

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**HENRIQUE HELIO GARCIA**

**CALHAS: ESTUDO DE CASO EM UMA RESIDÊNCIA NA CIDADE DE CAMPO  
MOURÃO - PR.**

**CAMPO MOURÃO - PR**

**2023**

**HENRIQUE HELIO GARCIA**

**CALHAS: ESTUDO DE CASO EM UMA RESIDÊNCIA NA CIDADE DE CAMPO  
MOURÃO - PR.**

**Gutters: an case study in a residence in the city of Campo Mourão – PR.**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Prof. Me. Roberto Widerski.

**CAMPO MOURÃO - PR**

**2023**



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**HENRIQUE HELIO GARCIA**

**CALHAS: ESTUDO DE CASO EM UMA RESIDÊNCIA NA CIDADE DE CAMPO  
MOURÃO - PR.**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação  
apresentada como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Civil da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Data de aprovação: 19 / 06 / 2023.

---

Roberto Widerski  
Mestrado em Engenharia Civil  
UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
**Orientador**

---

Helton Rogério Mazzer  
Doutorado em Agronomia  
UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Evandro Luis Volpato  
Especialização em Informática Aplicada a  
Educação UTFPR - Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná

**CAMPO MOURÃO - PR**  
**2023**

## RESUMO

GARCIA, Henrique Helio. Patologias em calhas: Estudo de caso sobre os problemas na captação de águas pluviais. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2023.

Os sistemas de captação de águas pluviais são de suma importância para evitar futuros problemas nas edificações. As calhas, por sua vez, fazem parte deste sistema sendo as receptoras da água da chuva, em razão disso, a principal patologia que as envolvem são as infiltrações. Partindo dessas considerações, neste trabalho, utilizaremos como referência a norma NBR 10844/1989, a qual determina critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, visando garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, durabilidade e economia. Para isso, utilizaremos análise in loco, que foi registrado através de fotografias de uma residência localizada em Campo Mourão-PR, a fim de analisar as patologias e identificar possíveis soluções. Consideraremos, portanto, discutir sobre a importância do planejamento, execução e do dimensionamento das calhas, com a finalidade de prevenir eventuais transtornos.

Palavras-chave: Calhas; Patologias; Infiltração; Registros Fotográficos.

## **ABSTRACT**

GARCIA, Henrique Helio. Pathologies in gutters: A case study on issues in rainwater collection. 2023. Undergraduate Thesis (Bachelor's Degree in Civil Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Campo Mourão, 2023.

Rainwater capture systems are crucial for preventing future problems in buildings. Gutters, which serve as rainwater collectors, are a key component of this system. Infiltration, the main pathology affecting them, is the primary issue. Based on these considerations, this study will utilize NBR 10844/1989 standard, which establishes criteria necessary for drainage system projects, ensuring acceptable functionality, durability, and economy. To achieve this, we will use photographic records of a residence located in Campo Mourão-PR, to analyze pathologies and identify potential solutions. We will also discuss the importance of planning, execution, and dimensioning of gutters to prevent potential issues.

Keywords: Gutters; Pathologies; Infiltration; Photographic Records.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bitolas e espessuras comerciais de chapas galvanizadas. ....	10
Figura 2 – Calha retangular instalada em platibanda.....	11
Figura 3 - Calha de PVC seção semicircular.....	12
Figura 4 - Calha com seção em V. ....	13
Figura 5 - Exemplos de suportes para fixação de calhas. ....	13
Figura 6 - Exemplos de linha completa para instalação das calhas.....	14
Figura 7 - Esquema de instalação de grelha hemisférica na tomada d'água de condutor vertical ao fundo da calha.....	15
Figura 8 - Superfície inclinada. ....	17
Figura 9 - Ilustração da calha retangular para cálculo do raio hidráulico.....	19
Figura 10 - Projeto do telhado tomado como exemplo.....	21
Figura 11 - Geometria do telhado tomado como exemplo.....	21
Figura 12 - Desenho esquemático da calha utilizada em questão.....	23
Figura 13 - Corte A seção longitudinal.....	24
Figura 14 - Seção transversal B1 (estágio inicial).....	25
Figura 15 - Seção transversal B2 (estágio atual).....	25

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Calha retangular instalada.....	12
Fotografia 2 - Calha com corrosão e acumulo de lodo.....	26
Fotografia 3 - Posição exato da cedência.....	26
Fotografia 4 - Infiltrações ocasionadas pela cedência da calha.....	27
Fotografia 5 - Ralo da calha.....	28

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Indicação dos coeficientes de rugosidade dos materiais. ....	18
Quadro 2 - Capacidade das calhas semicirculares. ....	19
Quadro 3 - Intensidade pluviométrica da cidade de Campo Mourão – PR.....	22
Quadro 4 - Visão geral das etapas construtivas.....	28
Quadro 5 - Resultado das vazões nos três períodos. ....	29



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IAP	Instituto das Águas do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Normas Brasileiras
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
PVC	Policloreto de Vinila
PR	Paraná
IDF	Intensidade duração e frequência

## LISTA DE SÍMBOLOS

Mm	Milímetros
°C	Graus Celsius
%	Porcentagem
m <sup>2</sup>	Metros Quadrados
mm/h	Milímetros por hora
L/min	Litros por minuto
M	Metro
m/m	Metro por metro
m <sup>3</sup> /s	Metro cubico por segundo
°	Graus
Cm	Centímetro

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2</b>	<b>Justificativa.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Patologias .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>Calhas.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3</b>	<b>Tipos de Calhas .....</b>	<b>10</b>
<b>2.4</b>	<b>Seções das Calhas .....</b>	<b>11</b>
<b>2.5</b>	<b>Instalação .....</b>	<b>13</b>
<b>2.6</b>	<b>Dimensionamento .....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>30</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um bem essencial para a vida dos seres humanos. Através das chuvas conseguimos captar, armazenar, tratar e reutilizar para benefícios próprios. Segundo o IAP (Instituto das Águas do Paraná) chove anualmente, em média, 1700mm de água em todo o Paraná.

Para captar a água da chuva utilizamos o telhado residencial, juntamente com a colocação de calhas que o destinam para armazenamento. Porém, muitos problemas ocorrem com a utilização indevida, má instalação ou dimensionamento incorreto das calhas residenciais.

A parte superior das edificações, destinada a proteção das intempéries, deve ser pensada e analisada no projeto. Para garantir a eficiência da cobertura, a responsabilidade cabe a engenheiros e arquitetos. Com isso, o presente trabalho discute sobre a importância do planejamento e dimensionamento das calhas, com a finalidade de prevenir eventuais transtornos.

Essa responsabilidade se aplica também às patologias, ou seja, aos problemas ou defeitos que uma construção pode apresentar. Segundo Verçozza (1991) quando identificadas as causas dessas patologias, é possível reduzir erros no processo de construção para que elas não se manifestem.

As calhas são os canais que recolhem a água de coberturas, terraços e similares e a conduzem a um ponto de destino. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1981). No entanto, as calhas podem apresentar, com frequência, vazamentos e transbordamento de água das chuvas, ocasionando infiltrações na parte interna da cobertura.

Há uma variedade de patologias causadas pelos condutores de águas pluviais, como: a má instalação dos sistemas de coleta, falta de dimensionamento, utilização de materiais de baixa qualidade, entre outros.

O dimensionamento do sistema de coleta de águas pluviais é exposto na NBR 10844/1989 e o cálculo da vazão de projeto depende do valor das intensidades pluviométricas de cada cidade.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Analisar o desempenho das calhas como parte do sistema de captação de água pluviais apresentando as principais patologias ocorridas e a comparação do dimensionamento da norma NBR 10844/1989.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Examinar qual a principal causa da patologia e apresentá-la por meio de registros fotográficos;
- Verificar na norma de Instalações prediais de águas pluviais, NBR 10844/1989, os processos para o correto dimensionamento de calhas;
- Apresentar possíveis soluções para resolver os eventuais problemas encontrados.

## 1.2 Justificativa

As calhas desempenham um papel muito importante para conservar a construção. Além de aumentar a vida útil, elas evitam infiltrações e prejuízos para o proprietário do imóvel.

Segundo Xavier (2008), a etapa construtiva de cobertura, a qual orça as calhas e rufos, tem o custo de 4% a 8% do valor total da obra, dos quais 1% a 3% são direcionados para canais de escoamento. Dessa forma, o dimensionamento correto desse sistema pode impedir futuros transtornos.

Segundo o IAP, o clima do estado do Paraná é predominantemente subtropical úmido. A temperatura varia entre 14°C e 22°C, e o clima é mais frio na porção sul dos planaltos do interior. As chuvas são mais intensas durante o verão, entre outubro e março, e de menor intensidade entre abril e setembro.

Para realizar a análise do dimensionamento de calhas, seguindo a norma NBR 10844/1989, utilizaremos uma residência unifamiliar de 180m<sup>2</sup> localizada na cidade de Campo Mourão – PR.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Patologias**

Patologia, de acordo com Caporrino (2018, p.44), é a ciência “que estuda as origens, as formas de apresentação, os aspectos e as possíveis soluções de anomalias nas edificações e como evitar que qualquer componente de uma edificação deixe de atender aos requisitos mínimos para os quais foi projetado.”

A patologia das edificações afeta diretamente os edifícios e seus componentes, causando um mal desempenho. A detecção dos defeitos é por meio das manifestações estruturais e estéticas, assim, é possível identificar as origens e as causas presentes na construção. (Cremonni, 1988).

Na construção civil, um dos problemas que manifestam com mais clareza, infiltrações em lajes e paredes são os problemas mais recorrentes na construção civil. Isso ocorre devido a decorrência das patologias presentes nas calhas. Existem dois tipos de problemas, designados simples ou complexos. Para problemas de natureza simples, admite-se uma padronização, podendo ser resolvidos sem que o profissional possua conhecimentos muito avançados. Os de natureza complexa, requerem uma análise pormenorizada do problema, sendo necessário dispor de conhecimentos avançados sobre o tema em questão. (RIPPER; SOUZA, 1998).

### **2.2 Calhas**

As calhas têm como função transportar a água de coberturas, terraços e similares ao seu ponto de destino. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1981).

De acordo com Tomaz (2010), os materiais utilizados para a fabricação das calhas devem resistir a corrosão e a mudança de temperatura, possuir longa durabilidade, boa trabalhabilidade e leveza. São recomendadas chapas galvanizadas, ligas de alumínio, concreto e os polímeros como PVC.

Segundo Ghisi (2005), o modelo mais utilizado de calha é a seção retangular (Figura 2), usada principalmente em platibandas, devido a facilidade de instalação e a praticidade de escoramento e vedação, que ajuda a evitar infiltrações.

### 2.3 Tipos de Calhas

Conforme a NBR 7008-1, no processo de fabricação de chapas e bobinas de aço revestidas com zinco ou liga zinco-ferro, a imersão a quente deve ser realizada de forma contínua. Essa abordagem assegura a uniformidade da camada protetora, mesmo quando a chapa é submetida a processos de dobra. Dessa forma, as propriedades anticorrosivas do material permanecem inalteradas. A Figura 1 apresenta as espessuras mínimas mais utilizadas comercialmente para as chapas de aço galvanizadas. Durante o projeto, é fundamental considerar a relação entre a espessura e o peso das chapas para garantir que a calha não se deforme e tenha um desempenho eficiente. É importante levar em conta o índice de resistência-peso dos materiais utilizados na construção da calha, a fim de assegurar sua durabilidade e funcionalidade.

Figura 1 - Bitolas e espessuras comerciais de chapas galvanizadas.

Bitola MSG	Espessura (mm)	Peso (Kg/m <sup>2</sup> )
32	0,3	2,4
30	0,35	2,8
28	0,43	3,44
26	0,5	4
24	0,65	5,2
22	0,8	6,4
20	0,95	7,6
19	1,11	8,88
18	1,25	10
16	1,55	12,4
14	1,95	15,6
13	2,3	18,4
12	2,7	21,6

Fonte: adaptado de Favaro (2017, p18.)

Segundo a empresa Amanco, referência no assunto, as calhas de PVC possuem um material extremamente versátil que pode ser adaptado a várias necessidades, além de ter uma grande facilidade de instalação, alta resistência a corrosão, preços mais acessíveis que os demais materiais.

De acordo com a NBR 5680/1977, os tubos devem ser fabricados de cloreto de polivinila (PVC) não plastificado, com adição de substâncias e por processo a critério do fabricante.

As calhas de cobre são mais duráveis que as normais devido ao fato do cobre ser altamente resistente à ferrugem e pode suportar longos períodos de intempéries. No entanto, a instalação desse tipo de material requer um profissional



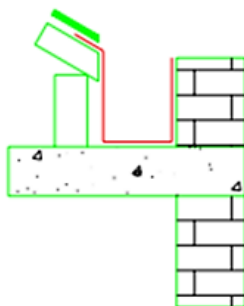
qualificado devido à necessidade de soldas em juntas e cantos. Além disso, as calhas de cobre têm um custo mais elevado do que as calhas de alumínio. (LACERDA, 2009).

## 2.4 Seções das Calhas

As seções das calhas possuem as mais variadas formas, dependendo, das condições impostas pelo projeto arquitetônico e dos materiais empregados em sua confecção (chapas de aço galvanizado, chapas de cobre, PVC rígido, concreto ou alvenaria). (JUNIOR, 2009).

Uma das características que influencia na capacidade de uma calha é sua forma, o formato das calhas vai depender exclusivamente do projeto de arquitetura e dos materiais empregados em sua confecção, como: seção retangular, seção em U e V, seção circular e semicircular. (JUNIOR, 2009).

**Figura 2 – Calha retangular instalada em platibanda.**



**Fonte: GHISI (2005).**

A figura 2 ilustra a posição para a instalação do condutor da água pluvial. Para complementar a instalação, é necessário levar a calha envolvendo a platibanda, a fim de evitar infiltrações no local.

A calha é fabricada sob medida e instalada entre a platibanda e o telhado, como apresentado na Fotografia 1.

**Fotografia 1 – Calha retangular instalada.**



**Fonte: Metal Calhas (2022).**

Segundo Junior (2009), devido à sua superfície lisa, a calha de PVC favorece um melhor escoamento da água, além de evitar o depósito de sujeira em seu interior. Oferecem as vantagens de baixo custo, fácil instalação e manutenção simples.

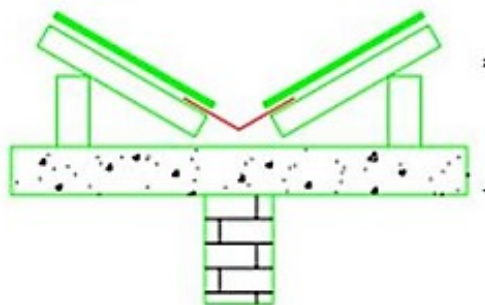
**Figura 3 - Calha de PVC seção semicircular.**



**Fonte: Catálogo AMANCO (2021).**

“As calhas de água-furtada têm inclinação de acordo com o projeto da cobertura.” (NBR 10844, 1989, p.6). Como ilustrado na Figura 4, a calha de seção em V abrange o encontro de duas águas do telhado.

**Figura 4 - Calha com seção em V.**



Fonte: GHISI (2005).

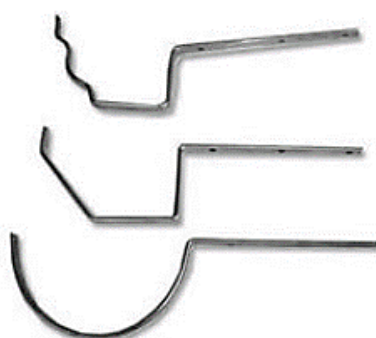
## 2.5 Instalação

A instalação predial de águas pluviais é exclusivamente destinada ao recolhimento e condução das águas pluviais. Não é permitida nenhuma interligação com outras instalações prediais. (NBR 10844, 1989).

Para instalar corretamente as calhas, alguns acessórios são necessários para garantir um bom desempenho, como suportes, conduítes verticais, grades, bandejas pluviais, entre outros, de acordo com o material utilizado. O suporte ajuda na fixação das calhas, garantindo a inclinação ideal e evitando torções devido ao peso da água.

De acordo com as especificações técnicas do fabricante Tigre (2011), existem dois suportes disponíveis para fixação de calhas: PVC e metálico. O espaçamento máximo entre os suportes deve ser de 60cm, seguindo a inclinação do dimensionamento da calha. Conforme demonstrado na figura 5, como exemplo, os suportes são empregados no beiral, garantindo a fixação do condutor na inclinação desejada.

**Figura 5 - Exemplos de suportes para fixação de calhas.**



Fonte: Adaptação do catálogo CALHAFORTE (2023).

Segundo a NBR 10844, as instalações para drenagens de águas pluviais devem obedecer às seguintes exigências:

- a) recolher e conduzir a Vazão de projeto até locais permitidos pelos dispositivos legais;
- b) ser estanques;
- c) permitir a limpeza e desobstrução de qualquer ponto no interior da instalação;
- d) absorver os esforços provocados pelas variações térmicas a que estão submetidas;
- e) quando passivas de choques mecânicos, ser constituídas de materiais resistentes a estes choques;
- f) componentes expostos, utilizar materiais resistentes às intempéries;
- g) nos componentes em contato com outros materiais de construção, utilizar materiais compatíveis;
- h) não provocar ruídos excessivos;
- i) resistir às pressões a que podem estar sujeitas;
- j) ser fixadas de maneira a assegurar resistência e durabilidade.

A NBR 10844 estabelece o dimensionamento desses condutores, entretanto, os fabricantes possuem um papel importante para garantir uma instalação correta. Na transição entre o terminal do condutor e a curva, um silicone é aplicado para vedação, além dos parafusos de fixação. Os condutores verticais são tubos conectados do terminal da calha até o destino final do sistema, definido pelo ponto de conexão com o condutor. Esses condutores são feitos do mesmo material das calhas e são fixados usando braçadeiras a cada dois metros de distância.

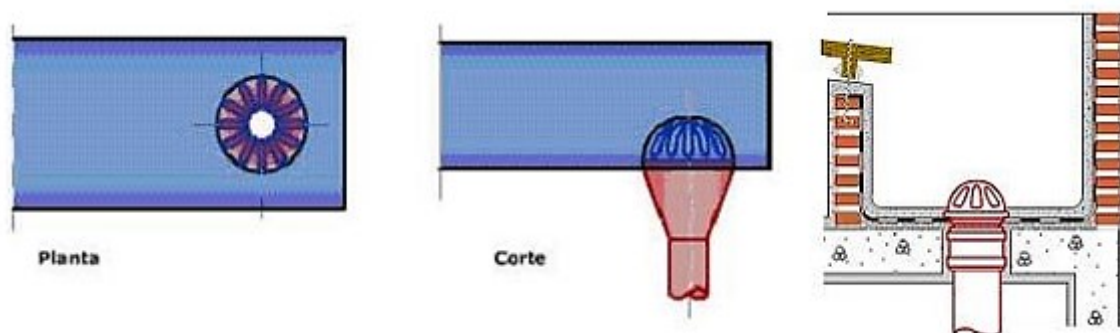
**Figura 6 - Exemplos de linha completa para instalação das calhas.**



Fonte: Adaptação do catálogo CALHAFORTE (2023).

Os ralos hemisféricos (ralos cuja grelha é hemisférica) são elementos de captação tubulares cilíndricos posicionados ao fundo da calha, na embocadura do condutor vertical, dotado ou não de funil de saída. (GNIPPER, 2012). A admissão de água predominantemente radial evita a formação de um vórtice hidráulico (turbulência ou redemoinho) quando o nível da água sobre o ralo atinge uma determinada altura que permite a entrada de ar. O ar arrastado desloca a massa líquida no interior das tubulações, reduzindo a capacidade de transporte, como podemos observar na Figura 7.

**Figura 7 - Esquema de instalação de grelha hemisférica na tomada d'água de condutor vertical ao fundo da calha.**



Fonte: GNIPPER (2012).

## 2.6 Dimensionamento

A NBR 10844 de Instalações Prediais de Águas Pluviais, estabelece diretrizes para o dimensionamento do projeto de instalações de águas pluviais, visando atender objetivos específicos, como: coletar águas das chuvas em locais adequados e permitidos; facilitar a limpeza e desobstrução do sistema de drenagem; garantir o escoamento da água sem gerar ruídos excessivos; e assegurar uma instalação resistente aos choques mecânicos que possam ocorrer na tubulação.

Cada município possui um código específico que proíbe o caimento livre da água dos telhados em prédios com mais de um pavimento ou em terrenos adjacentes. A água coletada pelos telhados deve ser conduzida para os condutores de águas pluviais, vinculados à caixas de areia localizadas no térreo. Apenas a partir desse ponto, a água pode ser lançada aos coletores públicos de águas pluviais. (CREDER, 1995).

De acordo com a NBR 10844, existem algumas considerações específicas no dimensionamento das calhas, como:

- As calhas devem ser feitas de chapas de aço galvanizado, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria;
- Para calhas de beiral ou platibanda, quando a saída estiver a menos de 4 metros de uma mudança de direção;
- O diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular é de 70 mm;
- As coberturas horizontais de laje devem ter declividade mínima de 0,5%, garantindo o escoamento das águas pluviais até os pontos de drenagem previstos;
- As águas pluviais devem ser projetadas sem tolerar transbordamento ao longo da calha, e, quando necessário, extravasores podem ser previstos como medida adicional de segurança;
- Ao identificar risco de obstrução, é essencial considerar múltiplas saídas;
- Ao utilizar condutores horizontais, é altamente recomendável optar por uma inclinação mínima de 0,5%.

Para estabelecer a vazão do projeto de acordo com a norma, é necessário determinar a intensidade pluviométrica, fixar a duração da precipitação e do período de retorno adequado, com base em dados pluviométricos locais, e considerar a variabilidade na análise de risco de inundação. (NBR 10844, 1989).

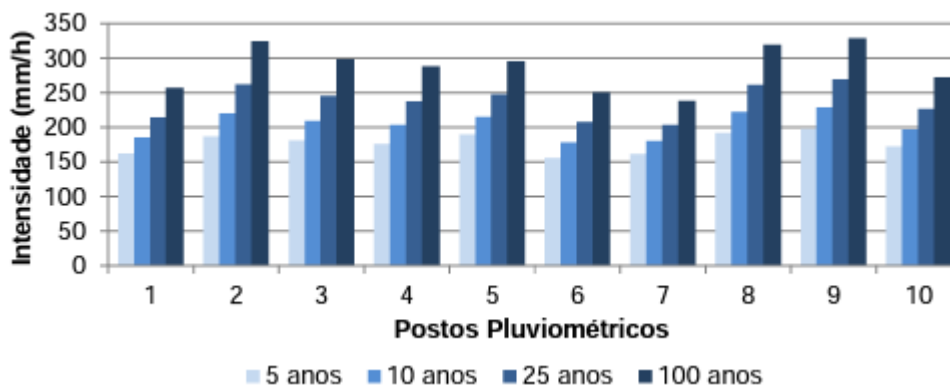
A determinação da intensidade de chuva, necessária para fins de projeto, requer a definição de valores apropriados para a duração da precipitação e o período de retorno. Esses valores são baseados em dados pluviométricos locais.” (NBR 10844, 1989).

Para calcular a intensidade no dimensionamento de calhas, a precipitação deve ser fixada em 5 minutos e, para o período de retorno, deve-se utilizar os valores propostos pela NBR 10844, levando em consideração as características da área a ser drenada:

- T = 1 ano, para áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados;
- T = 5 anos, para coberturas e/ou terraço;
- T = 25 anos, para coberturas e áreas onde empoçamentos ou extravasamentos não possam ser tolerados.

A intensidade de precipitação ( $I$ ) necessária deve ser de 150 mm/h caso o tamanho do projeto horizontal seja menor do que 100 m<sup>2</sup>. Se a área superar 100 m<sup>2</sup>, consulte a Tabela 5 (Chuvas Intensas no Brasil) da NBR 10844/1989.

**Gráfico 1 – Intensidade de precipitação pluviométrica para duração de 5 minutos.**

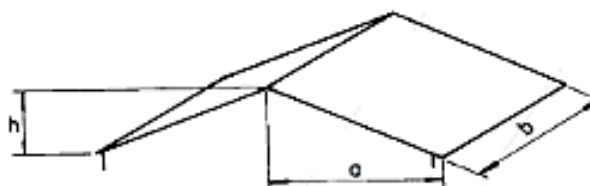


Fonte: Sandra Andreola (2018).

A referência ao gráfico 1, elaborada por Sandra Andreola, mostra a intensidade de precipitação pluviométrica da cidade de Campo Mourão. Esse gráfico é baseado nos dados de 10 postos pluviométricos localizados na bacia do Rio Mourão - PR. Com essas informações, é possível dimensionar canais de escoamento, sistemas de drenagem urbana, controle de cheias e práticas conservacionistas do solo.

A área de contribuição refere-se à soma das áreas das superfícies que interceptam a chuva e conduzem as águas para um determinado ponto de instalação. Essa área deve ser calculada na direção horizontal e ajustada devido à inclinação da chuva. O vento também influencia esse cálculo e deve ser considerado, especialmente na direção que resulta em uma maior quantidade de chuva interceptada pelas superfícies analisadas (NBR 10844/1989).

**Figura 8 - Superfície inclinada.**



Superfície inclinada

Fonte: NBR 10844 (1989).

A vazão de projeto é a vazão de referência para o dimensionamento de condutores e calhas determinada pela fórmula:

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

(1)

Sendo:

Q = vazão de projeto (l/min)

I = intensidade pluviométrica (mm/h)

A = área de contribuição (m<sup>2</sup>)

As calhas podem ser dimensionadas pela fórmula de Manning-Strickler:

$$Q = \frac{K \cdot S^3 \sqrt{R h^2} \sqrt{i}}{n}$$

(2)

Onde:

Q = vazão da calha (l/min)

S = área molhada (m<sup>2</sup>)

RH = raio hidráulico = S/P (m)

P = perímetro molhado (m)

i = declividade da calha (m/m)

n = coeficiente de rugosidade

K = 60000 (coeficiente para transformar a vazão em m<sup>3</sup>/s para l/min).

De acordo com o material utilizado, o Quadro 1 determina o coeficiente de rugosidade.

**Quadro 1 - Indicação dos coeficientes de rugosidade dos materiais.**

Material	<u>n</u>
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).

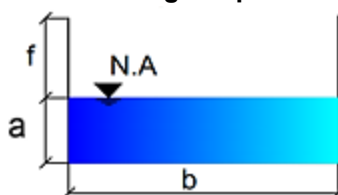


Para cada seção, existe uma forma de calcular o raio hidráulico. Para uma seção retangular o cálculo do raio hidráulico é obtido dividindo-se a área molhada pelo perímetro molhado. (NBR 10844/1989).

$$Rh = \frac{a \cdot b}{b + 2a}$$

(3)

**Figura 9 - Ilustração da calha retangular para cálculo do raio hidráulico.**



Fonte: Autoria própria (2023).

A norma fornece uma tabela com capacidade de calhas semicirculares, utilizando o coeficiente de rugosidade  $n = 0,011$  para alguns valores de declividade. Os valores foram calculados usando a fórmula de Manning-Strickler, com a área lúcida interna igual à metade do diâmetro interno.

**Quadro 2 - Capacidade das calhas semicirculares.**

Diâmetro interno (mm)	Vazões (L/min)		
	Declividades		
	0,50%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: NBR 10844 (1989).

Os condutores devem ser instalados sempre que possível em uma única direção, conforme indicado na NBR 10844. No entanto, quando necessário, devem ser utilizadas curvas de 90° com raio longo ou curvas de 45°, sempre com peças de inspeção. Dependendo do tipo de edifício e do material dos condutores, eles podem ser instalados interna ou externamente ao edifício. O diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção vertical é de 70mm e devem ser dimensionados levando em consideração os seguintes dados:

Q = vazão de projeto (l/min)

H = altura da lâmina de água na calha (mm);

L = comprimento do condutor vertical (m)

### 3 METODOLOGIA

A fase inicial envolveu a realização de um estudo bibliográfico com o objetivo de compreender o conceito de calhas, identificar os modelos mais comuns, os materiais utilizados na fabricação e os acessórios essenciais para a montagem. Nesse estudo, também estão incluídos os procedimentos para o projeto de dimensionamento das calhas, conforme estabelecido pela Norma de Instalações Prediais de Água Pluviais (NBR 10844).

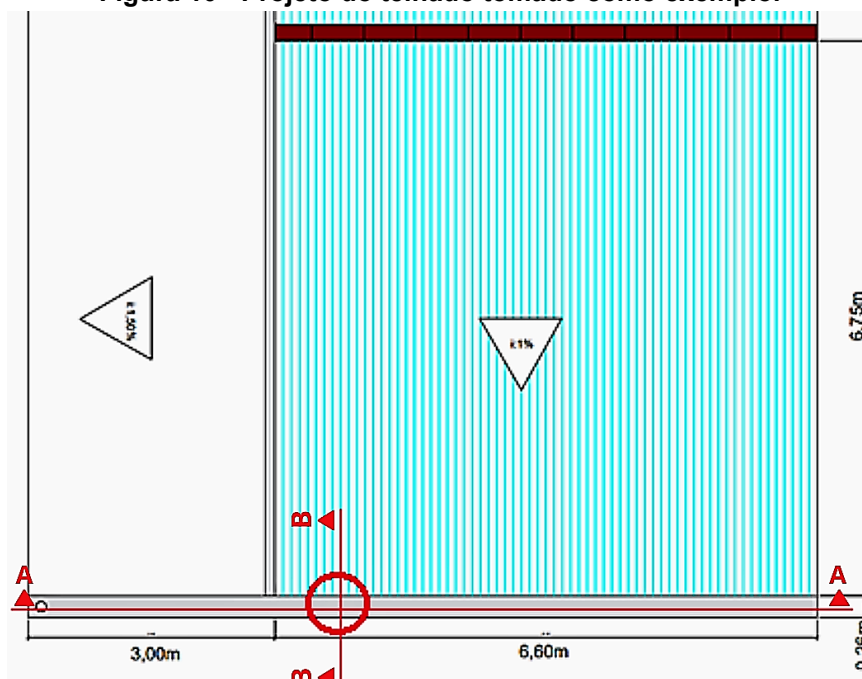
Em seguida, foi efetuado um levantamento fotográfico a fim de examinar os fatores responsáveis pelas patologias na residência. Além disso, coletamos informações sobre a casa através de diálogos com os proprietários, permitindo, assim, obter acesso às plantas do projeto arquitetônico.

Após checagem das informações necessárias, realizamos um levantamento dos cômodos em que as infiltrações se manifestaram e os pontos correspondentes da origem destas patologias, com objetivo de expor o quanto um erro de execução pode afetar o funcionamento do sistema de águas pluviais e encontrar possíveis soluções para evitar as infiltrações.

Realizamos, também, um levantamento fotográfico das calhas já instaladas na cobertura e observamos as ocorrências das patologias ligadas ao sistema de águas pluviais. Para projetar o dimensionamento das calhas, aplicamos os passos da Norma de Instalações Prediais de Água Pluviais (NBR 10844).

Para elaborar o cálculo do dimensionamento, utilizando as orientações contidas na NBR 10844, efetuamos o projeto do telhado com a área analisada de 44,50m<sup>2</sup> (Figura 10), com calha lateral. No projeto, a cobertura está precisamente dividida onde será feito o cálculo. Com o objetivo de facilitar o entendimento da patologia e como ocorreu a cedência, ilustramos dois cortes: A e B, longitudinal e transversal, respectivamente. A seção do telhado possui as dimensões discriminadas a seguir:

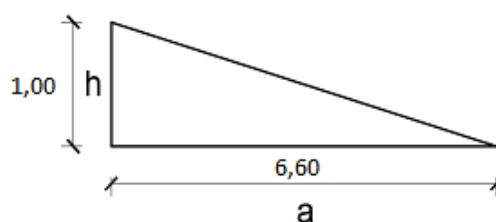
Figura 10 - Projeto do telhado tomado como exemplo.



Fonte: Autoria própria (2023).

Utilizando a NBR 10844/89, para estabelecer as dimensões da calha, é indispensável calcular a vazão do telhado utilizando a Equação 1. A área de contribuição foi determinada com base na forma sugerida pela norma, levando em consideração a inclinação do telhado.

Figura 11 - Geometria do telhado tomado como exemplo.



Fonte: Autoria própria (2023).

No caso em questão, a cobertura se assemelha com a figura 11 e a fórmula mencionada pela norma resulta no valor da área:

$$A = \left( a + \frac{h}{2} \right) \cdot b$$

O cálculo inicial foi efetuado conforme a norma, empregando a intensidade pluviométrica de Campo Mourão – Paraná. (Os valores foram retirados do artigo que achei de cm). Há valores de intensidade para os períodos de retorno de 1, 5 e 25 anos.

**Quadro 3 - Intensidade pluviométrica da cidade de Campo Mourão – PR.**

IDF - CAMPO MOURÃO - PR	
Período de retorno (anos)	Intensidade Pluviométrica (mm/h)
1	127,37
5	161,99
25	213,87

Fonte: Sandra Andreola (2018).

Utilizando o IDF de Campo Mourão, podemos calcular a vazão por meio da fórmula a seguir:

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

(5)

A partir do valor da vazão, é possível determinar as dimensões da calha utilizando a fórmula de Manning-Strickler, indicado a seguir, ou qualquer outra fórmula equivalente.

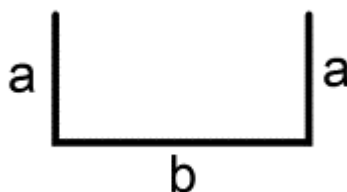
$$Q = \frac{K \cdot S^{\frac{2}{3}} \sqrt{R h^2} \sqrt{i}}{n}$$

(6)

A inclinação mínima adotada foi de 0,5% (0,005 m/m). O valor de K já é definido e a rugosidade considerada foi a menor entre os materiais comuns em condutores horizontais, como plásticos, aço, fibrocimento e metais.

Ao definir as dimensões da calha, verificou-se que é a seção retangular, sendo a base denominada de b e a altura de a, conforme ilustrado abaixo:

Figura 12 - Desenho esquemático da calha utilizada em questão.



Fonte: Autoria própria (2023).

Após realizar a inspeção no local, foi possível determinar um espaçamento máximo para o dimensionamento do condutor, sendo 0,26 x 0,26 nas medidas de altura e largura, respectivamente. Com o objetivo de simplificar os cálculos e verificar a calha já existente, foi estabelecido que a base será de 0,26m e a altura de 0,07m.

A área molhada da fórmula (S), é a área de fluido em contato com a água. Portanto:

$$S = a \cdot b$$

(7)

O raio hidráulico é uma relação entre área molhada e perímetro molhado, indicado na Figura 9, no qual podemos calcular através da fórmula:

$$Rh = \frac{a \cdot b}{b + 2a}$$

(8)

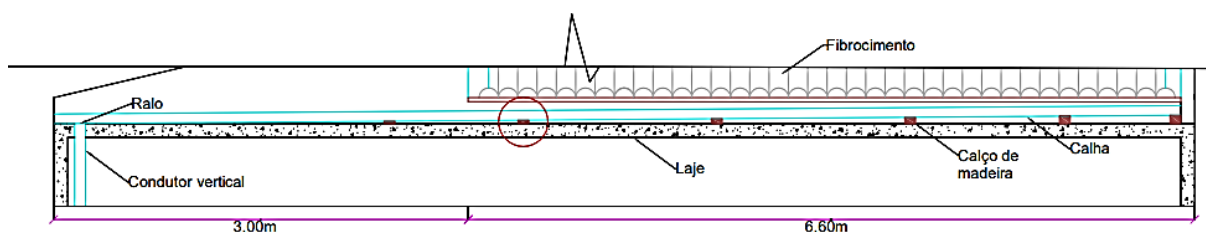
Dessa forma, seguindo os critérios da norma, é possível calcular as dimensões da calha e verificar se ela atende às exigências para ser considerada segura e eficiente. Com isso, é possível tirar conclusões sobre a adequação da calha para a sua função.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a visita ao local, foram capturadas imagens fotográficas que evidenciaram as origens das patologias associadas às calhas. Por meio de conversas com os proprietários, descobriu-se que as calhas foram colocadas há mais de 12 anos e não recebiam as manutenções adequadas.

No decorrer da inspeção inicial e a análise das patologias, notamos que a calha cedeu onde há maior concentração de lodo e sujeira (Fotografia 3). Através da Figura 10, é possível visualizar o projeto do telhado. Com o intuito de facilitar o entendimento e explicação da ocorrência e seus motivos, a Figura 13 apresenta o corte A da seção longitudinal do projeto.

**Figura 13 - Corte A seção longitudinal**

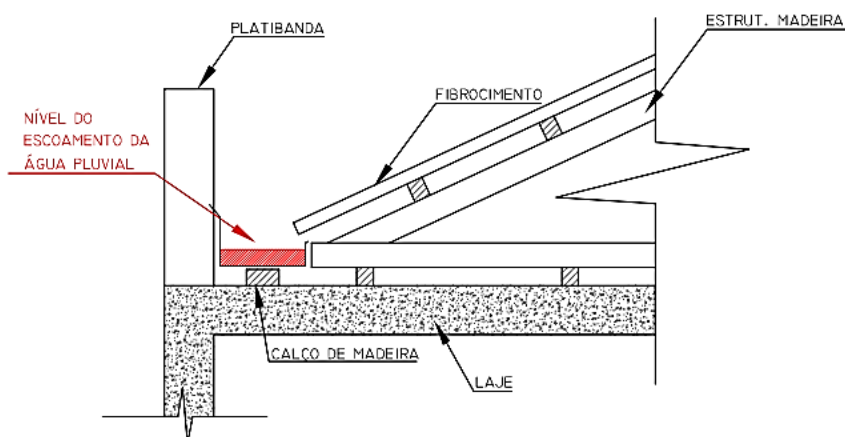


**Fonte: Autoria própria (2023).**

Na figura 13 da seção longitudinal, é possível observar o modelo de escoramento utilizado para sustentar a calha. Nesse modelo, o condutor era apoiado tanto na viga de madeira quanto no calço de madeira, garantindo a estabilidade necessária.

Dando continuidade ao entendimento sobre a cedência da calha, analisamos o corte B da seção transversal da figura 10. Nesse corte, é possível observar a instalação do condutor e como ocorreu a cedência da calha. Para melhor compreensão, apresentamos as imagens da Figura 14 e 15, divididas em duas partes: B1 e B2. Essas imagens mostram o antes e o depois da seção transversal do corte B.

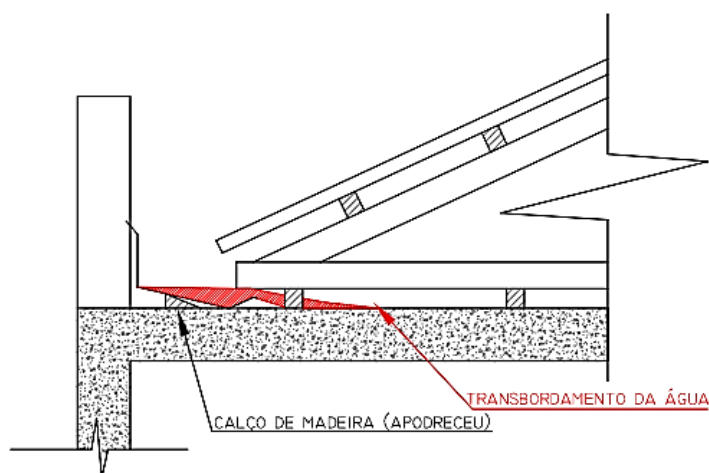
**Figura 14 - Seção transversal B1 (estágio inicial)**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

É possível observar na figura 14 como a calha era instalada. A instalação da calha envolve o nível do escoamento da água pluvial, o calço para sustentar a calha, a borda do condutor apoiada na viga de madeira do telhado e a telha de fibrocimento que direciona a água da chuva para o condutor.

**Figura 15 - Seção transversal B2 (estágio atual)**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

A Figura 15 ilustra a ocorrência de falha na calha, causada pelo acúmulo de sujeira junto com o transbordamento, resultando na infiltração de água pela laje. Isso levou à deterioração do suporte de madeira que auxiliava no escoramento da calha. Inicialmente, foram observadas pequenas manchas, conforme informação retiradas no local. No entanto, devido aos estragos prolongados, o estado agravou-se, conforme retrata a Fotografia 4.

Na Fotografia 2, é possível observar um acúmulo de lodo e sujeira ao longo da calha. Essa concentração é mais evidente no ponto onde houve um cedimento, indicado no círculo vermelho. Além disso, na imagem, podemos notar que o único local de escoamento seria por infiltração, já que o ralo (Fotografia 5) não apresentava presença de água.

**Fotografia 2 - Calha com corrosão e acúmulo de lodo.**



Fonte: Autoria própria (2023).

Na Fotografia 3, capturada no local com maior quantidade de água e lodo, é possível observar com mais precisão a forma e a posição em que o condutor estava apoiado.

**Fotografia 3 - Posição exato da cedência.**



Fonte: Autoria própria (2023).



Após analisar a imagem, é possível observar que há um problema de execução. Existe uma borda com espessura de 1cm sem suporte fixador para as calhas, que auxilia na fixação do condutor. Além disso, a falta de limpeza e o sobrepeso podem causar a cedência das calhas ao longo do tempo. No entanto, a espessura do material em questão era mínima, mas atendia às normas exigidas.

Como já mencionado, o local da patologia apresenta infiltrações, que podem ser observadas na Fotografia 4. As infiltrações estão concentradas na área onde há uma grande quantidade de água e lodo, ou seja, onde houve o sedimento (Fotografia 2, indicada no círculo vermelho), tornando-se o local principal e inicial da patologia.

**Fotografia 4 - Infiltrações ocasionadas pela cedência da calha.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

Na fotografia 5, é possível observar o ralo da calha, que não possui proteção contra folhagem e sujeira, tornando mais fácil o entupimento. Além disso, foi notada a presença de grandes marcas de corrosão ao redor, indicando o desgaste no local. Em razão da cedência, a calha não tinha como escorrer, vazando por outros pontos.

Fotografia 5 - Ralo da calha.



Fonte: Autoria própria (2023).

Para entender o motivo dessas ocorrências, apresentamos o quadro abaixo contendo uma visão geral das etapas construtivas de projeto até as manutenções, o material utilizado, os principais erros ocorridos no sistema de captação de águas pluviais, suas causas mais frequentes e as fotografias apresentadas no trabalho que ilustram esses problemas:

Quadro 4 - Visão geral das etapas construtivas.

ETAPAS	DESCRIÇÃO	ERRO
Projeto	Seção dimensionada suficiente para vazão das calhas.	Ok
Execução	Calhas sem fixador	Erro
	Calha apoiada sem fixação adequada	Erro
Manutenção	Degradação das calhas	Erro
	Sem limpeza constante do condutor	Erro
Materiais	Espessura mínima exigida por norma	Ok
	Boa qualidade do material	Ok

Fonte: Autoria própria (2023).

Nesse quadro é possível observar que o erro ocorreu durante a etapa de execução e foi seguido por uma falta de manutenção. Para a manutenção, a falta de limpeza constante do condutor gerou degradação acelerada do material, sendo assim, prejudica diretamente a funcionalidade no escoamento da água da chuva.

Para a etapa de execução, mesmo sendo sustentado por uma viga de 1cm de largura e um calço de madeira, é importante garantir uma fixação adequada para estabelecer a inclinação e direção ideais da água da chuva, mesmo que seja por um longo período. Se possível, refazer as irregularidades ou deformações na viga de escora, visualizado na Fotografia 3, garantindo uma superfície plana para a instalação.

Conforme ilustrado na Figura 15, é essencial aplicar um tratamento impermeabilizante na madeira antes da instalação, garantindo sua longevidade e prevenindo danos causados pela água. Isso criará uma camada adicional de proteção contra a umidade, ajudando a evitar mofo e o apodrecimento do material.

Foi realizada uma sequência de cálculos para obter o dimensionamento da calha, como demonstrado anteriormente. Com base nas dimensões da calha, que são de 0,26m de largura por 0,07m de altura, foram obtidos os resultados da análise.

Seguindo as diretrizes da norma e aplicando a equação 2, foi possível calcular a área de contribuição, que teve o resultado de 47,89m<sup>2</sup>. Com base nessa área, foram obtidas informações sobre a vazão e a intensidade pluviométrica da região, que foram apresentadas no quadro abaixo:

**Quadro 5 - Resultado das vazões nos três períodos.**

<b>IDF - CAMPO MOURÃO - PR</b>		
<b>Período de retorno (anos)</b>	<b>Intensidade Pluviométrica (mm/h)</b>	<b>Vazão (L/min)</b>
1	127,37	101,66
5	161,99	129,30
25	213,87	170,70

**Fonte: Autoria própria (2023).**

Finalizando com a fórmula de Manning-Strickler, a vazão total encontrada foi de 156L/min, tendo uma altura mínima útil de 2cm e uma folga de 5cm. Isso indica que, para a calha de 0,26cm x 0,07cm, o dimensionamento está correto.

## 5 CONCLUSÃO

As calhas são elementos fundamentais para auxiliar a conservação do telhado e aumentar a vida útil da edificação.

É evidente que os principais erros foram a falta de cuidado na execução por falta de fixador de calhas e a falta de manutenção e limpeza regular dos condutores. Esses erros poderiam ser minimizados caso tivessem cumprido as etapas de instalação, mantendo a inclinação e fixação das calhas, além de aumentar a vida útil das mesmas.

Em relação ao problema de acúmulo de material orgânico depositados nas calhas, é possível prevenir realizando a manutenção regular do sistema de águas pluviais antes do início do período chuvoso.

Os cálculos para verificar o dimensionamento dos condutores mostram que a calha projetada com os valores retirados em loco e das intensidades pluviométricas da região, resultou em uma seção coletora adequada para a residência em questão, atendendo a NBR 10844/89.

Concluímos que, mesmo que todos os cálculos estejam dentro da norma, neste estudo de caso, as calhas, por serem de materiais perecíveis, demandam de uma manutenção periódica por partes de quem as executam ou de empresa especializada para esse fim, evitando dessa forma as patologias futuras nas edificações.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1981. **NBR 10844 - Instalações prediais de águas pluviais**, Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1977. **NBR 5680 – Dimensões de tubos de PVC rígido**, Rio de Janeiro, 1977.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2021. **NBR 7008-1 Chapas e bobinas de aço revestidas com zinco ou liga de zinco-ferro pelo processo contínuo de imersão a quente - Parte 1: Requisitos**, Rio de Janeiro, 1981.
- AMANCO. **Saiba Como Instalar Calha de PVC**. 2021. Disponível em: <<https://conexao.amancowavin.com.br/blog/saiba-como-instalar-calha-de-pvc>>. Acesso em: 23 maio. 2023.
- ASSESSÓRIOS para calhas**. [S. /], 2019. Disponível em: <http://www.calhaforte.com.br/wp-content/uploads/2019/02/CAT%C3%81LOGO-DE-PRODUTOS-CALHAFORTE-2019.pdf>. Acesso em: 23 maio 2023
- ANDREOLA, S. **ANÁLISE DIÁRIA DAS CHUVAS INTENSAS NA BACIA DO RIO MOURÃO PR**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campo Mourão, [S. /], 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/7045/1/chuvasbaciariomourao.pdf>. Acesso em: 23 maio 2023.
- CAPORRINO, C. F. **Patologia em Alvenaria**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018, p44.
- CREMONINI, R. A. **Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares da região de Porto Alegre**: Recomendações para projeto, execução e manutenção. Porto Alegre, 1988, p30. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/1420>. Acesso em: 20 nov. 2022.
- FAVARO, P. **Indicação das patologias relacionadas as calhas com comparativo de dimensionamento utilizando a NBR 10844/89 e a equação de chuva da cidade de Cuiabá-MT**. Campo Mourão, 2017. Disponível em: <<http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/6437>>. Acesso em: 23 maio. 2023.
- FICHA Técnica Tigre**. [S. /], 2011. Disponível em: [https://tigrecombr-prod.s3.amazonaws.com/export.tigre.com/files/arquivos/catalogos/Aquapluv\\_0.pdf](https://tigrecombr-prod.s3.amazonaws.com/export.tigre.com/files/arquivos/catalogos/Aquapluv_0.pdf). Acesso em: 23 maio 2023.
- GHISI, E. GUGEL, C. Notas de aula do curso de construção de Instalações I – **instalações prediais de águas pluviais**. Curso de Construção Civil Da Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. Disponível em: [http://www2.feb.unesp.br/eduoliv/public\\_html/PagWeb/apostilas/Apostila%20AguaPIuvial.pdf](http://www2.feb.unesp.br/eduoliv/public_html/PagWeb/apostilas/Apostila%20AguaPIuvial.pdf). Acesso em: 20 nov. 2022.
- GNIPPER, S. F. **Transbordamento: antes de aumentar as seções das calhas, ampliam a capacidade dos condutores verticais**. [S. /], 2012. Disponível em:

<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=27&Cod=121>. Acesso em: 23 maio 2023.

INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ (PR). IAP. Alturas de Precipitação - Resumo Anual. *In: Alturas de Precipitação - Resumo Anual*. [S. l.], 16 nov. 2022. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Sistema-de-Informacoes-Hidrologicas>. Acesso em: 16 nov. 2022.

JUNIOR, ROBERTO. **Instalações Hidráulicas e o Projeto de Arquitetura**. 2 Edição. ed. atual. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

LACERDA, R. LIMA, T. **Cobre e Alumínio**. Curso de Engenharia Mecânica. Anhanguera. Setembro 2009. Disponível em: < <https://www.docsity.com/pt/cobre-e-aluminio/4712016/>>. Acesso em: 23 maio. 2023.

METAL CALHAS. **Serviços de Calhas e Rufos**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://metalcalhaslondrina.com.br/>. Acesso em: 20 nov. 2022.

SOUZA, Vicente Custódio de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1ª ed. São Paulo, Pini, 1998.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água da chuva em áreas urbanas não potáveis**. Capítulo 4 - Calhas e condutores. [S.l.] VirtualBooks, 2010. Disponível em: <http://pliniotomaz.com.br/livros-digitais/>. Acesso em: 20 nov. 2022.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das Edificações**. Porto Alegre, Editora Sagra, 1991. 172p.

XAVIER, Ivan. **Orçamento, planejamento e custos de obras**. São Paulo: [s. n.], 2008. Disponível em: <https://www.studocu.com/pt-br/document/unifanor-wyden/administracao-de-producao/apostila-de-orcamento-prof-ivan-xavier/12763689>. Acesso em: 20 nov. 2022.