é que a distância da calha até o condutor horizontal. Caso não haja a curva pretendida, por exemplo $L = 5$ m, essa curva deverá ser interpolada entre as existentes. Em seguida, transporta-se a intersecção mais alta dessa vertical com essas curvas para eixo vertical (eixo do diâmetro) obtendo-se o valor do diâmetro nominal interno que deverá ser igual ou menor que o diâmetro a ser adotado no projeto. Vale ressaltar, ainda, que a norma brasileira exige um diâmetro mínimo de 70 mm para o condutor vertical.

Na dificuldade de utilizar-se o ábaco, ou seja, para vazões maiores, existem na bibliografia equações que facilitam o cálculo. Segundo a norma técnica EN 12056-3:2000, a equação de Wyly-Eaton (equação 3) pode ser utilizada para o dimensionamento dos condutores verticais.

Equação 3 – Dimensionamento dos condutores verticais.

$$Q = 2,5 \cdot 10^4 \cdot K^{-\frac{1}{6}} \cdot D^{\frac{8}{3}} \cdot t_s^{\frac{5}{3}}$$

Onde:

Q = vazão do condutor, em L/s;

K = rugosidade do tubo, em mm;

D = diâmetro, em m

t_s = taxa de ocupação do tubo

(fonte: EN 12056-3:2000)

Segundo a norma técnica EN 12056-3:2000, para a utilização da fórmula indica-se o valor de 1/5 ou 1/3 como taxa de ocupação do tubo, ou seja, considera-se que 80% ou 66% do tubo vertical estará vazio, visto que o escoamento é gravitacional.

Por fim, têm-se o dimensionamento dos condutores horizontais que segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989) devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme de valor mínimo de 0,5%. O dimensionamento considera um tubo de seção circular com lâmina d'água de altura igual a 2/3 do diâmetro interno do tubo e as vazões calculadas através da fórmula de Manning-Strickler (equação 2) que resultaram na tabela 3:

Tabela 3 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min).

Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

(fonte: <https://portaldoprojetista.com.br/captacao-de-aguas-pluviais/condutores-horizontais-aguas-pluviais/>)

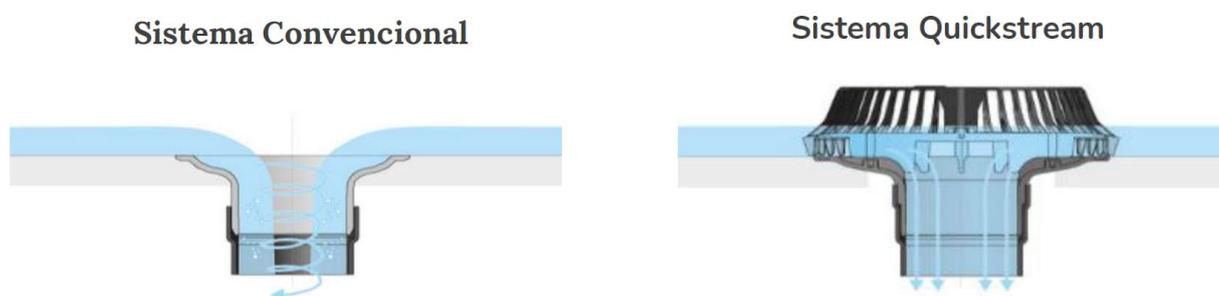
Para a verificação do sistema ainda poderá se calcular a velocidade do escoamento do tubo utilizando-se novamente a fórmula de Manning-Strickler decompondo-se a

vazão e isolando-se a velocidade e comparar com os valores de mínimo e máximo propostos por Azevedo Netto e Araújo (1998) que colocam como valor mínimo de velocidade de 0,75 m/s, pois valores inferiores a esse dificultariam a autolimpeza da tubulação e valor máximo de velocidade de 5,00 m/s, pois valores superiores de velocidade aceleram o processo de abrasão do tubo.

3.2 DRENAGEM PLUVIAL MÉTODO SIFÔNICO

O sistema de drenagem pluvial por sifonação foi criado e patenteado em 1968 pelo pesquisador finlandês Olavi Ebeling e aplicado pela primeira vez em uma fábrica de turbinas na Suécia em 1972 (MAY & ESCARAMEIA, 1996). Este sistema baseia-se no princípio de vácuo induzido pela gravidade através de seu captador antivórtice que possibilita o enchimento total dos tubos (figura 7) seguindo o Teorema de Bernoulli que considera as variações de pressão da água durante o escoamento entre dois pontos de um sistema (SAINT-GOBAIN, 2010). Ou seja, no início da precipitação o sistema se comporta por gravidade pois não tem água suficiente para o preenchimento de toda seção da tubulação. Com 5 cm de lâmina de água o sistema encontra-se totalmente preenchido pela água e começa a trabalhar por pressão negativa com alto desempenho, velocidade e vazão. Por fim, quando a lâmina de água diminui, há a entrada de ar no sistema e ele retoma o funcionamento de forma gravitacional. Para os casos em que a estrutura de cobertura, por exemplo uma laje, não aceita nenhum tipo de lâmina da água o sistema acaba não sendo indicado, pois sem uma lâmina da água de no mínimo 5 cm o sistema sifônico funciona apenas como gravitacional.

Figura 7 – Sistema antivórtice.



(fonte: Guia Técnico QuickStream, Amanco)

Assim, a título de exemplo, em um sistema convencional que drena 35 litros de ar para cada litro de água em uma coluna de 100mm de diâmetro em função da formação

de vórtice na captação da água, agora passa a trabalhar com seção plena podendo drenar até quase 6x a vazão do convencional (SAINT-GOBAIN, 2010), como mostra a tabela 4.

Tabela 4 – Comparação das vazões do sistema convencional e sifônico (EPAMS).

DN (coluna)	Índice Pluviométrico (mm/h)	Convencional		EPAMS	
		Área Drenada (m ²)	Vazão (l/s)	Área Drenada (m ²)	Vazão (l/s)
100	180	80	4,0	920	46
125	180	170	8,5	1380	69
150	180	230	11,5	1840	92

(fonte: Guia Técnico EPAMS, Saint-Gobain PAM)

Apesar de já estar presente em grandes obras em território nacional, este sistema ainda é considerado um sistema novo e desconhecido por muitos engenheiros que acabam evitando o seu uso com medo de estarem utilizando algo que possa trazer problemas futuros.

No Brasil há três empresas que dispõem dessa tecnologia e cada uma coloca um nome diferente para o seu sistema sifônico: a “Saint-Gobain PAM” que dispõe do sistema “EPAMS”, a “GEBERIT” que dispõe do sistema “Geberit Pluvia” e mais recentemente entrou no mercado a empresa “Amanco” com o seu sistema “QuickStream”. Todas estas empresas utilizam o sistema sifônico de drenagem pluvial tendo cada uma suas particularidades nos materiais que permitem o funcionamento completo do sistema.

Segundo o manual EPAMS da empresa Saint-Gobain (2010), o sistema sifônico tem diversas vantagens e benefícios listados abaixo. Essas vantagens aplicam-se ao sistema sifônico em geral, não sendo de exclusividade dessa empresa.

- Liberdade arquitetônica:
 - Possibilidade de adotar-se deflexões nas juntas de até 3°;
 - Menor interferência no espaço interno já que possui um número bem menor de descidas;
 - Não utilização de declividades, já que o sistema funciona por pressão negativa;
 - Adequa-se a arquiteturas arrojadas.

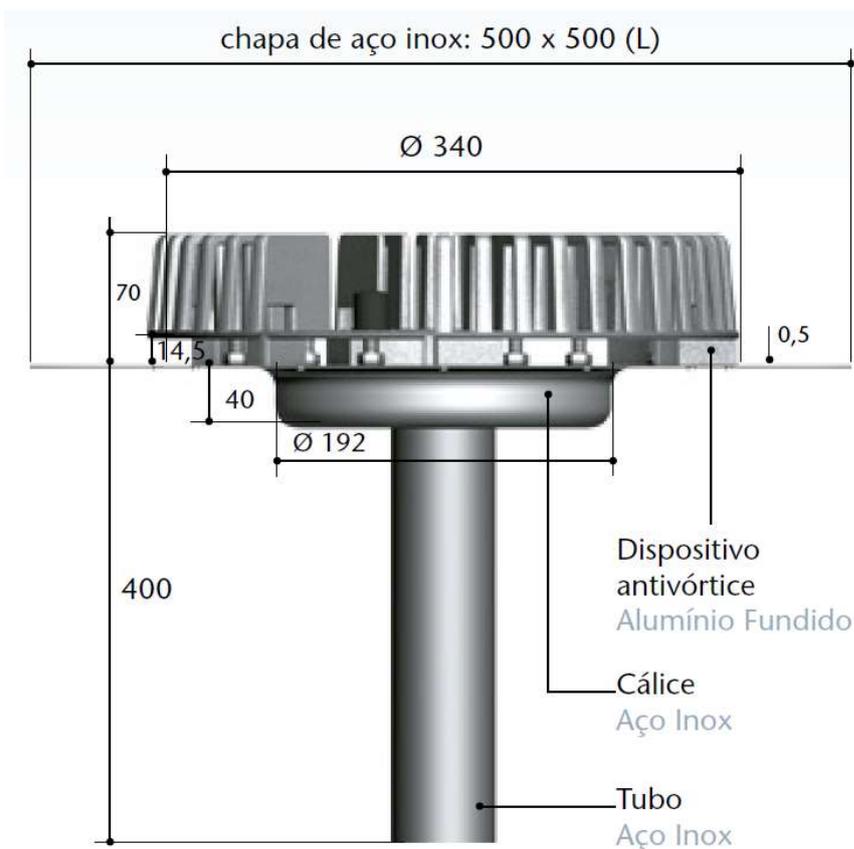
- Economia:
 - Rapidez na instalação;
 - Redução dos diâmetros nominais;
 - Redução do número de colunas;
 - Redução de linhas subterrâneas inferiores;
 - Redução na quantidade de tubos.
- Segurança e conforto:
 - Alto nível de conforto acústico;
 - Material 100% não inflamável;
 - Não propagador de fumaça;
 - Estabilidade das instalações.

3.2.1 Componentes de composição da rede

Segundo Pereira (2012) o sistema sifônico de drenagem pluvial é dividido em três grupos de elementos: captadores, condutores verticais e condutores horizontais.

Para Guerra e Coelho (2015) o primeiro grupo é considerado o diferencial do sistema, pois possui captadores que impedem a entrada de ar nas tubulações através das grelhas internas (dispositivo antivórtice) e grelhas externas que funcionam como uma barreira física para os resíduos de maior dimensão que poderiam ocasionar o entupimento do sistema. Além das grelhas, o captador ainda possui o cálice e o tubo, em aço inox (EPAMS) ou alumínio revestido (QuickStream), como mostra a figura 8 abaixo de um captador do sistema EPAMS:

Figura 8 – Captador EPAMS.



(fonte: Guia Técnico EPAMS, Saint-Gobain PAM)

Portanto, este captador seria o substituto ao ralo da drenagem convencional citado anteriormente no capítulo 3.1.1 e, na falta de uma norma técnica brasileira, são fabricados de acordo com as normas internacionais BS EN 1253-1:2015 – Gullies for buildings (BS, 2015) e ASME A112.6.9 – Siphonic Roof Drains (ASME, 2005), sendo a BS490 (BSI, 2007) a norma regulamentadora do sistema de drenagem sifônico. Vale ressaltar também que segundo Freitas e Reis (2019) ele utilizará da mesma calha citada na página 17 deste trabalho, a diferença agora é que essa calha não precisará de inclinação já que o sistema produz um efeito de sucção e sua largura mínima é de 35 cm, visto que o ralo sifônico usual tem diâmetro de 30 cm.

Em relação as vazões dos captadores, cada empresa apresenta uma possibilidade diferente de tamanhos e vazões nos seus catálogos. Abaixo observa-se uma tabela das possíveis vazões dos captadores do sistema EPAMS, porém ainda existe a possibilidade do sistema Geberit Pluvia que possui vazões de 6 l/s até 100 l/s

(GEBERIT PLUVIA, 2007) e do sistema Quick Stream que apresenta vazão de 16 l/s e 30 l/s (AMANCO QUICKSTREAM, 2019).

Tabela 5 – Vazões dos captadores (EPAMS).

DN (mm)	Vazão (l/s)	Área Drenada* (m ²)
50	13	260
75	23	460
100	26	520
125**	26	520

*Para um índice pluviométrico de 180 mm/h. m²

**DN sob consulta

(fonte: Guia Técnico EPAMS, Saint-Gobain PAM)

A ligação do captador aos condutores horizontais é feita de maneira distinta entre as empresas detentoras da tecnologia no país. Segundo o manual EPAMS da empresa Saint-Gobain (2010) utiliza-se um joelho de 90° ou 45° e uma junção, ambos de Ferro Fundido (FF) para fazer a ligação do tubo do captador até os condutores horizontais (figura 9).

Figura 9 – Ligação em ferro fundido do tubo do captador com o condutor vertical.



(fonte: Guia Técnico EPAMS, Saint-Gobain PAM)

Já a empresa Amanco apresenta uma alternativa interessante para essa função, que é a possibilidade de se utilizar uma ligação flexível entre o tubo do captador e a tubulação de PVC-U (PVC especial para suportar a solicitação da pressão negativa) do condutor horizontal, podendo até ser utilizada encostada na laje favorecendo uma melhor utilização do pé direito da edificação (AMANCO QUICKSTREAM, 2019), como mostra a figura 10.

Figura 10 – Ligação flexível do tubo do captador com o condutor vertical.



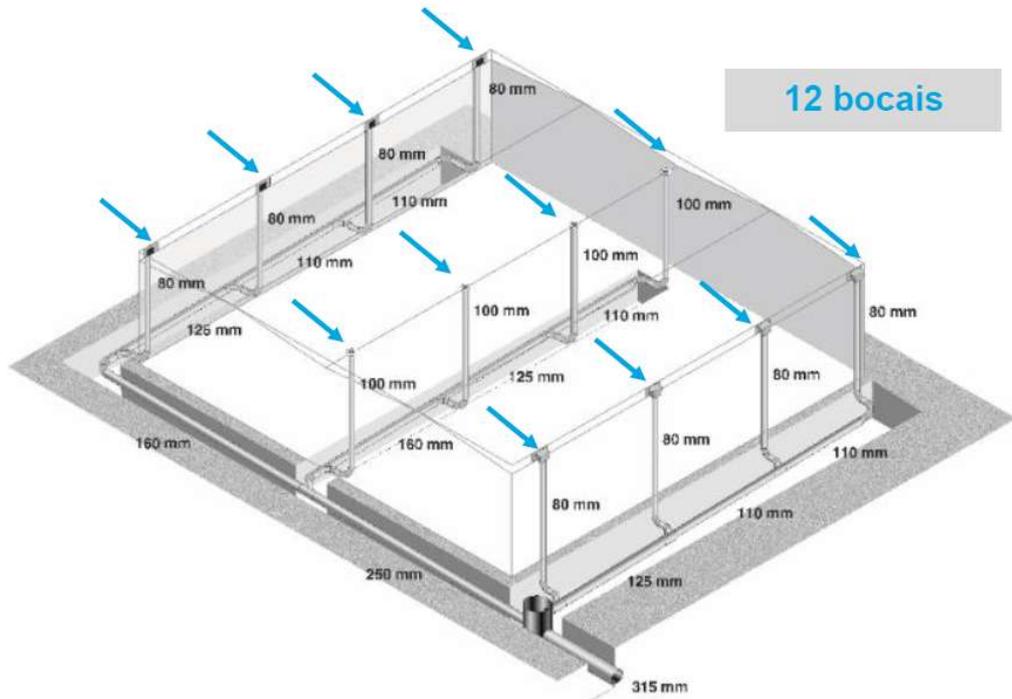
(fonte: Guia Técnico QuickStream, Amanco)

A empresa Geberit apresenta as duas soluções de conexão do tubo do captador com o condutor horizontal (GEBERIT PLUVIA, 2007), sendo analisado caso a caso para decidir-se a melhor alternativa.

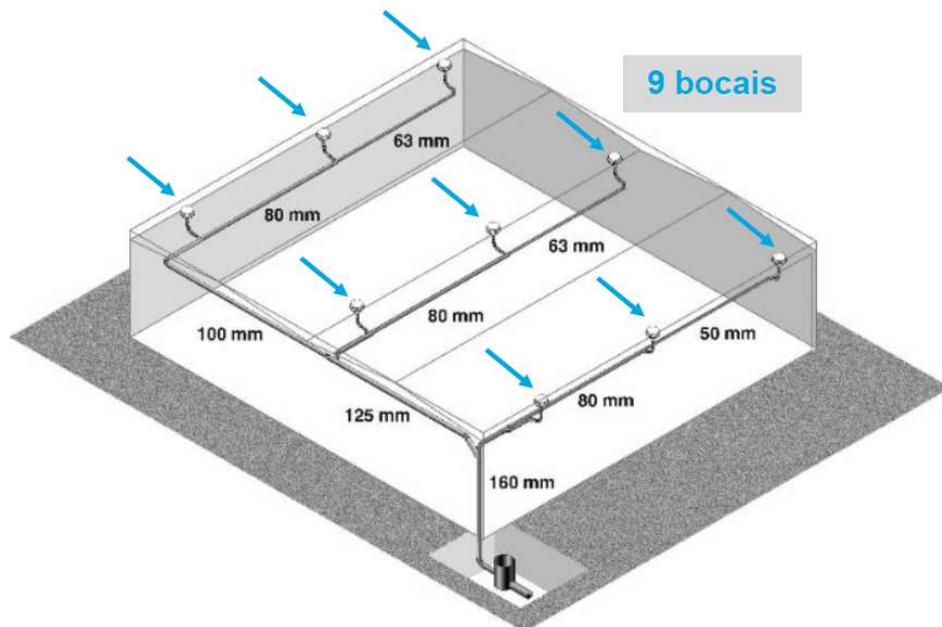
Assim, cada captador é ligado a um coletor horizontal sem qualquer inclinação e esse condutor horizontal (ou uma rede deles) é (são) conectado (s) a um condutor vertical (coluna de queda). Todos esses elementos trabalham à seção plena (tubo totalmente cheio), diminuindo o número de colunas e os diâmetros das tubulações, proporcionando economia para o sistema (AMANCO QUICKSTREAM, 2019). Forma-se, então, uma rede na cobertura com um único ponto de descida como ilustra a figura 11.

Figura 11 – Comparação da rede de drenagem convencional e o QuickStream.

Sistema Convencional



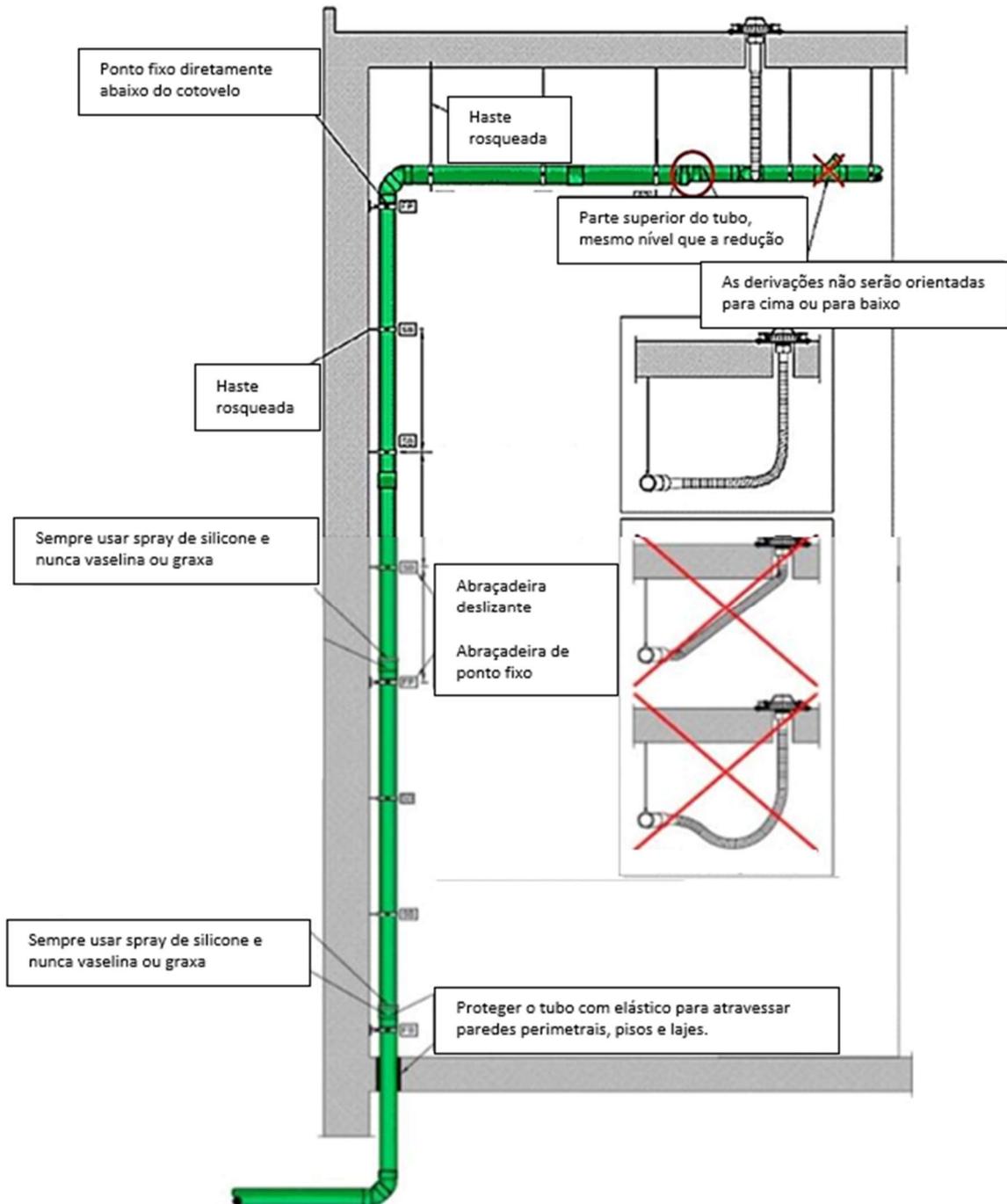
Sistema Quickstream



(fonte: Guia Técnico QuickStream, Amanco)

Esse processo de coletar a água nos captadores e transportar até a rede pública exige alguns detalhes de instalação apresentados na figura 12. Deve-se destacar a necessidade de juntas de dilatação a cada 10m que reduzem a vibração do sistema que eventualmente poderia danificar a resistência da linha tubular (AMANCO QUICKSTREAM, 2019).

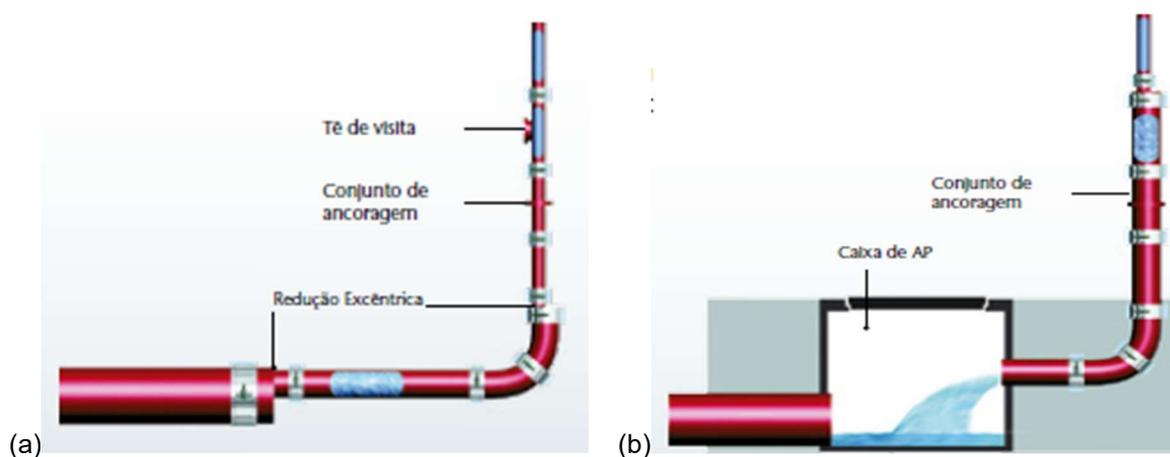
Figura 12 – Detalhe construtivo da tubulação de um sistema sifônico QuickStream.



(fonte: Guia Técnico QuickStream, Amanco)

Por fim, segundo o manual EPAMS da empresa Saint-Gobain (2010), para que o sistema possa desacelerar e voltar a ser gravitacional com o objetivo de conectar-se à rede pública de modo que a vazão da rede interna seja menor que a máxima suportada da rede externa opta-se entre duas alternativas na mudança do condutor vertical para o condutor horizontal. Esta etapa é conhecida como zona de descarga e pode ser realizada através de uma zona de descompressão horizontal, no qual aumenta-se o diâmetro no trecho final da rede (mínimo de 3m) logo após o tê de visita (item obrigatório da NBR 10844/1989) fazendo com que o escoamento chegue com velocidade compatível ao escoamento tradicional (figura 13a) ou através da instalação de uma caixa de águas pluviais logo após a inflexão da coluna com o objetivo de acumular a água e ir escoando de maneira gravitacional como uma bacia de amortecimento (figura 13b).

Figura 13 – Tipos de zonas de descompressão.



(fonte: Guia Técnico EPAMS, Saint-Gobain PAM)

3.2.2 Dimensionamento

Segundo Richers & Sowmy (2021) o dimensionamento do sistema sifônico é feito através de softwares próprios das empresas detentoras dessa tecnologia e seguem os parâmetros determinados pelas normas internacionais que regem este tipo de drenagem pluvial:

- BS 8490:2007 – Guide to Siphonic Roof Drainage-Systems (BRITISH STANDARDS INSTITUTE, 2007);

- VDI DIN 3806:2000 – Roof Drainage with Siphonic System (VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE, 2000);
- ASPE 45:2018 – Siphonic Roof Drainage (AMERICAN SOCIETY OF PLUMBING ENGINEERS, 2018);
- ASME A.112.6.9:2005 – Siphonic Roof Drains (AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, 2005);
- ASTM F 2021:2006 – Standard Guide for Design and Installation of Plastic Siphonic Roof Drainage Systems (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS, 2006);
- Capítulo 16 “Siphonic Roofwater Systems” no “Water Sensitive Urban Design Technical Manual” do Governo Australiano (DEPARTMENT OF PLANNING AND LOCAL GOVERNMENT, 2010).

Na falta do acesso a esses softwares, poderão ser utilizados os principais parâmetros dessas normas que estão concentrados no quadro 1 (RICHERS & SOWMY, 2021).

Quadro 1 – Principais parâmetros de dimensionamento do sistema sífônico.

Parâmetros	Valores	Fonte
Projeto:		
Verificação da perda de carga por prumada	Máximo 10% ou 1,0m	BS 8490:2007 / ASPE 45:2013
Fator de segurança	10% na vazão do projeto	ASPE 45:2013
Pressão negativa	Máxima -900mbar	VDI 3806:2000
Condutor vertical	Comprimento mínimo 4,0m; diâmetro igual ou menor do que o tubo horizontal; apresentar no topo duas curvas 45º	VDI 3806:2000 / ASPE 45:2013 / BS 8490:2007
Tubo de saída do ralo sífônico	Mínimo 1,0m de comprimento, curva 90º na parte inferior	VDI 3806:2000 / ASPE 45:2013
Velocidades no sistema sífônico	Tubos, mínimo 1,0m/s, máximo 6-7m/s, tubo vertical de saída 2,5-3,0m/s	VDI 3806:2000 / ASPE 45:2013 / BS8490:2007
Tempo de enchimento	Máximo 60s	BS 8490:2007
Calhas:		
Inclinação e tamanho	Até 1% de inclinação, capacidade da vazão de projeto	ASPE 45:2013 / BS 8490:2007
Ralos Sífônicos:		
Posicionamento	Distância máxima 20m, equidistante um do outro e mínimo de dois ralos por calha	VDI 3806:2000 / BS 8490:2007
Sistema secundário ou extravasores:		
Segurança	Exigência de extravasor ou sistema secundário com vazão adequada	BS 8490:2007 / Chapter 16:2010
Tubulação:		
Espessura das paredes	Mínimo para PEAD é Schedule 40	ASPE 45:2013 / ASTM F 2021:2006
Operação:		
Limpeza e caixas de passagem	Mínimo 3-4 vezes / ano; caixas de passagem com grelha para ventilação	BS 8490:2007 / ASPE 45:2013

(fonte: RICHERS & SOWMY, 2021)

De acordo com Mucillo (2023), o cálculo do índice pluviométrico e da vazão de projeto deve seguir os mesmos passos apresentados pela NBR 10844 (ABNT, 1989) e explicados no capítulo 3.1.2 desse trabalho. A única mudança para o pré-dimensionamento do sistema QuickStream deve-se ao fato de que, por segurança, o valor de vazão de projeto deverá ser multiplicado por um fator de 1,1 para calhas de beiral ou de 1,5 para os casos em que as calhas forem internas ou para os casos em que dentro do empreendimento tenha o armazenamento de algo de maior valor, como por exemplo Data Center de um banco.

Após calcular-se o valor de vazão de projeto final esse valor deverá ser dividido pela vazão máxima do bocal escolhido que, no caso do sistema da Amanco, poderá ser de 16 L/s ou 30 L/s. O resultado da divisão da vazão de projeto pela vazão máxima do bocal deverá ser comparado com o resultado da divisão do comprimento da calha por 20m, por ser esta a distância máxima entre dois bocais. Assim, por exemplo, se pelo cálculo da vazão forem necessários 3 captadores, porém pelo cálculo das distâncias chegar-se à conclusão que precisaria de 4 captadores, o maior resultado deverá ser considerado para o cálculo. Além disso, o sistema QuickStream comporta no máximo a vazão de 100 L/s, ou seja, se ultrapassar esse valor uma nova prumada deverá ser projetada em separado para dividir essa vazão em no máximo sistemas de 100 L/s (MUCILLO, 2023).

Seguindo no pré-dimensionamento a distribuição dos bocais na calha deverá ser feita da seguinte maneira: a partir do comprimento total da calha, dividir pela quantidade de bocais, sendo este valor a distância entre eles, respeitando a distância máxima de 20m. Para os bocais das extremidades basta considerar essa distância calculada e dividir por 2, obtendo-se então a distância que os bocais das extremidades que ficarão posicionados no final da calha (MUCILLO, 2023).

Outro ponto é que, segundo Mucillo (2023) os bocais da Amanco trabalham com vazão mínima de 2 L/s e que devem ser colocados com uma diferença de desnível de, no máximo, 1m, não existindo valor de desnível mínimo, pois, segundo a Engenheira Emanuela qualquer desnível por menor que seja é suficiente. Além disso, para o sistema funcionar exige-se uma altura mínima de 3m entre o captador e a caixa de descompressão e não há limitação para altura máxima.

De posse dessas informações o projetista poderá seguir para o pré-dimensionamento dos diâmetros das tubulações utilizando a tabela abaixo:

Tabela 6 – Vazões dos tubos QuickStream.

Diâmetro tubo (mm)	Vazão L/s (Q)*
40	4
50	6
63	11
80	19
100	30
125	39
160	75
200	100

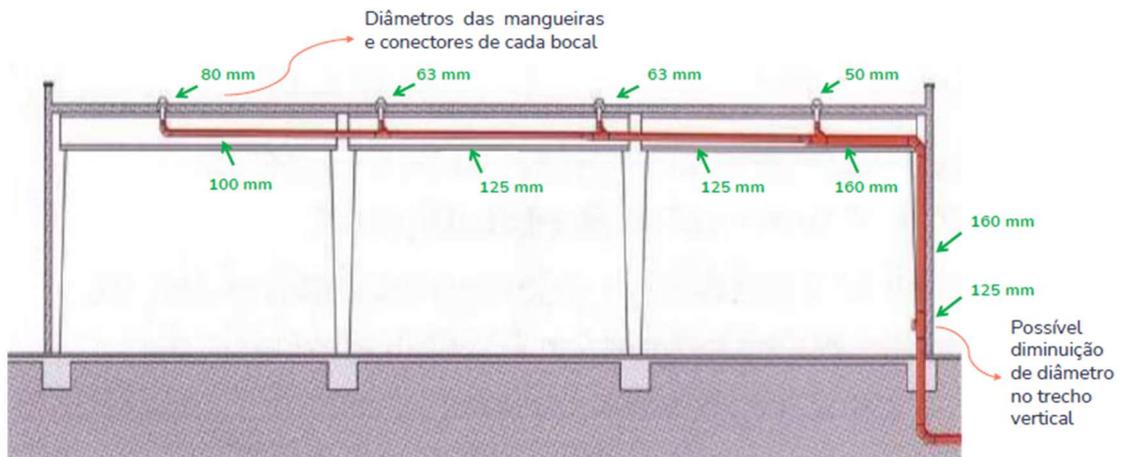
Essa tabela é uma referência para realizar um pré-dimensionamento. Não deve ser considerada como dimensionamento final.

(fonte: MUCILLO, 2023)

Vale ressaltar que essa tabela apresenta números aproximados retirados do cálculo de um trecho padrão e que, em alguns casos, dependendo da altura do empreendimento, haverá uma redução do diâmetro no trecho vertical para acelerar o processo de preenchimento total do tubo e o escoamento que inicialmente é gravitacional venha a se tornar pressurizado. Tal situação não é objeto de cálculo na etapa de pré-dimensionamento, sendo possível sua determinação apenas utilizando o software de dimensionamento próprio da empresa. Além da diminuição de diâmetro no trecho vertical, outra etapa que não há como dimensionar sem o acesso ao software é o diâmetro das mangueiras e conectores de cada bocal e o diâmetro de chegada da tubulação na caixa de descompressão para que chegue com uma velocidade aceitável que de acordo com Mucillo (2023) seria entre 2 m/s e 6 m/s (figura 14).

Figura 14 – Pontos não previstos no pré-dimensionamento.

Não previsto no pré-dimensionamento



(fonte: MUCILLO, 2023)

Para o pré-dimensionamento do sistema sifônico em lajes o processo é o mesmo daquele descrito para as calhas sendo mais comum que os ralos sifônicos variem sua vazão de captação que não seria nenhum problema caso seja respeitada a capacidade máxima do sistema de 100 L/s (MUCILLO, 2023).

Aliado ao sistema principal, a Amanco ainda indica um sistema de emergência (figura 15), para casos extremos em que a vazão exceda a calculada em projeto, que poderá ser realizado utilizando um sistema QuickStream secundário e independente com seu bocal colocado cerca de 100mm acima do nível do sistema principal ou um sistema convencional de tubos e extravasores (MUCILLO, 2023).

Figura 15 – Sistema alternativo de emergência.



(fonte: MUCILLO, 2023)

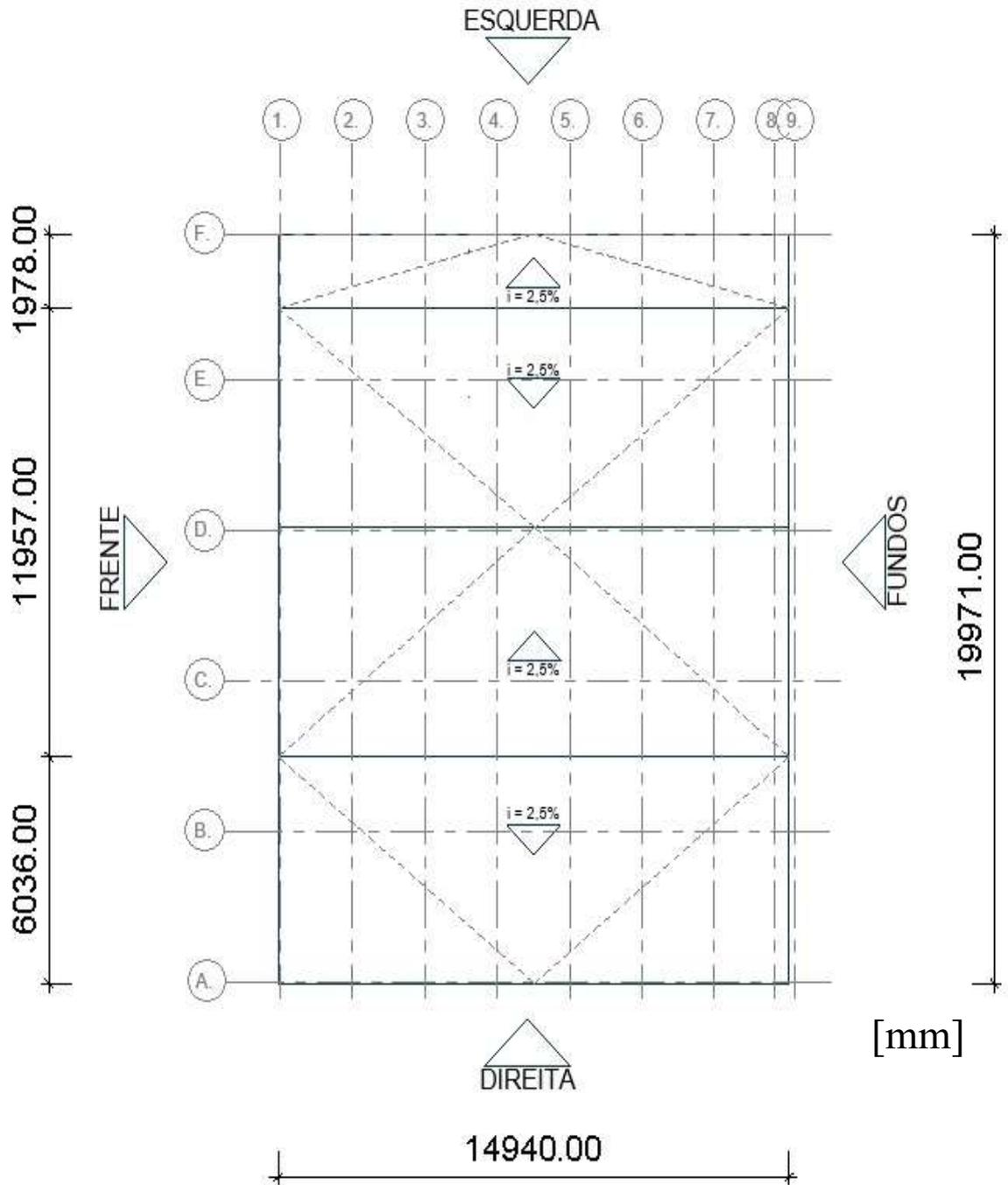
Por fim, de acordo com Mucillo (2023) toda a água do sistema deverá ser direcionada para caixas de descompressão com tampa gradeada ou com ventilação 2x o diâmetro da tubulação de água que chega para evitar que ocorra o aumento da pressão dentro da caixa e, por consequência, o arremesso da tampa. A caixa não é dimensionada pela empresa, mas tem seu cálculo como se fosse uma bacia de amortecimento devendo atentar-se para o material da caixa que deverá resistir ao impacto da água pressurizada na sua parede.

4 ESTUDO TÉCNICO-ECONÔMICO - OBRA EM MONTES CLAROS/MG

4.1 APRESENTAÇÃO DA OBRA E DO PROBLEMA

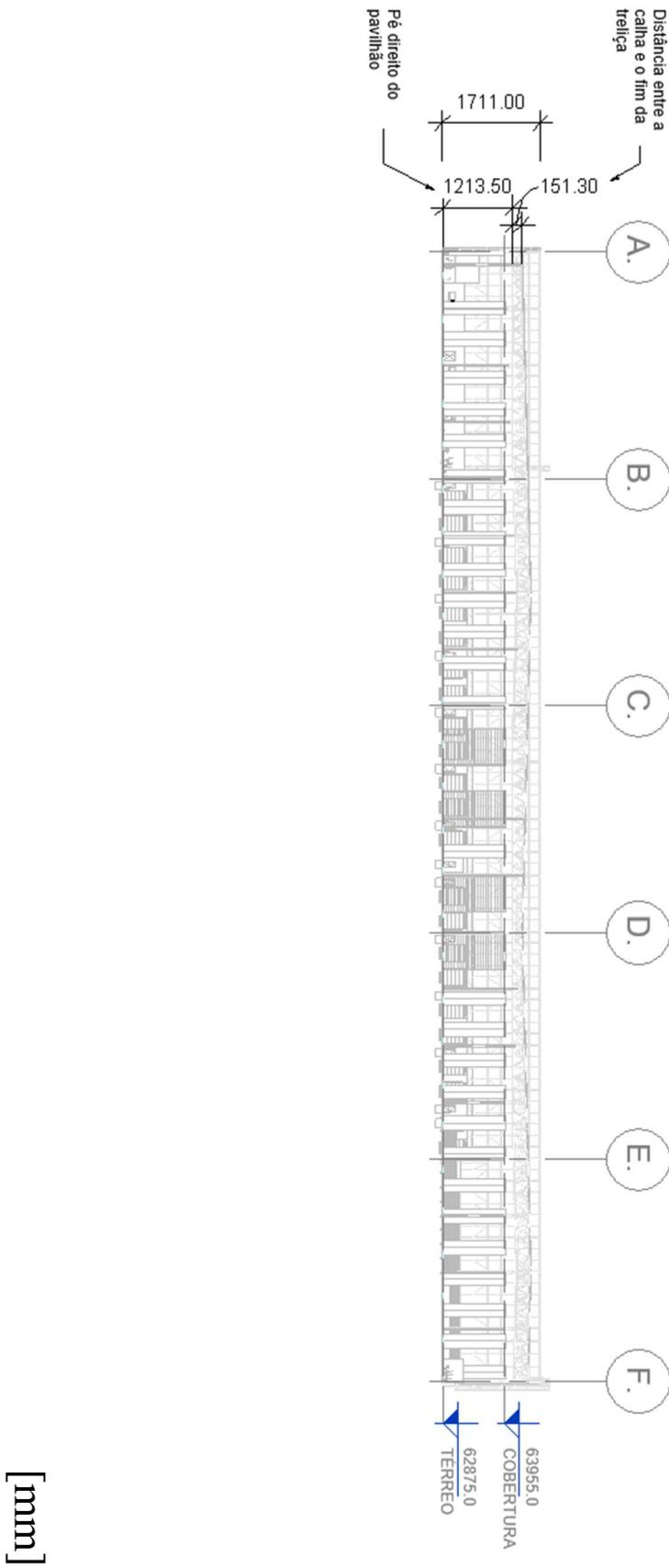
O objeto de estudo deste trabalho, utilizado para o lançamento de projeto de drenagem pluvial convencional e sifônico, consiste em um galpão industrial localizado na cidade de Montes Claros – MG. O galpão possui uma área de 29.836 m² (199,71m x 149,40m) e altura de 17,11m. A cobertura do pavilhão é composta por 4 águas de largura variável com 2,5% de inclinação. Aos fundos do galpão existe uma edificação (não há possibilidade de realizar o escoamento das águas pluviais para esse lado) e ao lado esquerdo projeta-se futuramente a construção de uma edificação nova, onde, deve-se evitar a colocação de tubos de queda. Desta forma, o escoamento deverá ser feito preferencialmente para o lado direito ou para frente da edificação. Outro ponto a se considerar é que se exige dentro do galpão uma altura de pé direito útil de no mínimo 12m para armazenamento. Neste trabalho será dimensionada a rede de drenagem pluvial para o Eixo D desde a sua captação até os tubos de queda, pois o eixo D recebe o escoamento das duas maiores águas do telhado do pavilhão. Abaixo segue uma imagem representativa da obra em planta baixa (figura 16) e em corte (figura 17). Para o desenho do traçado e cálculo do quantitativo utilizou-se o software Revit da Autodesk.

Figura 16 – Planta baixa galpão Industrial.



(fonte: Autor)

Figura 17 – Fachada fundos galpão industrial.



(fonte: Autor)

4.2 CÁLCULO MÉTODO CONVENCIONAL

Para o dimensionamento da drenagem pluvial do pavilhão em estudo pelo método convencional foi utilizada como base as recomendações da NBR 10844 (ABNT, 1989) “Instalações prediais de águas pluviais” - descrita no capítulo 3.1.2 deste trabalho.

A primeira etapa a se analisar é a da intensidade pluviométrica “I” que deverá ser determinada a partir dos valores de precipitação da região. Para o estudo utilizou-se a equação geral de intensidade pluviométrica a partir de Pinto (2013):

Equação 4 – Equação geral de intensidade pluviométrica.

$$I = \frac{a \cdot T^b}{(t + c)^d}$$

Onde:

I = intensidade pluviométrica, em mm/h;

T = tempo de retorno, em anos;

t = duração da precipitação, em minutos;

a, b, c, d = parâmetros da equação.

Para a cidade de Montes Claros utilizou-se os parâmetros específicos para esta cidade: a = 4361,2; b = 0,2009; c = 34,8; d = 0,9851 (ALVES & PINTO, 2015). Ficando a equação 4 da seguinte maneira:

$$I = \frac{4361,2 \cdot T^{0,2009}}{(t + 34,8)^{0,9851}}$$

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), a duração da precipitação deverá ser fixada em 5 minutos e o tempo de retorno deverá ser de 5 anos, por se tratar de uma cobertura de um pavilhão. Logo, obtém-se o valor de 159,9 mm/h de intensidade pluviométrica na região.

Após ter sido calculado o parâmetro “I”, determinou-se a área de contribuição da chuva (“A”). A NBR 10844 (ABNT, 1989) indica uma fórmula para o caso de telhados com área de superfície inclinada apresentada na figura 6.

Nesse caso o problema apresenta duas águas voltadas para o meio, ou seja, a calha que será dimensionada deverá levar em conta a contribuição das duas partes.

Utilizando a fórmula acima a partir das dimensões do telhado, temos que “b” vale 149,40m e que “a” vale 59,785m na figura. Antes de calcular a área de contribuição da superfície é necessário descobrir o parâmetro “h” que é calculado multiplicando-se a inclinação do telhado pelo parâmetro “a”, resultando no valor de 1,49m. Portanto, o cálculo segue da seguinte maneira:

$$A = \left(59,785 + \frac{1,49}{2} \right) \cdot 149,40$$

$$A = 9.043,53 \text{ m}^2$$

Esse resultado é para apenas uma das águas do telhado que contribui para a calha central. Logo, multiplicando-se o resultado por 2 obtém-se o valor de 18.087,05 m². De posse do valor de intensidade pluviométrica (“I”) e da área de contribuição (“A”) calculada determina-se a vazão de projeto (“Q”) através da equação 1, rerepresentada a seguir.

$$Q = \frac{I \cdot A}{60}$$

$$Q = \frac{159,9 \cdot 18086,364}{60}$$

$$Q = 48.200,16 \text{ L/min}$$

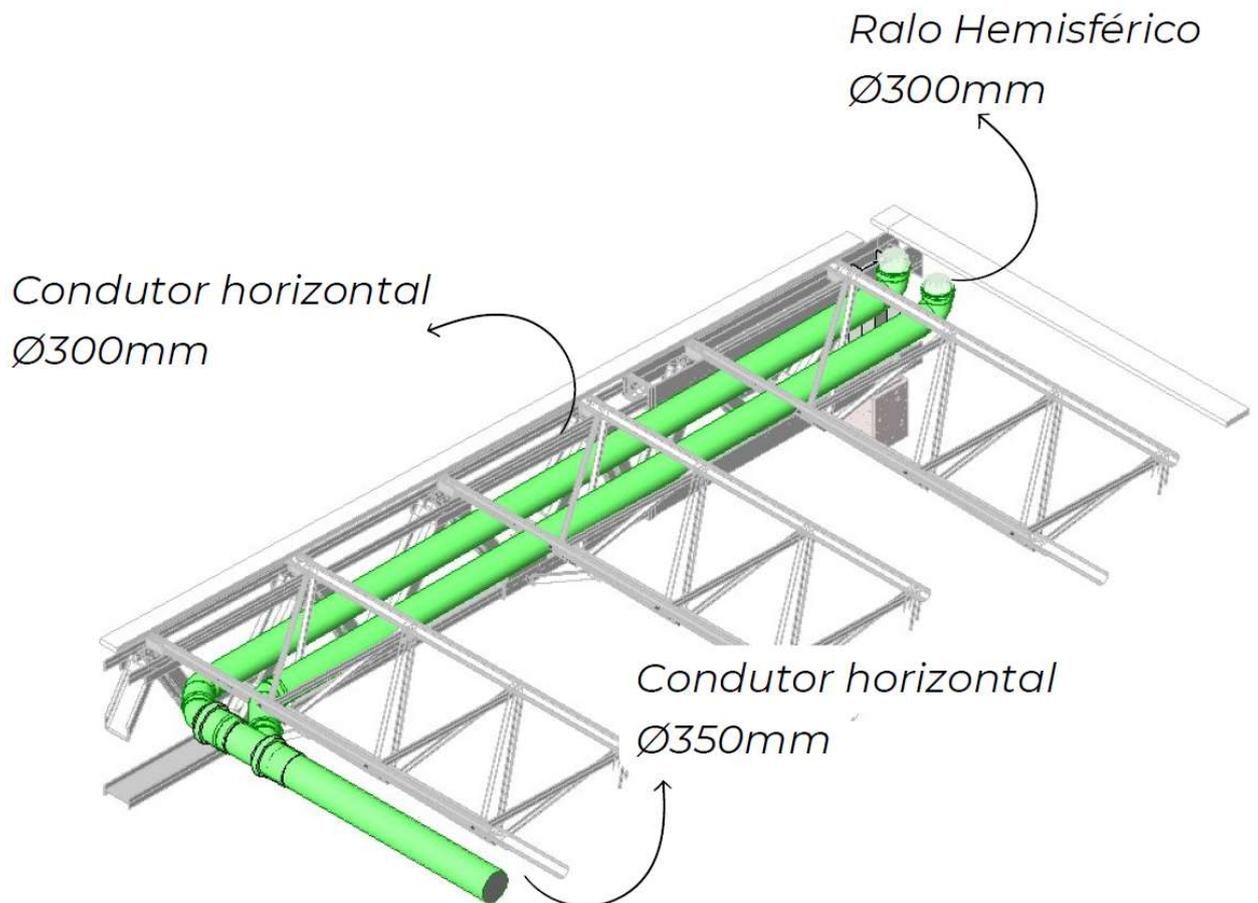
Por tratar-se de uma vazão muito alta não será possível realizar o escoamento através de uma prumada única, pois seria necessária uma tubulação vertical de aproximadamente 700mm (calculado através da equação 3) e de uma calha com altura muito grande que escoasse tudo apenas para um ponto. Logo, o recolhimento dessa vazão será feito através de 15 ralos hemisféricos de 300mm (a escolha por esse diâmetro deve-se ao fato de conseguir com segurança escoar a vazão de projeto e ao mesmo tempo caber dentro da calha que será calculada em seguida) sendo o ralo da ponta colocado a 3m do final da calha e o restante distribuído aos pares a cada 10,50m como mostra a tabela 7 e a figura 18 e 19. Para o cálculo do diâmetro necessário para cada ralo hemisférico utilizou-se a fórmula de Wyly-Eaton (equação 3) com a vazão calculada utilizando-se a área de contribuição específica para cada ralo.

Tabela 7 – Resultados obtidos para o dimensionamento dos diâmetros dos ralos pelo método convencional.

Identificação	Largura cobertura "a" (m)	Comprimento cobertura "b" (m)	Inclinação (%)	Altura "h" (m)	Área de captação (m ²)	Vazão Q de uma água (L/min)	Vazão Total Q (L/min)	D Calculado (mm)	D Projeto (mm)
R01	59,79	6,00	2,50	1,49	363,19	967,91	1935,82	206,90	300
R02	59,79	10,50	2,50	1,49	635,59	1693,85	3387,69	255,22	300
R03	59,79	10,50	2,50	1,49	635,59	1693,85	3387,69	255,22	300
R04	59,79	10,50	2,50	1,49	635,59	1693,85	3387,69	255,22	300
R05	59,79	10,50	2,50	1,49	635,59	1693,85	3387,69	255,22	300
R06	59,79	10,50	2,50	1,49	635,59	1693,85	3387,69	255,22	300
R07	59,79	10,50	2,50	1,49	635,59	1693,85	3387,69	255,22	300
R08	59,79	10,50	2,50	1,49	635,59	1693,85	3387,69	255,22	300
R09	59,79	10,50	2,50	1,49	635,59	1693,85	3387,69	255,22	300
R10	59,79	10,50	2,50	1,49	635,59	1693,85	3387,69	255,22	300
R11	59,79	10,50	2,50	1,49	635,59	1693,85	3387,69	255,22	300
R12	59,79	10,50	2,50	1,49	635,59	1693,85	3387,69	255,22	300
R13	59,79	10,50	2,50	1,49	635,59	1693,85	3387,69	255,22	300
R14	59,79	10,50	2,50	1,49	635,59	1693,85	3387,69	255,22	300
R15	59,79	6,90	2,50	1,49	417,67	1113,10	2226,20	218,04	300

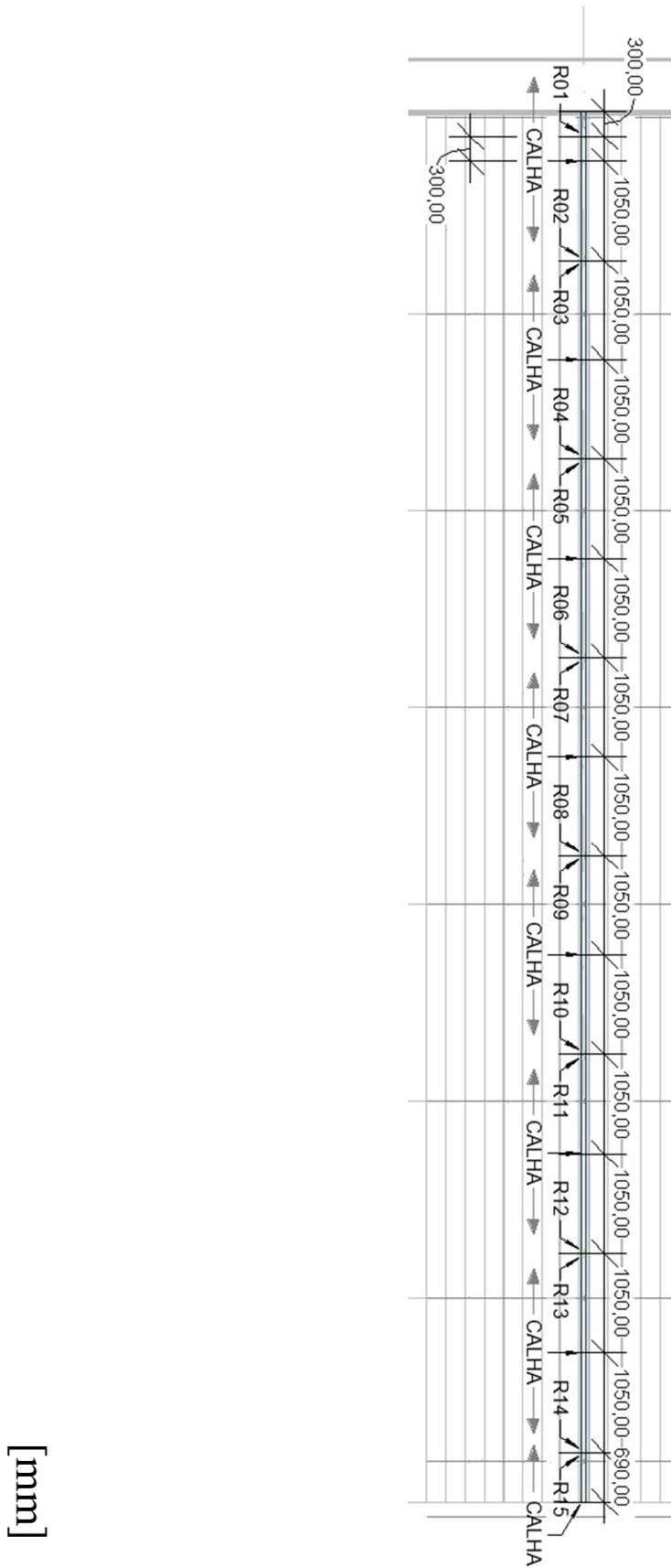
(fonte: Autor)

Figura 18 – Desenho esquemático da captação da chuva por dois ralos hemisféricos.



(fonte: Autor)

Figura 19 – Distribuição dos ralos hemisféricos ao longo da calha.



[mm]

(fonte: Autor)

Sabendo-se a vazão da cobertura deverá ser dimensionada a calha que fará o recolhimento dessa água e a transportará até o condutor vertical. Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989) o dimensionamento da calha é feito através da equação 2. Para a verificação da vazão máxima da calha utilizou-se uma calha de 0,20m de altura por 0,60m de largura. Para o cálculo da seção molhada (S) considerou-se a altura da seção molhada como sendo 2/3 da altura total da calha, pois seria uma altura confortável para o não transbordamento, resultando em um valor de $S = 0,08 \text{ m}^2$. Para o cálculo do raio hidráulico (R_H) utilizou-se o perímetro molhado como sendo 0,867m (0,133m + 0,60m + 0,133m), novamente utilizando apenas 2/3 da altura da calha para o escoamento da água, resultando em um $R_H = 0,092 \text{ m}$. Por fim, os valores de “K” e “n” foram retirados da NBR 10844 (ABNT, 1989), sendo $K = 60.000$ e $n = 0,011$ (considerando uma calha de aço) e o valor de “i” estipulado como $i = 0,005 \text{ m/m}$ (valor mínimo recomendado pela norma).

$$Q = \frac{K \cdot S \cdot \sqrt[3]{R_H^2} \cdot \sqrt{i}}{n}$$

$$Q = \frac{60000 \cdot 0,08 \cdot \sqrt[3]{0,092^2} \cdot \sqrt{0,005}}{0,011}$$

$$Q = 6.302,20 \text{ L/min}$$

Se a calha drenasse todo o escoamento para o mesmo ponto a mesma teria que ser recalculada já que a vazão total de projeto é de 48.200,16 L/min, ou seja, muito acima do que a calha comporta. Porém, como mencionado anteriormente, serão utilizados 15 ralos hemisféricos para a captação do escoamento da calha sendo os tubos de queda provenientes desses ralos organizados conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Composição dos tubos de queda pluviais (TQPs).

Coluna	Composição
TQP01	R01
TQP02	R02 + R03
TQP03	R04 + R05
TQP04	R06 + R07
TQP05	R08 + R09
TQP06	R10 + R11
TQP07	R12 + R13
TQP08	R14 + R15

(fonte: Autor)

Assim, a vazão total de projeto será dividida em 8 tubos de queda pluvial (TQP) resultando em 6025,02 L/min que é menor que a vazão comportada pela calha dimensionada anteriormente.

Por fim, como o problema exige que o escoamento seja feito para a frente ou para o lado direito, será necessário calcular a parcela horizontal suspensa do sistema, ou seja, calcular a parcela que estará suspensa fixada dentro da estrutura metálica do telhado até chegar na parte frontal do pavilhão e poder descer até o solo para ligação na rede de macrodrenagem existente. Para o cálculo do diâmetro será utilizado a fórmula de Manning-Strickler (equação 2) e para o cálculo de velocidade de escoamento no tubo foi utilizado a mesma fórmula isolando-se a velocidade e comparando o resultado com a velocidade mínima e máxima proposta por Azevedo Netto & Araújo (1998):

Tabela 9 – Resultados obtidos para o dimensionamento das tubulações horizontais suspensas pelo método convencional.

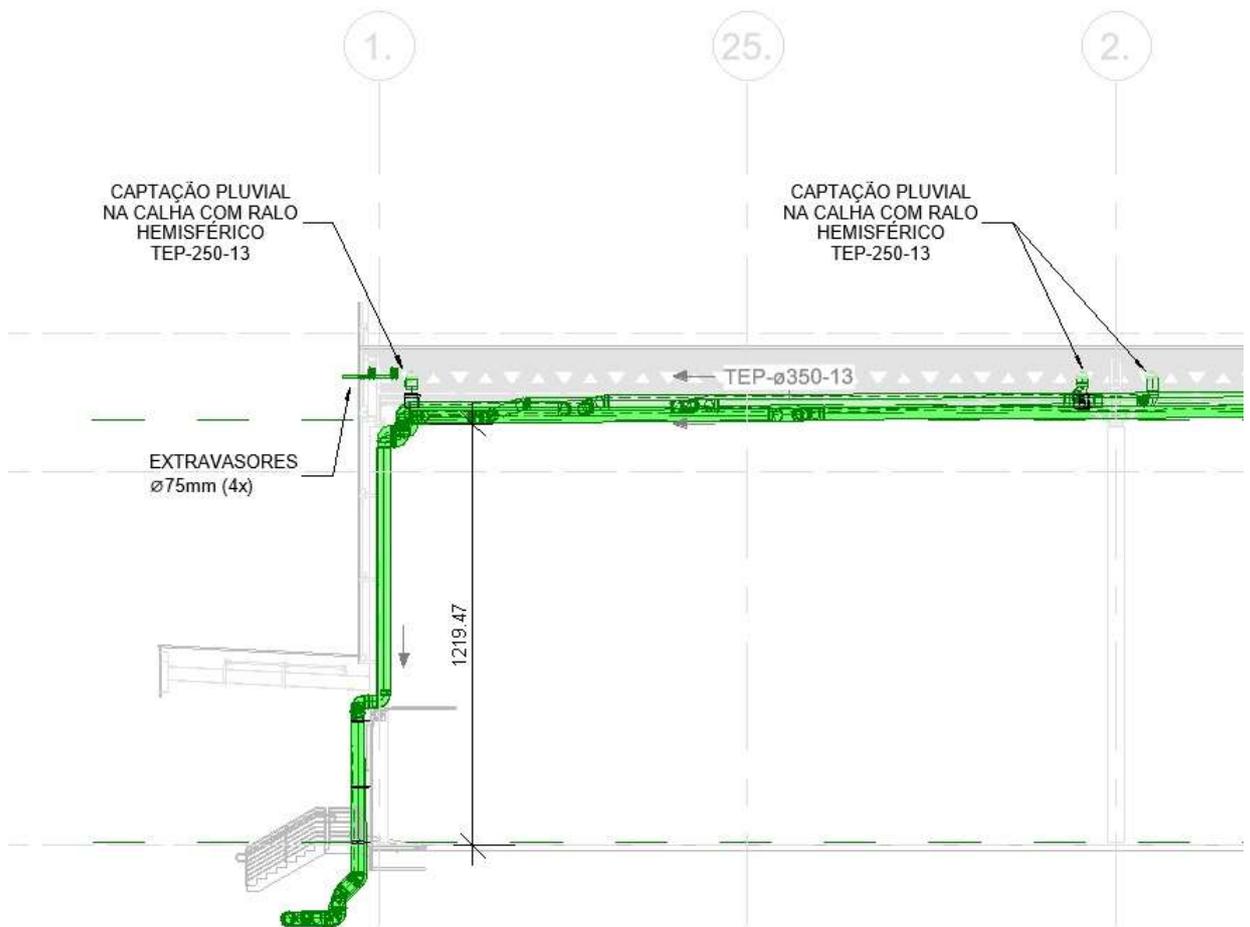
Dimensionamento de Condutores Horizontais									
Trecho	Composição	Q (L/min)	I (m/m)	n (Coef.)	Ø (mm) calculado	Ø (mm) adotado	Situação Ø	V (m/s)	Situação V
TQP01	R01	1935,82	0,005	0,011	212,53	350,00	OK	1,27	OK
TQP02	R02 + R03	6775,38	0,005	0,011	339,98	350,00	OK	1,27	OK
TQP03	R04 + R05	6775,38	0,005	0,011	339,98	350,00	OK	1,27	OK
TQP04	R06 + R07	6775,38	0,005	0,011	339,98	350,00	OK	1,27	OK
TQP05	R08 + R09	6775,38	0,005	0,011	339,98	350,00	OK	1,27	OK
TQP06	R10 + R11	6775,38	0,005	0,011	339,98	350,00	OK	1,27	OK
TQP07	R12 + R13	6775,38	0,005	0,011	339,98	350,00	OK	1,27	OK
TQP08	R14 + R15	5613,89	0,005	0,011	316,83	350,00	OK	1,27	OK

(fonte: Autor)

Um último detalhe a ser analisado é a questão do pé direito útil. Analisando-se o trecho mais longo do sistema (TQP08) com declividade de 0,5% (figura 20) visualiza-se que o pé direito útil acaba ficando 12,19m, ou seja, acima do solicitado pelo cliente. Porém, avaliando a estrutura percebe-se que com essa declividade há uma interferência entre a tubulação e a treliça metálica (figura 21) sendo necessário que a tubulação fosse suspensa abaixo da estrutura do telhado refletindo em um pé direito final de 11,53m (figura 22), abaixo do solicitado pelo cliente. Assim, para solucionar o problema o dimensionamento da tubulação horizontal suspensa (tabela 9) teve que ser refeito ficando o TQP08 com declividade de 0,3% resultando no pé direito útil de 12,41m (figura 23) e sem interferência com a estrutura do telhado (figura 24). Essa

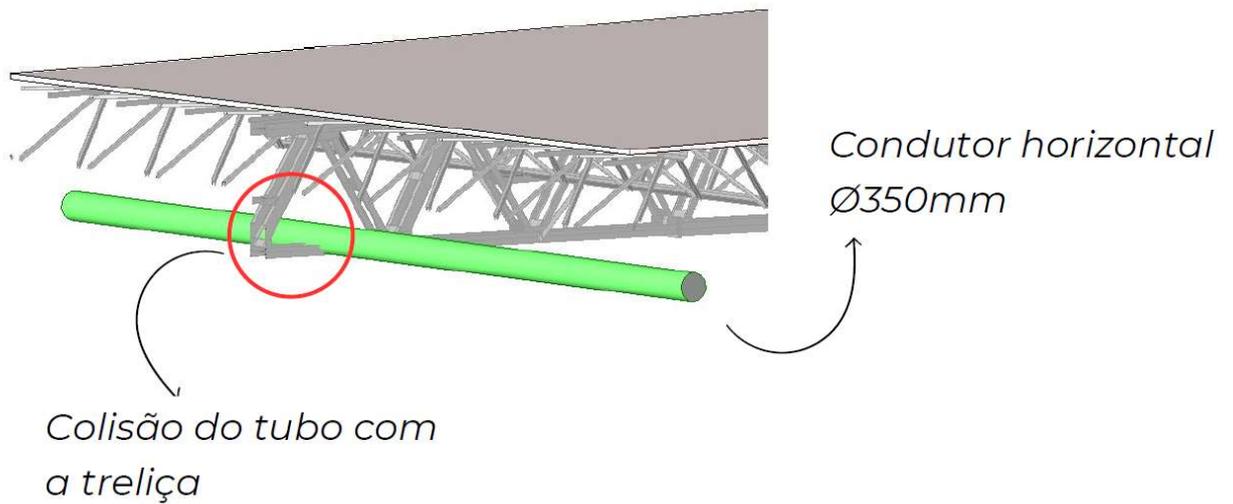
declividade não é recomendada pela NBR 10844 (ABNT, 1989), pois declividades menores geram velocidades menores de escoamento que podem acarretar no mau funcionamento da autolimpeza. Apesar de não sugerido pela NBR 10844 (ABNT, 1989) a declividade de 0,3% foi mantida e a empresa alertada sobre possíveis problemas de manutenção futuros.

Figura 20 – Corte do TQP08 com declividade de 0,5% acima da estrutura do telhado.



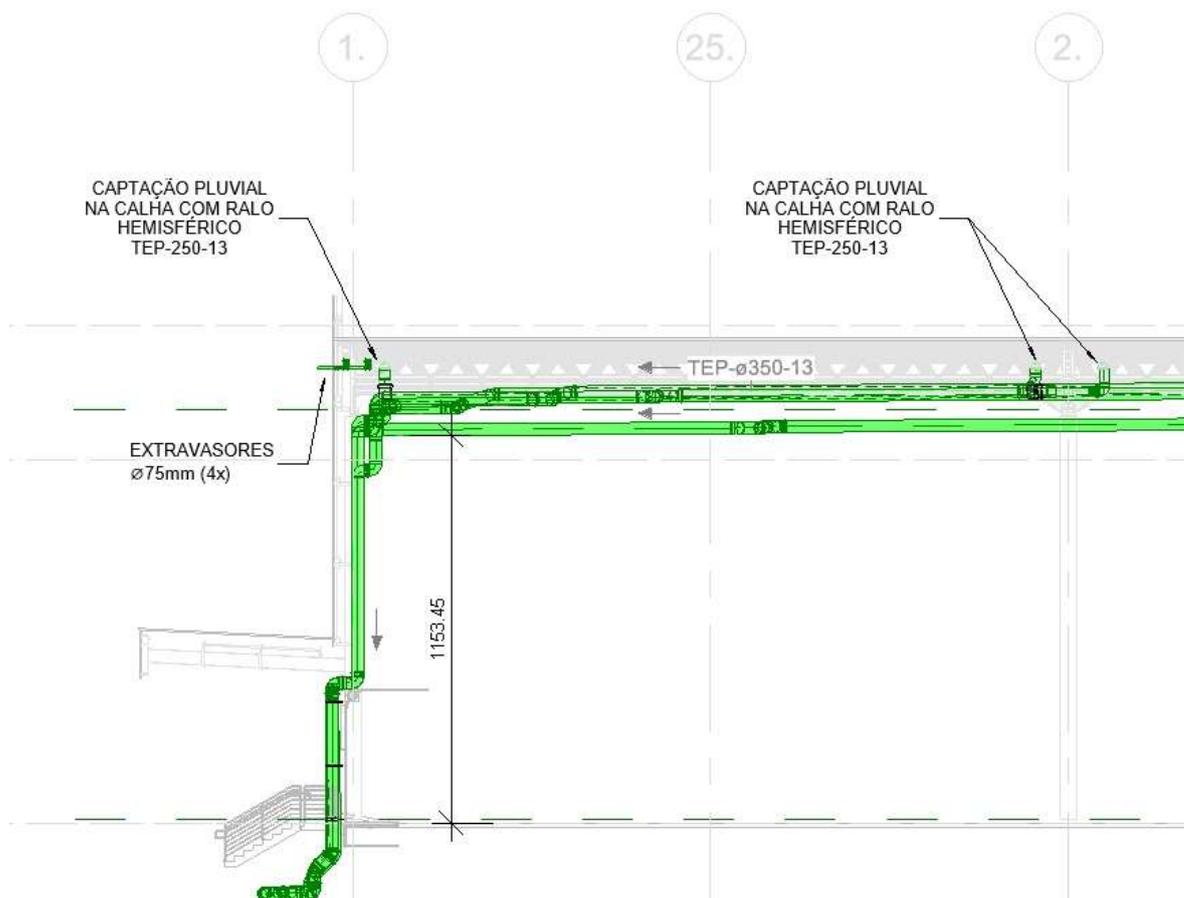
(fonte: Autor)

Figura 21 – Interferência da tubulação com a estrutura do telhado.



(fonte: Autor)

Figura 22 – Corte do TQP08 com declividade de 0,5% abaixo da estrutura do telhado.



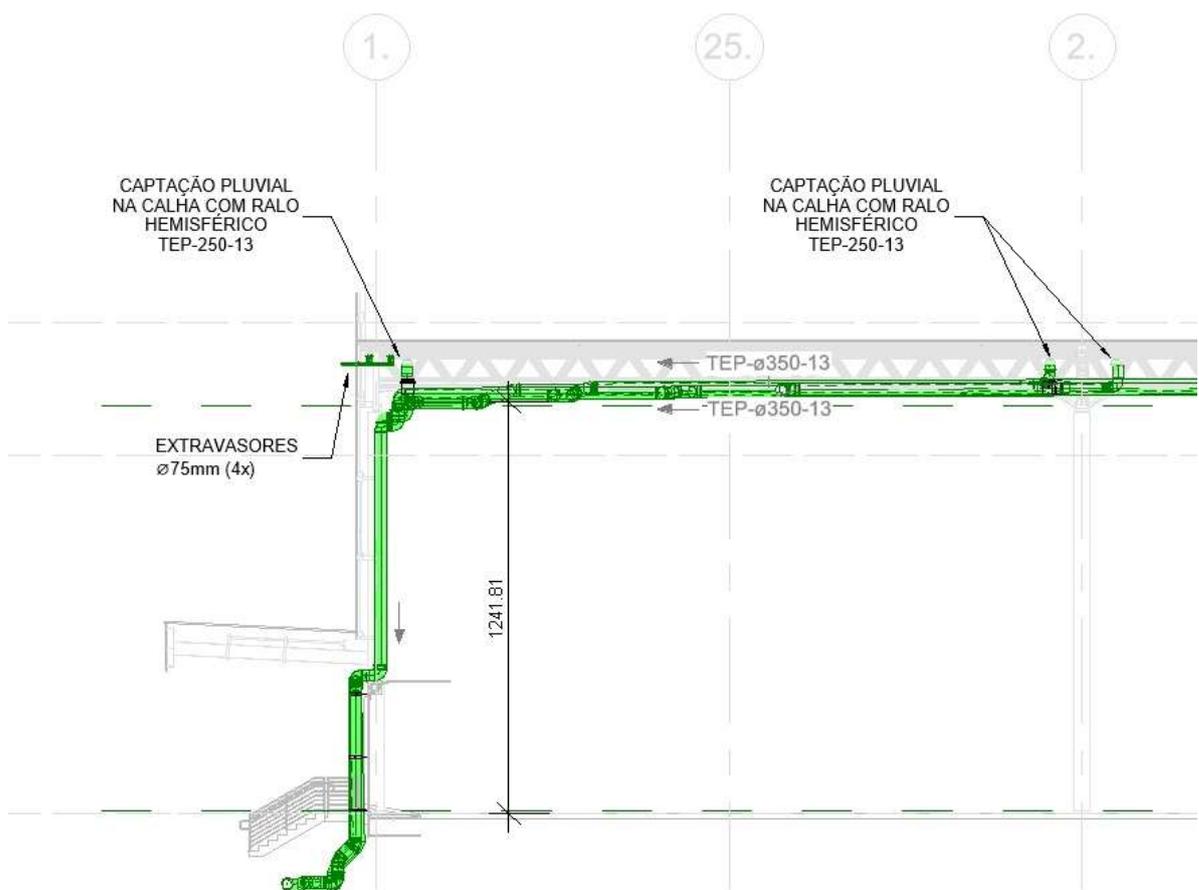
(fonte: Autor)

Tabela 10 – Resultado do dimensionamento da tubulação horizontal suspensa com o TQP08 com 0,3% de declividade.

Dimensionamento de Condutores Horizontais									
Trecho	Composição	Q (L/min)	l (m/m)	n (Coef.)	Ø (mm) calculado	Ø (mm) adotado	Situação Ø	V (m/s)	Situação V
TQP01	R01	1935,82	0,005	0,011	212,53	350,00	OK	1,27	OK
TQP02	R02 + R03	6775,38	0,005	0,011	339,98	350,00	OK	1,27	OK
TQP03	R04 + R05	6775,38	0,005	0,011	339,98	350,00	OK	1,27	OK
TQP04	R06 + R07	6775,38	0,005	0,011	339,98	350,00	OK	1,27	OK
TQP05	R08 + R09	6775,38	0,005	0,011	339,98	350,00	OK	1,27	OK
TQP06	R10 + R11	6775,38	0,005	0,011	339,98	350,00	OK	1,27	OK
TQP07	R12 + R13	6775,38	0,005	0,011	339,98	350,00	OK	1,27	OK
TQP08	R14 + R15	5613,89	0,003	0,011	348,68	350,00	OK	0,98	OK

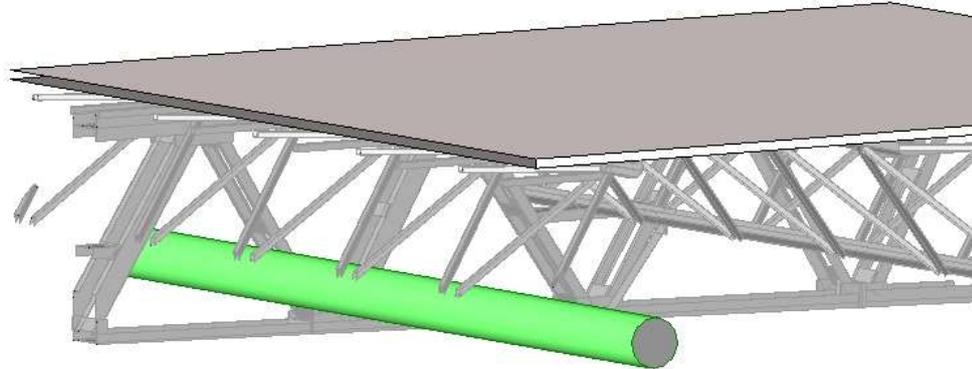
(fonte: Autor)

Figura 23 – Corte do TQP08 com declividade de 0,3%.



(fonte: Autor)

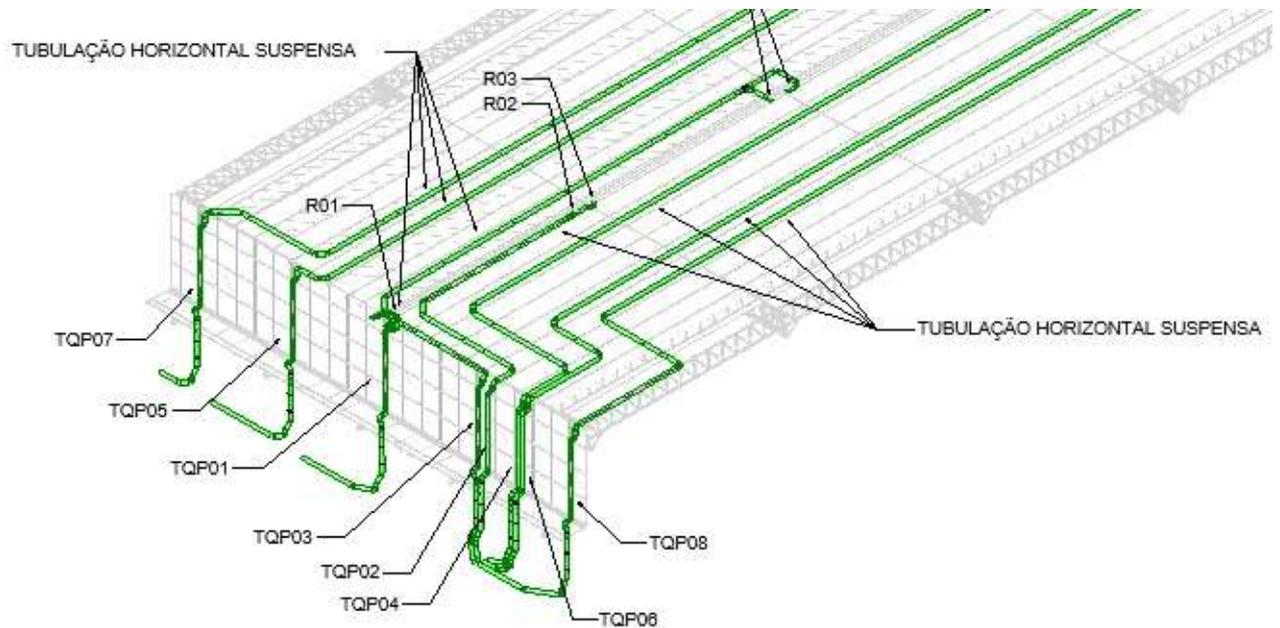
Figura 24 – Tubulação sem interferência com a estrutura do telhado.



(fonte: Autor)

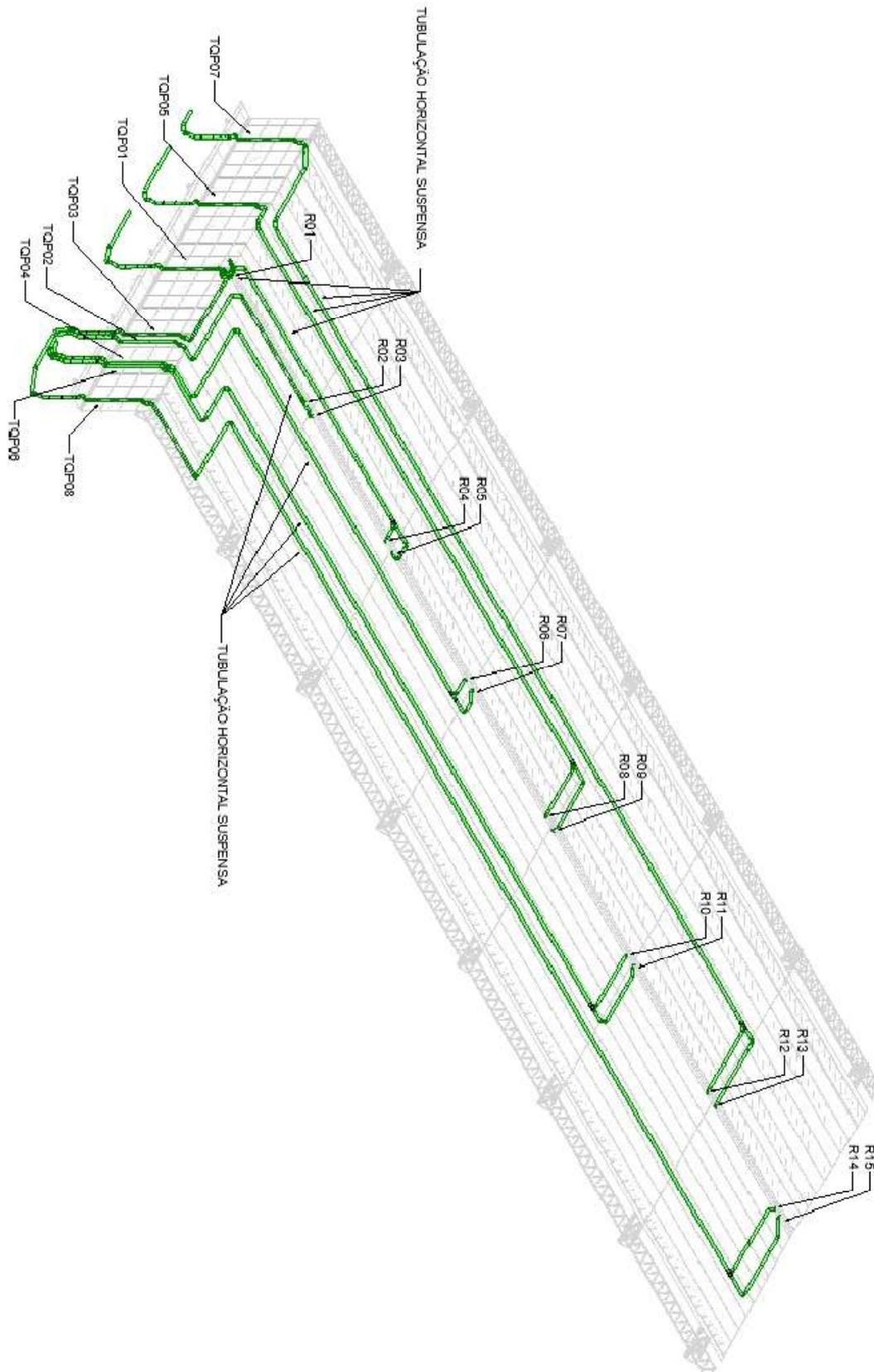
Ao final do dimensionamento projetou-se a seguinte estrutura apresentada nas figuras 25, 26 e 27:

Figura 25 – Rede de drenagem convencional dimensionada – vista ampliada.



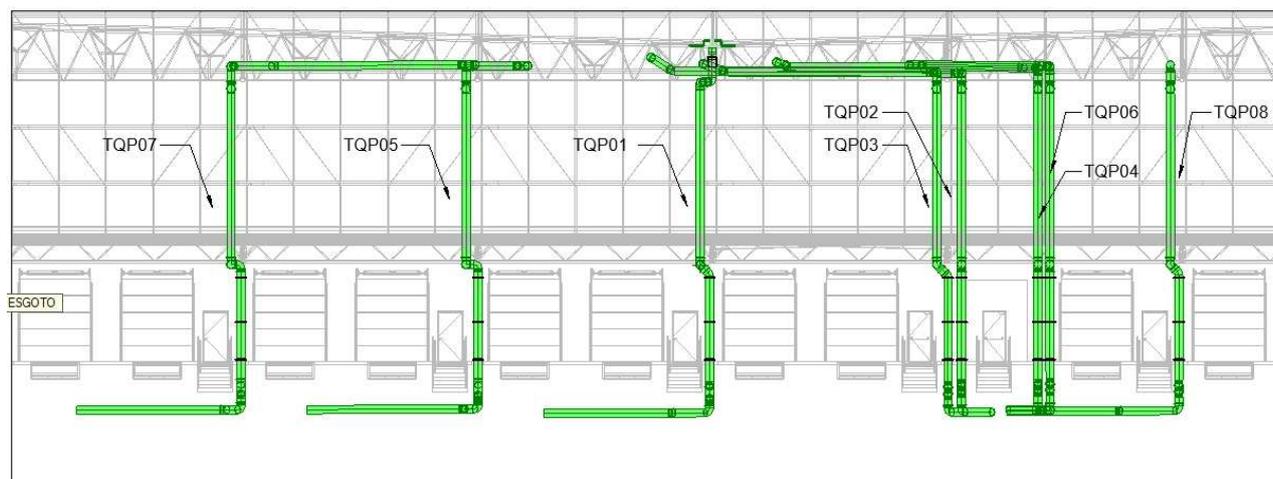
(fonte: Autor)

Figura 26 – Rede de drenagem convencional dimensionada – vista geral.



(fonte: Autor)

Figura 27 – Vista da fachada da edificação com os tubos de queda pluvial.



(fonte: Autor)

4.3 CÁLCULO MÉTODO SIFÔNICO

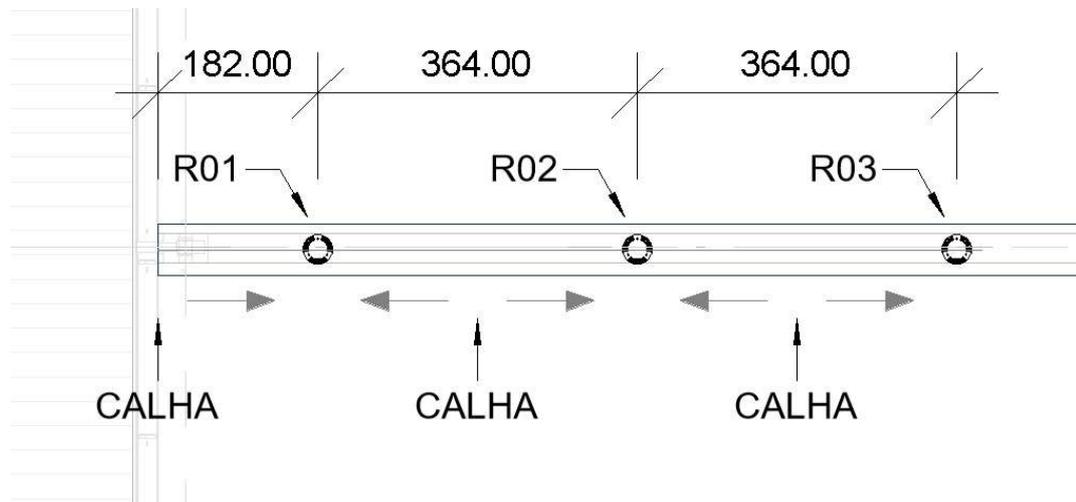
Para o dimensionamento da drenagem pluvial do pavilhão em estudo pelo método sifônico foram utilizadas as recomendações recebidas na reunião técnica com a Engenheira Civil Emanuela Mucillo, representante da Amanco na região sul já dissertado no capítulo 3.2.2 deste trabalho.

O primeiro passo foi a multiplicação do fator de segurança do sistema sifônico pela vazão de projeto (calculado no capítulo 4.2). Como trata-se de uma calha interna o fator utilizado foi de 1,5 resultando numa vazão total de projeto de 72.300,24 L/min ou 1205 L/s.

Essa vazão de 1205 L/s dividido por 30 L/s (vazão máxima do captador da Amanco) resulta no valor de 40,1667 bocais, ou seja, 41 bocais. Paralelo a isso, o cálculo do comprimento da calha (149,40 m) dividido pela distância máxima entre bocais (20 m) resultou no valor de 7,47 bocais, ou seja, 8 bocais. Assim, conclui-se que, para a calha central do pavilhão (calculada no capítulo 4.2) em análise serão necessários 41 bocais que trabalharão com a vazão de 29,39 L/s cada.

A distância entre os bocais é calculada dividindo-se a distância total da calha (149,40 m) por 41 (número total de bocais) resultando em 3,64 m, sendo que para os bocais das extremidades teremos a distância de 1,82m entre o bocal e o final da calha como mostra a figura 28.

Figura 28 – Distribuição dos ralos sífnicos ao longo da calha.



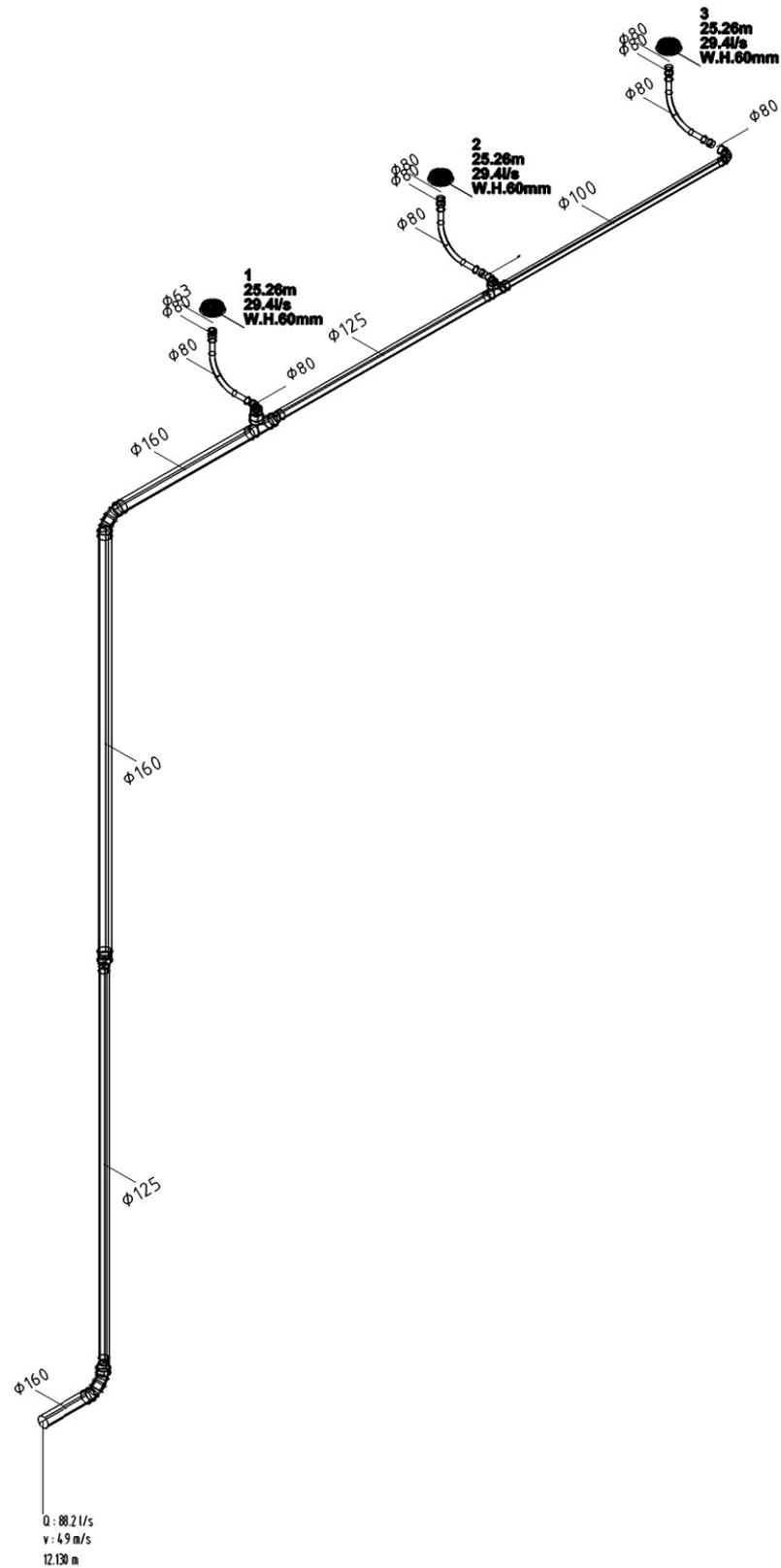
(fonte: Autor)

Como cada sistema QuickStream não pode ultrapassar a vazão de 100 L/s, serão necessários 14 sistemas separados de captação, ou seja, a cada 3 bocais projeta-se um tubo de queda individual, sendo um dos sistemas composto por 2 bocais e não 3 já que temos 41 bocais no total.

Assim, utilizando-se a tabela 6 (página 39) calcula-se que cada sistema terá a seguinte configuração: entre o primeiro bocal e o segundo será necessária uma tubulação de 100 mm para comportar os 29,39 L/s do primeiro bocal, entre o segundo e o terceiro bocal essa tubulação terá que ser de 160 mm para comportar os 58,78 L/s proveniente da soma da vazão dos dois primeiros bocais e por fim o trecho que captará toda a vazão desse pequeno sistema de 3 bocais será de 200 mm, já que para esse diâmetro obtém-se uma vazão máxima de 100 L/s.

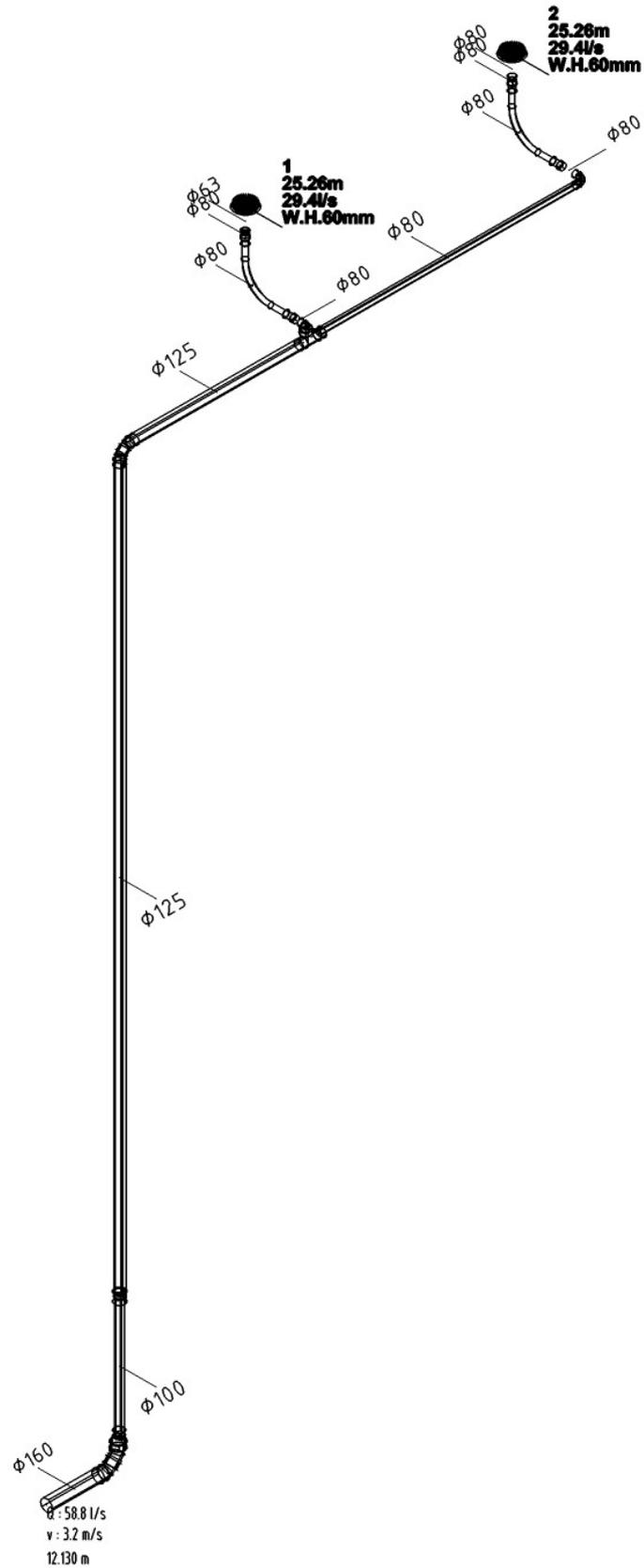
Por fim, esse pré-dimensionamento foi repassado para a empresa Amanco que validou o sistema (figuras 29 e 30) utilizando plugin próprio para o software AutoCAD da Autodesk.

Figura 29 – Dimensionamento do sistema de 3 bocais feito pela Amanco.



(fonte: Amanco)

Figura 30 – Dimensionamento do sistema de 2 bocais feito pela Amanco.

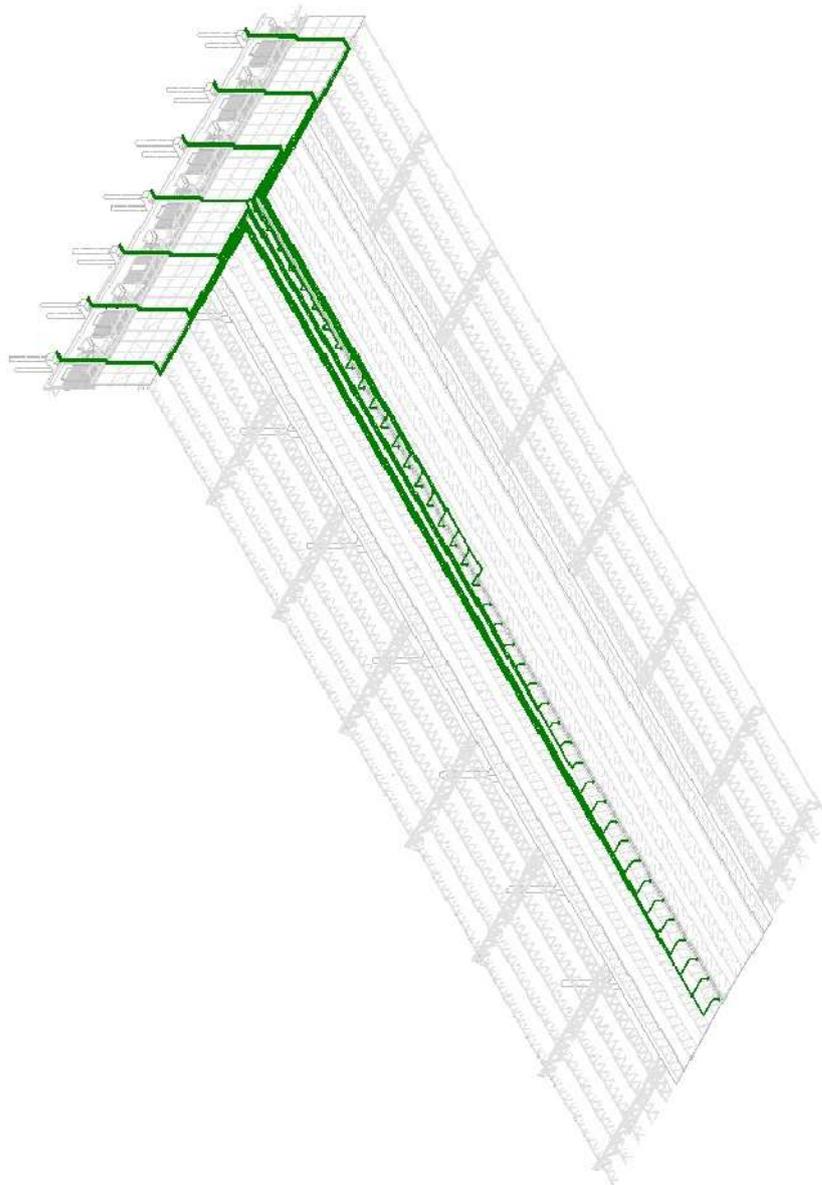


(fonte: Amanco)

Analisando-se o dimensionamento validado pela empresa Amanco pode-se destacar que os valores de diâmetros pré-dimensionados foram considerados superdimensionados pelo software que resultou em um sistema de diâmetros menores. Além disso, obteve-se os diâmetros de saída dos captadores sifônicos e a redução de diâmetro no trecho vertical seguido de um aumento para realizar a descompressão e poder chegar na caixa de descompressão com valores de velocidades aceitáveis.

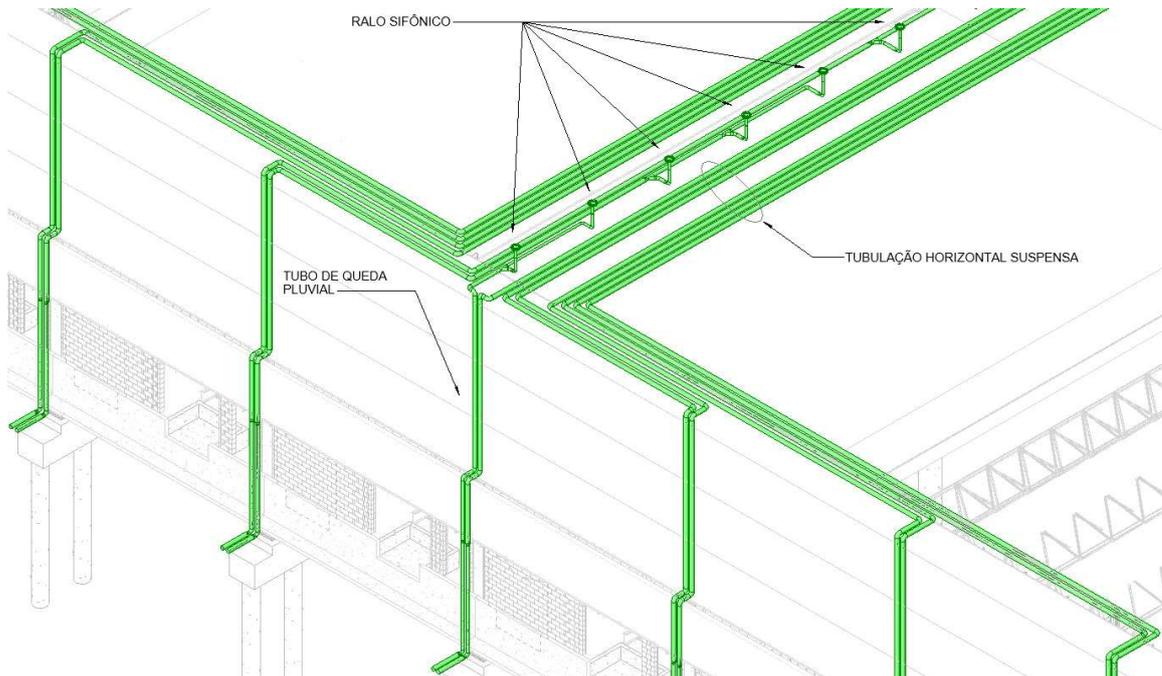
Ao final do dimensionamento projeta-se a seguinte estrutura (figuras 31 a 36):

Figura 31 – Rede de drenagem sifônica dimensionada.



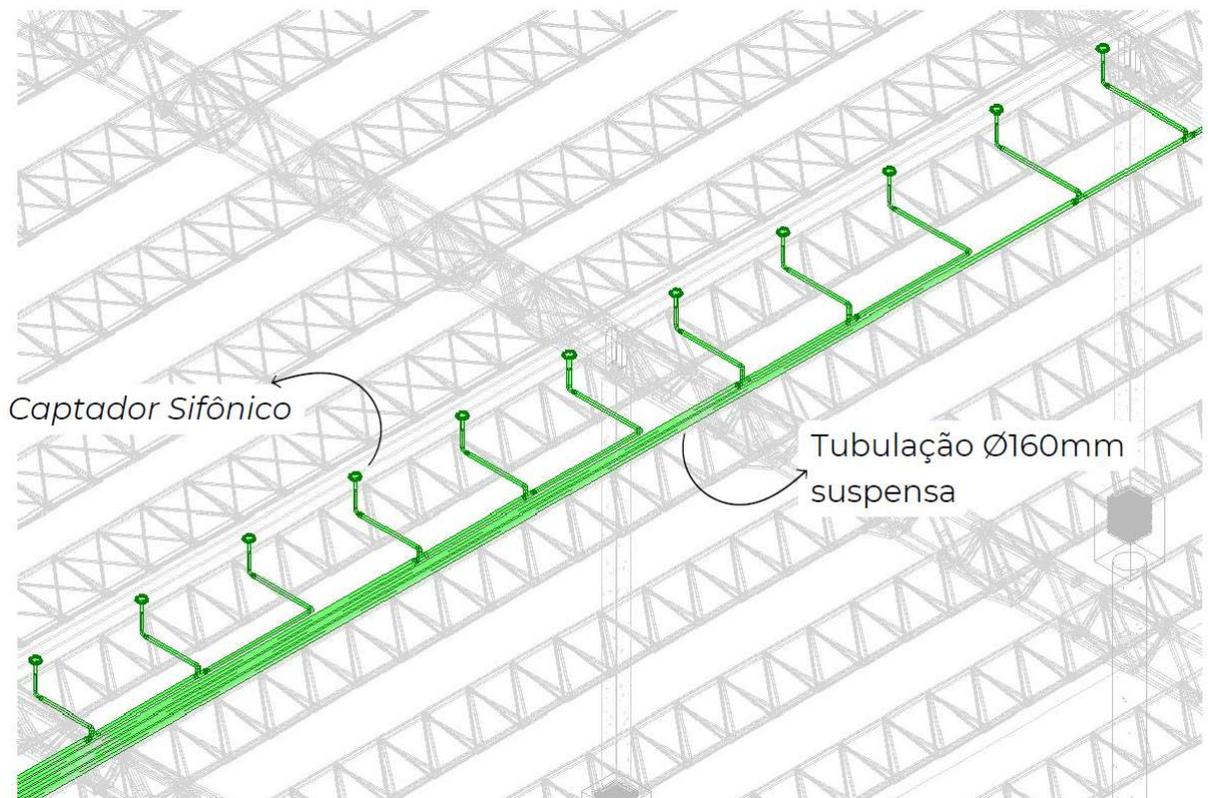
(fonte: Autor)

Figura 32 – Rede de drenagem sifônica dimensionada.



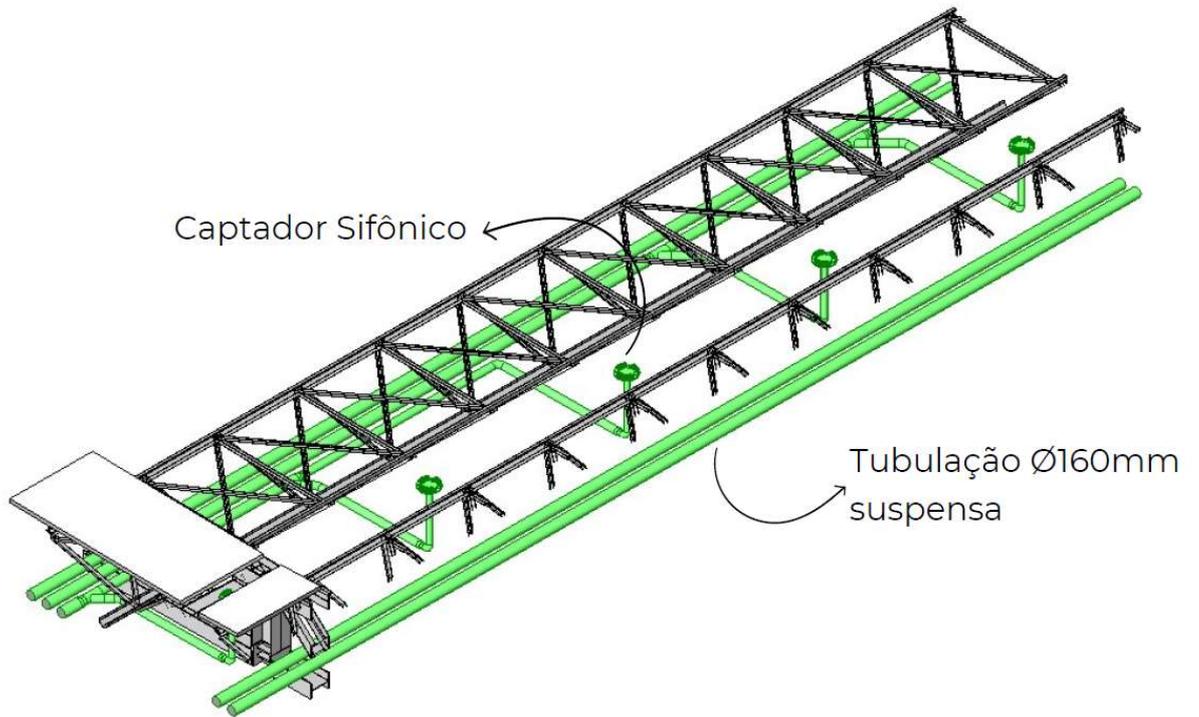
(fonte: Autor)

Figura 33 – Detalhe dos captadores sifônicos e suas ligações nas redes horizontais suspensas.



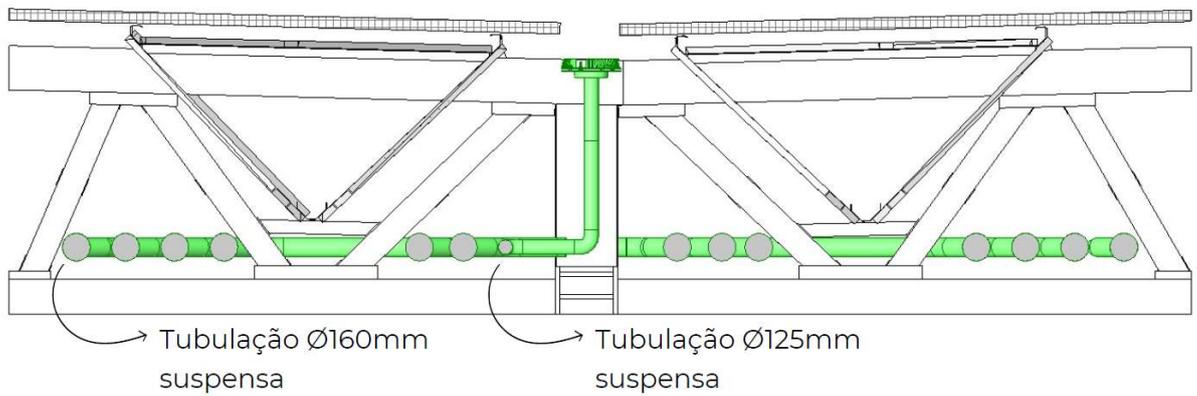
(fonte: Autor)

Figura 34 – Detalhe ampliado da ligação dos captadores sifônicos na rede horizontal suspensa.



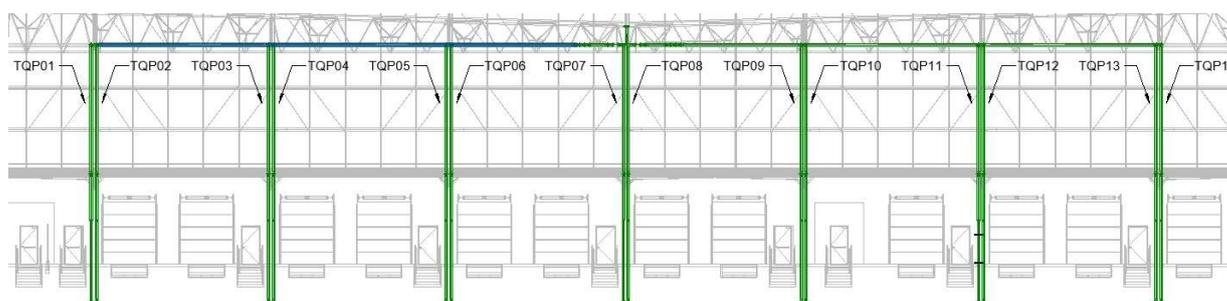
(fonte: Autor)

Figura 35 – Detalhe da distribuição dos tubos sem declividade nas treliças.



(fonte: Autor)

Figura 36 – Vista da fachada da edificação com os tubos de queda pluvial.



(fonte: Autor)

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após o dimensionamento da rede de drenagem pluvial pelos dois sistemas, uma análise técnica-econômica foi feita para identificação dos pontos positivos e negativos de cada metodologia.

A primeira análise a se fazer é em relação ao custo. Em virtude do sistema sifônico ser vendido pela empresa como um pacote completo e fechado, não é possível quantificar o valor de cada sistema para compará-los, assim, essa análise pode ser feita através da comparação do quantitativo de material para cada caso (tabelas 11 e 12). Abaixo é apresentado o quantitativo de cada sistema.

Tabela 11 – Quantitativo sistema convencional.

Descrição	Ângulo	Diâmetro	Quantidade
RALO HEMISFÉRICO	-	300mm	15
JOELHO EM PVC COM JUNTA ELÁSTICA	45°	300mm	27
JOELHO EM PVC COM JUNTA ELÁSTICA	90°	300mm	13
REDUÇÃO EXCÊNTRICA EM PVC COM JUNTA ELÁSTICA	-	350mm - 300mm	8
JOELHO EM PVC COM JUNTA ELÁSTICA	45°	350mm	40
JOELHO EM PVC COM JUNTA ELÁSTICA	90°	350mm	61
JUNÇÃO EM PVC COM JUNTA ELÁSTICA	45°	350mm-350mm-300mm	7
JOELHO SOLDÁVEL EM PVC, LINHA MARROM	90°	75mm	32
TUBULAÇÃO PVC	-	300mm	115m
TUBULAÇÃO PVC	-	350mm	802m
TUBULAÇÃO PVC	-	75mm	26m

(fonte: Autor)

Tabela 12 – Quantitativo sistema sifônico.

Descrição	Ângulo	Diâmetro	Quantidade
RALO SIFÔNICO	-	30mm	41
JOELHO EM PVC-U	90°	80mm	42
REDUÇÃO EXCÊNTRICA EM PVC-U	-	100mm-80mm	40
JOELHO EM PVC-U	90°	100mm	41
REDUÇÃO EXCÊNTRICA EM PVC-U	-	125mm-80mm	1
REDUÇÃO EXCÊNTRICA EM PVC-U	-	125mm-100mm	14
JOELHO EM PVC-U	90°	125mm	17
JUNÇÃO EM PVC-U	-	125mm-125mm-100mm	27
REDUÇÃO EXCÊNTRICA EM PVC-U	-	160mm-100mm	1
REDUÇÃO EXCÊNTRICA EM PVC-U	-	160mm-125mm	39
JOELHO EM PVC-U	90°	160mm	64
TUBULAÇÃO PVC-U	-	80mm	52m
TUBULAÇÃO PVC-U	-	100mm	133m
TUBULAÇÃO PVC-U	-	125mm	117m
TUBULAÇÃO PVC-U	-	160mm	1338m

(fonte: Autor)

Analisando-se os dois quantitativos apresentados visualiza-se que o sistema convencional utilizará 203 peças hidrossanitárias e 943 metros de tubo enquanto que o sistema QuickStream precisará de 327 peças e 1640 metros de tubo, logo o sistema convencional nesse caso é mais viável economicamente já que o sistema sifônico costuma apresentar peças mais caras que o convencional. Contudo, a definição exata da melhor solução financeira passa, inevitavelmente, pela cotação com cada empresa executora, de forma a quantificar, também, os custos relacionados com mão de obra.

Conduzindo-se uma análise comparativa técnica entre os dois sistemas, um primeiro ponto a se destacar é a inexistência de declividade do sistema sifônico que possibilitou a utilização do pé direito do empreendimento por completo sendo a tubulação colocada apoiada nas treliças enquanto que no sistema convencional o pé direito útil solicitado foi respeitado também, porém foi preciso utilizar-se uma declividade abaixo da recomendada pela norma para o TQP08. Ambos sistemas, nesse caso, cumpriram com o solicitado, porém o convencional precisou utilizar uma declividade menor que 0,5% que poderá acarretar problemas de manutenção futuros principalmente de limpeza, ao contrário do sistema sifônico que é autolimpante.

Além disso, outro ponto a se considerar é o peso que a tubulação vai solicitar na estrutura metálica. Segundo o catálogo técnico Amanco Linha Infraestrutura (2011) o escoamento de águas pluviais em grandes diâmetros recomenda-se a utilização da

Linha Amanco Colefort, pois possui um melhor desempenho mecânico, maior durabilidade e compatibilidade de diâmetros. Segundo o catálogo virtual da empresa 6 metros de tubo de 300mm pesam 68,049 kg (figura 37), ou seja, 11,34 kg/m e 6 metros do tubo de 350mm pesam 86,648 kg (figura 38), ou seja, 14,441 kg/m.

Figura 37 – Informações do tubo de PVC Colefort da Amanco de 300mm de diâmetro.

Características	
Embalagem (UR)	1
EAN Unitário	7891960790734
NCM	39172300
Peso Unitário (G)	68049,417
Comprimento (mm)	6.000,000
Largura (mm)	355,300



(fonte: Catálogo Virtual da Amanco)

Figura 38 – Informações do tubo de PVC Colefort da Amanco de 350mm de diâmetro.

Características	
Embalagem (UR)	1
EAN Unitário	7891960897884
NCM	39172300
Peso Unitário (G)	86647,854
Comprimento (mm)	?
Largura (mm)	?



(fonte: Catálogo Virtual da Amanco)

Já um tubo vazio de 150mm (diâmetro suficiente para escoar o mesmo que o tubo de 350mm apresentado acima) de ferro fundido do sistema EPAMS da empresa PAM SAINT-GOBAIN pesa 13,6 kg/m, de acordo com a figura 39.

Figura 39 – Informações dos tubos de ferro fundido EPAMS.

DN (mm)	SMU		
	Peso por metro linear		
	Tubo vazio	Água	Tubo cheio
50	4,2	2,0	6,2
75	6,1	4,4	10,5
100	8,1	7,9	16,0
125	11,4	12,3	23,7
150	13,6	17,7	31,3
200	22,5	31,4	53,9

(fonte: Guia Técnico EPAMS, Saint-Gobain PAM)

Por fim, segundo o material apresentado na reunião técnica realizada no dia 09/03/2023 um tubo de 160mm de PVC-U cheio de água pesa cerca de 21,2 kg/m, conforme figura 40.

Figura 40 – Informações dos tubos de PVC-U QuickStream.

Tubo cheio de água:

Diâmetro tubo (mm)	40	50	63	80	100	125	160	200
Peso/ m (kg/m)	1,8	2,6	3,8	5,7	8,6	13,1	21,2	33,0

(fonte: Reunião técnica Amanco)

Considerando-se a massa específica da água como 997 kg/m^3 percebe-se que a opção pelo sistema QuickStream seria a mais indicada caso a estrutura do telhado não estivesse preparada para receber a carga extra proveniente do sistema de drenagem pluvial evitando-se gastos com reforço da estrutura, pois o peso ficará, além de mais leve, melhor distribuído já que um tubo de PVC de 350mm cheio teria o peso maior que 5 tubos de PVC-U de 160mm, conforme tabela 13.

Tabela 13 – Comparativo dos pesos de cada sistema.

Tipo	Peso Tubo Cheio de Água
Convencional 350mm (PVC Colefort)	114,14 kg/m
EPAMS 150mm (Ferro Fundido)	31,3 kg/m
QuickStream 160mm (PVC-U)	21,2 kg/m

(fonte: Autor)

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo analisar as características do sistema de drenagem pluvial sifônica, avaliando sua funcionalidade e efetividade em um galpão industrial localizado na cidade de Montes Claros/MG. O dimensionamento da estrutura foi realizado através da NBR 10844 (ABNT, 1989) para o método convencional e através das diretrizes de dimensionamento da Amanco Quickstream para o método sifônico.

Os resultados obtidos demonstraram que a drenagem pluvial sifônica é um sistema adequado para contornar os desafios de escoamento de água encontrados na edificação avaliada. As vantagens encontradas em relação à drenagem convencional como a facilidade do sistema em adaptar-se a arquitetura do local, a inexistência de declividade e a redução do peso total na estrutura foram comprovadas pelos dados coletados no trabalho, com exceção da quantidade de materiais e conseqüentemente do custo que apresentou um valor mais elevado.

Em relação ao custo, algumas alternativas poderiam ter sido implementadas no dimensionamento do sistema para se obter um custo menor. Se o escoamento pudesse ser feito para qualquer um dos lados da edificação ou se pudesse ser feito pelo piso da edificação o resultado seria uma melhor distribuição das descidas de água. Estas alternativas reduziriam, por exemplo, os 1338m de tubo de 160mm de PVC-U e conseqüentemente o custo final da obra, além de reduzir o excesso de peso na estrutura metálica do telhado.

Outro aspecto relevante é que o dimensionamento do sistema QuickStream possui um escoamento máximo por rede de 100 L/s, não sendo ideal, pois acabou gerando 14 sistemas separados, enquanto que se a vazão máxima fosse maior o número de sistemas poderia ser reduzido e conseqüentemente a quantidade de material também. A empresa Geberit, por exemplo, apresenta uma vazão máxima por sistema de 200 L/s que poderia apresentar um resultado mais interessante para o problema, diminuindo a quantidade de sistemas necessários para escoar toda vazão. A escolha pelo dimensionamento através do sistema QuickStream se deu pela maior disponibilização de dados para o dimensionamento. A empresa detentora dessa tecnologia, a empresa Amanco, acredita que até o final do ano de 2023 estará, junto

com as outras empresas que oferecem o sistema sifônico, atualizando a NBR10844, adicionando-se este sistema e junto com ele, informações que facilitarão o dimensionamento pelos engenheiros. A atualização da norma técnica brasileira poderá trazer consigo ainda uma redução dos preços impraticáveis no momento.

Outro aspecto relevante que deve ser considerado na hora de se avaliar o uso ou não do sistema sifônico é a sua facilidade em desviar das outras estruturas e a sua facilidade de adaptar-se a arquitetura dos ambientes contribuindo com a parte estética da estrutura que, apesar de ser difícil de mensurar, dependendo da obra, pode ser um ponto bem importante.

Com o aumento da urbanização e o crescimento das cidades, a drenagem pluvial sifônica se torna uma solução eficiente para lidar com o escoamento das águas de chuva. Para o estudo de caso apresentado este método apresentou vantagens em relação à drenagem convencional, como a economia de espaço e eficiência na evacuação das águas pluviais, visto que há uma maior vazão no sistema sifônico para o mesmo diâmetro quando comparado com o sistema convencional e o peso reduzido do sistema evitando-se gastos com reforço da estrutura metálica do telhado e segurança e economia para o projeto. Portanto, conclui-se que para o estudo de caso apresentado o sistema mais indicado seria o sistema sifônico.

Por fim, é possível concluir que a drenagem pluvial sifônica é uma alternativa sustentável e eficiente para a gestão de águas pluviais em áreas urbanas. Seu uso pode contribuir para a redução de enchentes, proteção das áreas urbanas e melhoria da qualidade de vida da população. É importante, portanto, incentivar a adoção desse sistema nas políticas de planejamento urbano e investir em pesquisa e desenvolvimento para aprimorar ainda mais essa tecnologia.

Para trabalhos futuros sugere-se que esta mesma edificação seja dimensionada pelo método de dimensionamento das empresas Saint-Gobain e Geberit para obter-se uma comparação final entre todas as opções.

REFERÊNCIAS

- AMANCO LINHA INFRAESTRUTURA (2011). **Catálogo Técnico**. Disponível em: https://api.aecweb.com.br/cls/catalogos/amanco/amanco_catalogo_infraestrutura_2011.pdf. Acesso em 24 mar. 2023.
- AMANCO QUICKSTREAM (2019). **Manual Técnico**. Disponível em: <https://www.wavin.com/pt-br/manuais-tecnicos/predial>. Acesso em 03 fev. 2023.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM F 2021-2006**: Standard guide for design and installation of plastic siphonic roof drainage systems. West Conshohocken: ASTM, 2006.
- AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. **ASME A112.6.9-2005. Siphonic roof drains**. New York: ASME, 2005.
- AMERICAN SOCIETY OF PLUMBING ENGINEERS. **ASPE 45:2018**: Siphonic roof drainage. Rosemont: ASPE, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.
- ASTRA. **Tipos de calhas: saiba qual a diferença e como escolher**. Blog Astra. 2021. Disponível em: <https://www.wavin.com/pt-br>. Acesso em 10 dez. 2022.
- ALVES, Luana & PINTO, Eber José. **Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias)**. Projeto Atlas Pluviométrico. Montes Claros, 2015.
- AZEVEDO NETTO, J. M; ARAÚJO, R. (1998). **Manual de hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1998.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTE. **BS 8490:2007**: Guide to siphonic roof drainage systems. London: BSI, 2007.
- BS EN 12056-3:2000. **Gravity drainage systems inside buildings. Roof drainage, layout and calculation**. Londres, 2000.
- BS EN 1253-1:2015. **Gullies for buildings. Part 1: Requirements**. Londres, 2015.
- DEPARTAMENT OF PLANNING AND LOCAL GOVERNMENT. Siphonic roofwater systems. In: Department of Planning and Local Government. **Water sensitive urban design technical manual for the Greater Adelaide Region**. Adelaide: Government of South Australia, 2010, cap. 16, p. 16-42.
- EM 12056-3:2000. **Gravity drainage systems inside buildings. Roof drainage, layout and calculation**. 2000. Londres, UK.
- FERNANDES, Carlos (2018). **HISTÓRIA DOS SISTEMAS DE DRENAGEM PLUVIAL**. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/hist%C3%B3ria-dos-sistemas-de-drenagem-pluvial-carfermed-pb>. Acesso em 24 jan. 2023.

FREITAS, Thiago De Oliveira Veloso; REIS, Ricardo Prado Abreu (2019). **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMA SIFÔNICO E CONVENCIONAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL**. São Paulo, 2019.

GEBERIT PLUVIA (2007). **The siphonic roof drainage system**. Catálogo. Acesso em 10 jan. 2023.

GHISI, E; GUGEL, E. C. **Instalações prediais de águas pluviais**. Universidade Federal de Santa Catarina. 2005. Acesso em 10 dez. 2022.

GUERRA, G; COELHO, R. **Instalação de sistema antivórtice de captação e drenagem de águas pluviais**. Revista Técnica, p. 50-54, 2015. Disponível em: <https://www.sgpam.com.br/artigos/epams-sistema-antivortice-de-captacao-e-drenagem-de-aguas-pluviais>. Acesso em 13 jan. 2023.

HERNANDEZ, L. C; SZIGETHY, L. **Controle de Enchentes**. Artigo. 2021. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/231-controle-de-enchentes>. Acesso em 12 abr. 2023.

MAY, RWP; ESCARAMEIA, M. (1996). **Performance of siphonic drainage systems for roof gutters**. Report No SR 463, HR Wallingford.

MUCILLO, Emanuela. **Pré-Dimensionamento QuickStream**. Apresentação de slides. Reunião técnica da empresa Amanco, Porto Alegre, 09 de março de 2023.

PEREIRA, João Pedro Dias de Nunes (2012). **Sistemas Prediais Não Tradicionais de Drenagem de Águas Residuais Pluviais: sistemas sifônicos ou em pressão**. 2012. 96 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012.

PFAFSTETTER, Otto (1957). **Chuvas intensas no Brasil: relação entre precipitação, duração e frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos**. Rio de Janeiro: DNOCS.

PINTO, E. J. A. **Metodologia para definição das equações Intensidade-Duração-Frequência do Projeto Atlas Pluviométrico**. CPRM. Belo Horizonte. Mar., 2013.

RICHERS, S.S (2018). **Sistema sifônico de drenagem de águas pluviais em grandes coberturas**. Estudo de caso. 2018. Dissertação de Mestrado – IPT.

RICHERS, S.S; SOWMY, D. S. **A importância do dimensionamento da calha interna de grandes coberturas**. PARC Pesq. Em Arquit. E Constr. Campinas, SP. 2021.

SAINT-GOBAIN CANALIZAÇÕES EPAMS (2010). **Drenagem pluvial por sistema antivórtice**. Catálogo. Disponível em: <https://www.sgpam.com.br/downloads/catalogos#download-box>. Acesso em 13 jan. 2023.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. **VDI 3806:2000**: Roof drainage with siphonic system. April 2000.

WAVIN AMANCO. **Catálogo Virtual**. Disponível em: <https://www.wavin.com/pt-br>. Acesso em 24 mar. 2023.

ANEXO A

Tabela 5 de Chuvas Intensas no Brasil da NBR 10844 / (ABNT, 1989).

ANEXO - Tabela 5

Tabela 5 - Chuvas intensas no Brasil (Duração - 5min)

Local	Intensidade pluviométrica (mm/h)		
	período de retorno (anos)		
	1	5	25
1 - Alegrete/RS	174	238	313 (17)
2 - Alto Itatiaia/RJ	124	184	240
3 - Alto Tapajós/PA	168	229	287 (21)
4 - Alto Teresópolis/RJ	114	137 (3)	-
5 - Aracaju/SE	116	122	126
6 - Avaré/SP	115	144	170
7 - Bagé/RS	126	204	234 (10)
8 - Barbacena/MG	156	222	265 (12)
9 - Barra do Corda/MA	120	128	152 (20)
10 - Bauru/SP	110	120	148 (9)
11 - Belém/PA	138	157	185 (20)
12 - Belo Horizonte/MG	132	227	230 (12)
13 - Blumenau/SC	120	125	152 (15)
14 - Bonsucesso/MG	143	196	-
15 - Cabo Frio/RJ	113	146	218
16 - Campos/RJ	132	206	240
17 - Campos do Jordão/SP	122	144	164 (9)
18 - Catalão/GO	132	174	198 (22)
19 - Caxambu/MG	106	137 (3)	-
20 - Caxias do Sul/RS	120	127	218
21 - Corumbá/MT	120	131	161 (9)
22 - Cruz Alta/RS	204	246	347 (14)
23 - Cuiabá/MT	144	190	230 (12)
24 - Curitiba/PR	132	204	228
25 - Encruzilhada/RS	106	126	158 (17)
26 - Fernando de Noronha/FN	110	120	140 (6)
27 - Florianópolis/SC	114	120	144
28 - Formosa/GO	136	176	217 (20)
29 - Fortaleza/CE	120	156	180 (21)
30 - Goiânia/GO	120	178	192 (17)
31 - Guaramiranga/CE	114	126	152 (19)
32 - Iraí/RS	120	198	228 (16)
33 - Jacarezinho/PR	115	122	146 (11)
34 - João Pessoa/PB	115	140	163 (23)
35 - Juaretê/AM	192	240	288 (10)
36 - km 47 - Rodovia Presidente Dutra/RJ	122	164	174 (14)
37 - Lins/SP	96	122	137 (13)
38 - Maceió/AL	102	122	174
39 - Manaus/AM	138	180	198
40 - Natal/RN	113	120	143 (19)
41 - Nazaré/PE	118	134	155 (19)
42 - Niterói/RJ	130	183	250
43 - Nova Friburgo/RJ	120	124	156
44 - Olinda/PE	115	167	173 (20)
45 - Ouro Preto/MG	120	211	-
46 - Paracatu/MG	122	233	-
47 - Paranaguá/PR	127	186	191 (23)
48 - Paratins/AM	130	200	205 (13)
49 - Passa Quatro/MG	118	180	192 (10)
50 - Passo Fundo/RS	110	125	180
51 - Petrópolis/RJ	120	126	156
52 - Pinheiral/RJ	142	214	244
53 - Piracicaba/SP	119	122	151 (10)
54 - Ponta Grossa/PR	120	126	148

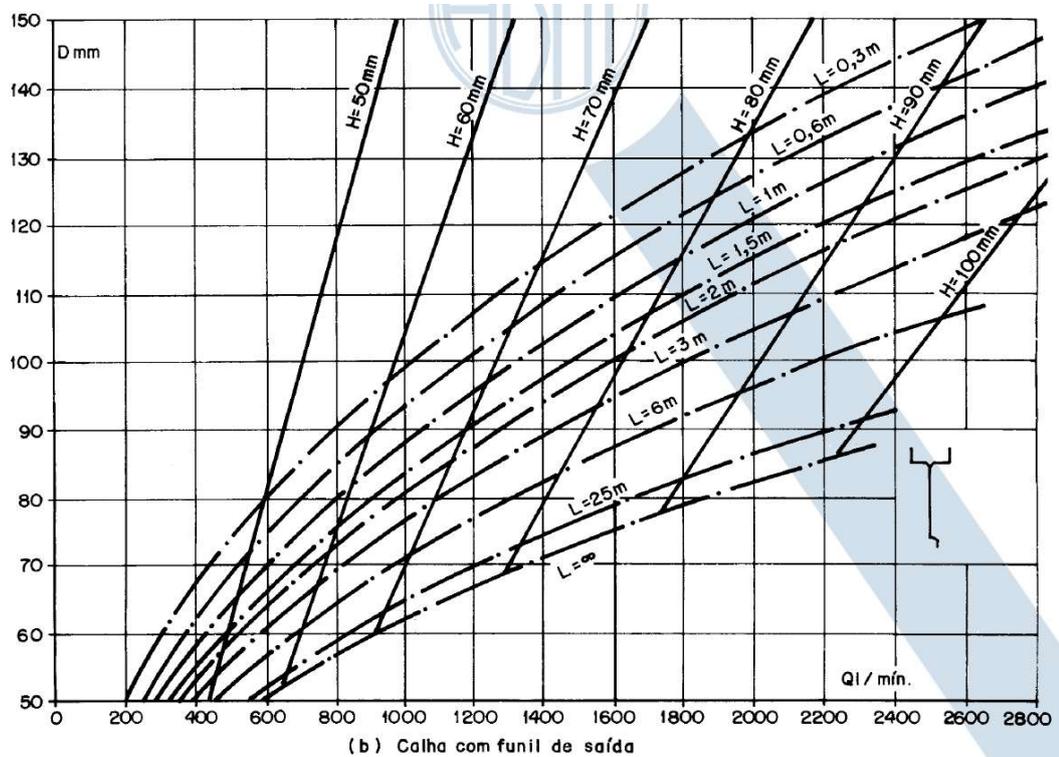
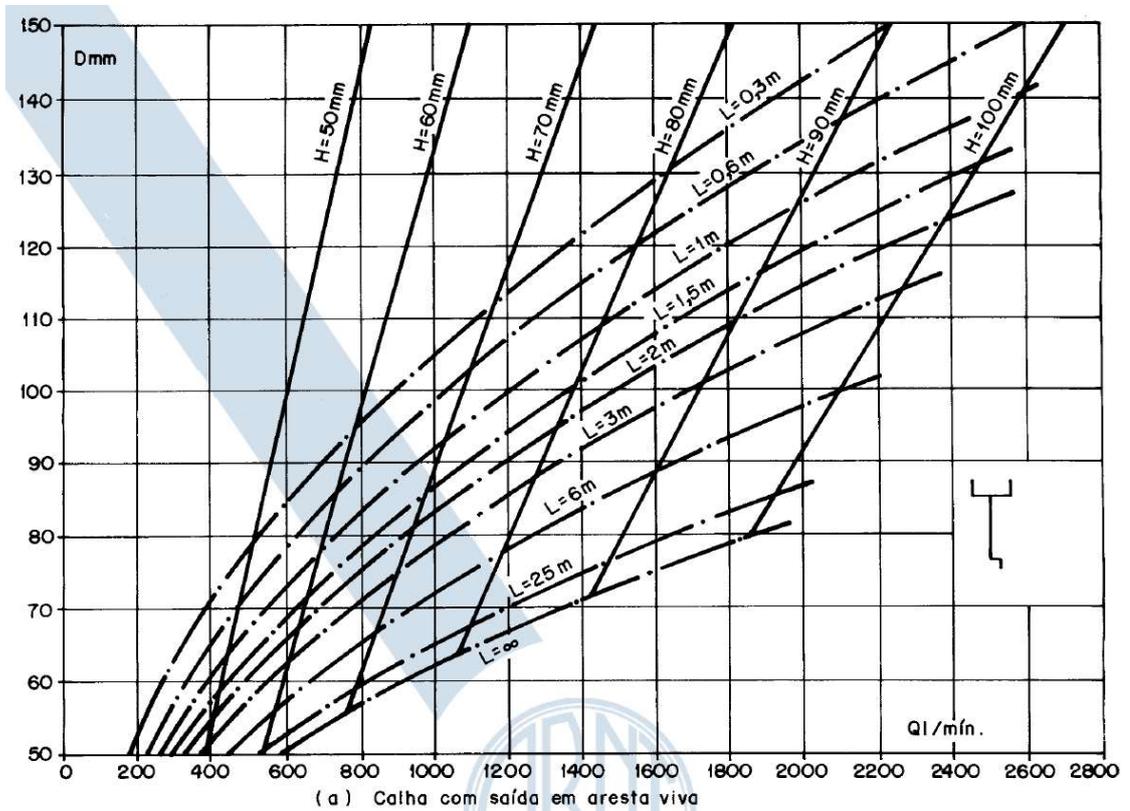
Local	Intensidade pluviométrica (mm/h)		
	período de retorno (anos)		
	1	5	25
55 - Porto Alegre/RS	118	148	167 (21)
56 - Porto Velho/RO	130	167	184 (10)
57 - Quixeramobim/CE	115	121	126
58 - Resende/RJ	130	203	264
59 - Rio Branco/AC	128	139 (2)	-
60 - Rio de Janeiro/RJ (Bangu)	122	156	174 (20)
61 - Rio de Janeiro/RJ (Ipanema)	119	125	160 (15)
62 - Rio de Janeiro/RJ (Jacarepaguá)	120	142	152 (6)
63 - Rio de Janeiro/RJ (Jardim Botânico)	122	167	227
64 - Rio de Janeiro/RJ (Praça XV)	120	174	204 (14)
65 - Rio de Janeiro/RJ (Praça Saenz Peña)	125	139	167 (18)
66 - Rio de Janeiro/RJ (Santa Cruz)	121	132	172 (20)
67 - Rio Grande/RS	121	204	222 (20)
68 - Salvador/BA	108	122	145 (24)
69 - Santa Maria/RS	114	122	145 (16)
70 - Santa Maria Madalena/RJ	120	126	152 (7)
71 - Santa Vitória do Palmar/RS	120	126	152 (18)
72 - Santos/SP	138	198	240
73 - Santos-Itapema/SP	120	174	204 (21)
74 - São Carlos/SP	120	178	161 (10)
75 - São Francisco do Sul/SC	118	132	167 (18)
76 - São Gonçalo/PB	120	124	152 (15)
77 - São Luiz/MA	120	126	152 (21)
78 - São Luiz Gonzaga/RS	158	209	263 (21)
79 - São Paulo/SP (Congonhas)	122	132	-
80 - São Paulo/SP (Mirante Santana)	122	172	191 (7)
81 - São Simão/SP	116	148	175
82 - Sena Madureira/AC	120	160	170 (7)
83 - Sete Lagoas/MG	122	182	281 (19)
84 - Soure/PA	149	162	212 (18)
85 - Taperinha/PA	149	202	241
86 - Taubaté/SP	122	172	208 (6)
87 - Teófilo Otoni/MG	108	121	154 (6)
88 - Teresina/PI	154	240	262 (23)
89 - Teresópolis/RJ	115	149	176
90 - Tupi/SP	122	154	-
91 - Turiaçu/MG	128	162	230
92 - Uaupés/AM	144	204	230 (17)
93 - Ubatuba/SP	122	149	184 (7)
94 - Uruguaiana/RS	120	142	161 (17)
95 - Vassouras/RJ	125	179	222
96 - Viamão/RS	114	126	152 (15)
97 - Vitória/ES	102	156	210
98 - Volta Redonda/RJ	156	216	265 (13)

Notas: a) Para locais não mencionados nesta Tabela, deve-se procurar correlação com dados dos postos mais próximos que tenham condições meteorológicas semelhantes às do local em questão.

(fonte: NBR 10844:1989)

ANEXO B

Ábacos de dimensionamento dos condutores verticais.



(fonte: NBR 10844:1989)