

**Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**

**Ivo Portilho**

**PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO E REFORMA DE COBERTURAS  
DOS EDIFÍCIOS DA USP – ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para obtenção do título  
de pós graduação *lato-sensu* em Tecnologia e Ges-  
tão na Produção de Edifícios

Orientador: Prof. Dr. Francisco Ferreira Cardoso

**São Paulo  
2018**

## **RESUMO**

Esta monografia tem por objetivo documentar a experiência do Programa de recuperação de coberturas dos edifícios da USP e, baseado empiricamente nesta experiência refletir a respeito do sistema de cobertura do edifício. São apresentados 12 estudos de caso de recuperação de coberturas de edifícios da USP, sendo duas impermeabilizações, uma reforma de telhado existente e nove telhados sobre laje de concreto. A partir da experiência documentada de intervenções realizadas entre 1999 e os dias atuais, apresenta-se uma análise crítica das Diretrizes Técnicas empregadas no Programa e a Norma de desempenho NBR 15.575 – 5. O que se pretende em síntese é consolidar a importância da cobertura nos projetos e obras dos edifícios.

## **ABSTRACT**

This monograph aims to document the experience of the USP's Roofing Recovery Program and, based empirically on this experiment, reflect on the building coverage system. A total of 12 case studies are presented on the recovery of roofs of USP buildings, including two impermeable buildings, an existing roof renovation and nine roofs on a concrete slab. Based on the documented experience of interventions carried out between 1999 and the present day, a critical analysis of the Technical Guidelines used in the Program and the Performance Standard NBR 15.575 - 5 is presented. The aim is to consolidate the importance of projects and works of buildings.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Seção do edifício com o telhado, a calha externa e a ventilação da cobertura (Fonte: FUNDUSP, 1991) .....	32
Figura 2 - Telhas metálicas trapezoidais (fonte: Portal AecWEB) .....	34
Figura 3 - Manta ensacada de lã de rocha (Fonte: Biolã) .....	34
Figura 4 - Alçapão e escada do tipo marinheiro interna (fonte: SEF) .....	35
Figura 5 - CUASO - Localização (Fonte: SEF) .....	39
Figura 6 - Planta de cobertura do I.C.B.(Fonte: SEF) .....	41
Figura 7 - Telhado sobre laje de terraço (Fonte: SEF) .....	42
Figura 8 - Corte da laje em viga protendida (Fonte: SEF) .....	43
Figura 9 - Platibanda de telhas metálicas no ICB I (Fonte: SEF) .....	43
Figura 10 - Platibanda em telha metálica (Fonte: SEF) .....	44
Figura 11 - Detalhe do pilarete em alvenaria (Fonte: SEF) .....	45
Figura 12 - A platibanda e sua estrutura apoiada nas vigas-calhas existente e as descidas de A.P. fixadas na estrutura de concreto (Fonte: SEF) .....	46
Figura 13 - Vista geral do edifício e a platibanda da cobertura do Centro de Vivências do Conjunto das Químicas (Fonte: SEF) .....	48
Figura 14 - Planta da cobertura do Centro de Vivências (Fonte: SEF) .....	49
Figura 15 - Corte da cobertura (Fonte: SEF) .....	50
Figura 16 - Detalhe da calha impermeabilizada (Fonte: SEF) .....	50
Figura 17 - Vista à direita do telhado sobre o Centro de Vivência do Conjunto das Químicas (Fonte: SEF) .....	51
Figura 18 - Detalhe da platibanda (Fonte: SEF) .....	51
Figura 19 - Detalhe da calha em chapa metálica (Fonte: SEF) .....	52
Figura 20 - Planta de cobertura (Fonte: SEF) .....	53
Figura 21 - Detalhe da calha em chapa metálica existente (Fonte: SEF) .....	54
Figura 22 - Detalhe da calha e rufo lateral (Fonte: SEF) .....	55

Figura 23 - Telhado com cumeeira ventilada e os arremates em chapa metálica da F.M.V.Z. (Fonte: SEF) .....	55
Figura 24 - Corte da estrutura original do Centro de Informações (Fonte: SEF) .....	57
Figura 25 - Planta da cobertura (Fonte: SEF) .....	58
Figura 26 - Detalhe da platibanda em chapa de alumínio (Fonte: SEF) .....	59
Figura 27 - Corte da cobertura com o telhado (Fonte: SEF) .....	60
Figura 28 - Vista do Centro de Informações com a platibanda em chapas de alumínio (Fonte: SEF) .....	61
Figura 29 - Obra de instalação do telhado sobre a laje sem as placas de sombreamento do Bloco A da ECA (Fonte: SEF) .....	63
Figura 30 - Planta de cobertura (Fonte: SEF) .....	64
Figura 31 - Telhado instalado no Bloco A da ECA (Fonte: SEF) .....	65
Figura 32 - Corte da laje existente com o telhado (Fonte: SEF) .....	66
Figura 33 - Detalhe da calha impermeabilizada (Fonte: SEF) .....	67
Figura 34 - Vista geral do telhado no Bloco A da ECA (Fonte: SEF) .....	68
Figura 35 - Situação da cobertura em laje plana existente do Bloco B do Conjunto Alessandro Volta do IF (Fonte: SEF) .....	70
Figura 36 - Planta de cobertura (Fonte: SEF) .....	71
Figura 37 - Cobertura em laje de concreto tipo caixão perdido com o telhado (Fonte: SEF) .....	72
Figura 38 - Detalhe do pilarete em alvenaria (Fonte: SEF) .....	73
Figura 39 - Vista do telhado em três águas no Bloco B do Conjunto Alessandro Volta do IF (Fonte: SEF) .....	74
Figura 40 - Laje de cobertura sem as placas de sombreamento e pronta para receber o telhado dos Blocos do Departamento de Ciências Sociais da FFLCH (Fonte: SEF) .....	75
Figura 41 - Planta de cobertura do Dept. Ciências Sociais FFLCH (Fonte: SEF) .....	76
Figura 42 - Detalhe da platibanda (Fonte: SEF) .....	77

Figura 43 - Platibandas sendo instaladas nos Blocos do Departamento de Ciências Sociais da FFLCH (Fonte: SEF).....	78
Figura 44 - Corte da cobertura em laje de concreto com o telhado (Fonte: SEF) .....	79
Figura 45 - Instalação da platibanda e calha na cobertura dos Blocos do Departamento de Ciências Sociais da FFLCH (Fonte: SEF).....	80
Figura 46 - Vista geral do telhado instalado nos Blocos do departamento de Ciências Sociais da FFLCH (Fonte: SEF).....	81
Figura 47 - Laje existente com camada de impermeabilização no Conjunto das Colméias– antes da intervenção (Fonte: SEF).....	83
Figura 48 - Corte com a cobertura original (Fonte: SEF) .....	84
Figura 49 - Planta de impermeabilização (Fonte: SEF).....	84
Figura 50 - Detalhe da junta de dilatação (Fonte: SEF) .....	85
Figura 51 - Planta da cobertura com o projeto do telhado do Edifício da Ala Central do I.F. (Fonte: SEF).....	87
Figura 52 - Corte da laje com o telhado (Fonte: SEF).....	88
Figura 53 - Detalhe da calha impermeabilizada (Fonte: SEF).....	89
Figura 54 - Cobertura existente com impermeabilização de acabamento ardoziado no Edifício Principal do Instituto Oceanográfico (Fonte: SEF).....	91
Figura 55 - Planta de cobertura (Fonte: SEF) .....	92
Figura 56 - Laje rebaixada onde se concentra os equipamentos de apoio do edifício principal do IO (Fonte: SEF).....	93
Figura 57 - Corte da laje rebaixada com a base de equipamentos (Fonte: SEF).....	94
Figura 58 - Planta de cobertura e o projeto do telhado sobre laje dos Blocos K e L da Administração Central (Fonte: SEF).....	95
Figura 59 - Corte da cobertura em laje de concreto com o telhado (Fonte: SEF) .....	96
Figura 60 - Detalhe da calha impermeabilizada e platibanda em alvenaria (Fonte: SEF).....	98

Figura 61 - Vista geral da cobertura dos Blocos 13, 15 e 17 da F.C.F. (Fonte: SEF) .....	100
Figura 62 - Planta de cobertura do Bloco 21 da E.P. (Fonte: SEF).....	101
Figura 63 - Tubulações redirecionadas para a laje de cobertura do “shaft” dos Blocos 13, 15 e 17 da FCF (Fonte: SEF).....	102
Figura 64 - Detalhe da telha em arco (Fonte: SEF).....	103
Figura 65 - Detalhe da platibanda e calha (Fonte: SEF) .....	104
Figura 66 - Corte da laje de cobertura com o telhado (Fonte: SEF).....	105
Figura 67 - Bloco da Engenharia Química sendo instalado o telhado.....	105
Figura 68 - Alçapão e escada marinheiro na laje de cobertura do “shaft” nos Blocos do Conjunto das Químicas (Fonte: SEF).....	106
Figura 69 - Quadro geral do Programa – parte 1 (Fonte: Autor) .....	108
Figura 70 - Quadro geral do Programa - parte 2 (Fonte: Autor) .....	109
Figura 71 - Quadro geral do Programa - parte 3 (Fonte: Autor) .....	110



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A.B.N.T.	Associação Brasileira de Normas Técnicas
A.P.	Águas Pluviais
B.I.D.	Banco Interamericano de Desenvolvimento
C.O.E.S.F.	Coordenadoria do Espaço Físico
C.U.A.S.O.	Cidade Universitária “Armando de Salles Oliveira”
E.P.D.M.	Etileno-Propileno-Dieno Monômero (Borracha sintética)
F.A.U.	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
F.C.F.	Faculdade de Ciências Farmacêuticas
F.F.L.C.H.	Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
F.M.V.Z.	Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
I.C.B.	Instituto de Ciências Biomédicas
I.F.	Instituto de Física
I.N.C.C.	Índice Nacional da Construção Civil
I.O.	Instituto Oceanográfico
I.Q.	Instituto de Química
N.B.R.	Norma brasileira
P.U.S.P.	Prefeitura do Campus USP da Capital
P.V.C.	Policloreto de polivinila
S.A.E.	Society of Automotive Engineers – EUA
S.B.S.	Estireno-Butadieno-Estireno (Borracha termoplástica)
S.C.	Sistema de Cobertura
S.P.D.A.	Sistema de proteção contra descarga atmosférica

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 CONTEXTO HISTÓRICO .....	12
1.1.1 O período do telhado .....	12
1.1.2 A laje de concreto armado.....	13
1.2 OBJETIVO.....	15
1.3 METODOLOGIA.....	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
<b>2. HISTÓRICO .....</b>	<b>19</b>
<b>3. NORMA DE DESEMPENHO 15.575 – 5 - O SISTEMA DE COBERTURA .....</b>	<b>22</b>
<b>4. DIRETRIZES TÉCNICAS DO PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE COBERTURAS .....</b>	<b>27</b>
4.1 CONCEITO DE SISTEMA DE COBERTURA.....	27
4.1.1 Conceito de estanqueidade da cobertura.....	28
4.1.2 Tipos de cobertura.....	29
4.1.3 Tipos de telhado: .....	30
4.2 TÉCNICAS ADOTADAS NA RECUPERAÇÃO .....	32
4.2.1 Diretrizes do FUNDUSP .....	32
<b>5. ESTUDOS DE CASOS.....</b>	<b>39</b>
5.1 EDIFÍCIO I DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS.....	41
5.2 CENTRO DE VIVÊNCIAS DO INSTITUTO DE QUÍMICA.....	48
5.3 BLOCOS COMPLEMENTARES DA F.M.V.Z. ....	53
5.4 CENTRO DE INFORMAÇÕES – PREFEITURA DO CAMPUS .....	57
5.5 BLOCO A – ESCOLA DE COMUNICAÇÕES E ARTES .....	63
5.6 BLOCO B DO CONJUNTO ALESSANDRO VOLTA – I.F. ....	70
5.7 BLOCOS DO DEPTº DE CIÊNCIAS SOCIAIS DA F.F.L.C.H. ....	75
5.8 CONJUNTO DAS COLMÉIAS .....	83
5.9 EDIFÍCIO DA ALA CENTRAL DO I.F.....	87
5.10 EDIFÍCIO PRINCIPAL DO INSTITUTO OCEANOGRÁFICO .....	91

5.11 BLOCOS K E L – ADMINISTRAÇÃO CENTRAL.....	95
5.12 CONJUNTO DAS QUÍMICAS (BLOCOS 13, 15 E 17 DA F.C.F. E BLOCOS 18, 21 E 22 DA E.P.U.S.P) .....	100
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>111</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A cobertura é o elemento construtivo que mais expressa na arquitetura do edifício a função de abrigo do homem das intempéries da natureza.

A função de proteção zenital do edifício, especialmente a estanqueidade à água de chuva, é a qualidade mais evidente a ser buscada no projeto e construção da cobertura.

Nos edifícios da Universidade de São Paulo, com aproximadamente 900.000 metros quadrados construídos apenas no Campus da capital, a infiltração de água de chuva pela cobertura dos edifícios foi a manifestação patológica construtiva que culminou na criação de um programa especial de recuperação das coberturas.

Esta experiência é aqui apresentada e detalhada, com suas diretrizes, técnicas e materiais, além de comentários e análises pertinentes, sobre 12 estudos de caso de recuperação de coberturas de edifícios existentes, executados entre 1998 e os dias atuais.

O homem acumulou um grande acervo de conhecimentos técnicos e empíricos que permitiu o desenvolvimento de materiais, técnicas e modos de construção a serem empregados na tarefa da proteção zenital. A seguir apresenta-se uma breve história do elemento cobertura do edifício.

## 1.1 CONTEXTO HISTÓRICO

### 1.1.1 O período do telhado

Segundo Meneguetti (1994) os principais materiais adotados em coberturas de edifícios na história da arquitetura, até a chegada do concreto armado, são as pedras naturais, o sapé, os tijolos de argila, o chumbo, o cobre e o ouro.

Basicamente as coberturas dos edifícios com telhado eram compostas de elementos unitários, compostos e conjugados, apoiados sobre trama estrutural de madeira.

Os Romanos usaram ardósia e outras pedras naturais como elementos de cobertura, as quais podiam ser cortadas em finos pedaços a fim de serem utilizadas de forma a compor o telhado.

Outro material utilizado em muitos lugares da Europa, onde não se encontravam as pedras, foi o sapé. Sua maior desvantagem residia em seu elevado risco de combustão, motivo pelo qual parou de ser usado em cidades.

Após um período marcado por trágicos incêndios, o uso da ardósia foi resgatado na Europa, assim como outras pedras naturais que eram usadas de forma similar como, por exemplo, pedra calcária e arenito.

A utilização das pedras naturais tinha como suporte uma estrutura robusta e com inclinações íngremes, a fim de manter a estanqueidade. Desta forma, a mudança do sapé para a ardósia ocasionou reforço da estrutura, mas não alterou a inclinação do telhado e seu formato.

O metal foi outro material utilizado, como as placas de ouro na igreja de Jerusalém (entre 685d.c e 691d.c) e o cobre no prédio da Universidade de Oxford (1474). O ouro foi uma extravagância religiosa na época, mas o cobre teve até aceitação, ape-

sar de também ter custo elevado para uma adoção disseminada como material de cobertura.

O chumbo também foi utilizado, tinha a grande vantagem de ser maleável, facilmente conformado ou cortado no local da obra. Pode ser unido através de solda sem a necessidade de temperaturas elevadas e as juntas são totalmente estanques. O material é extremamente durável e com reduzidas necessidades de manutenção ao longo da vida útil.

Quando se entra no século XIX, em plena Revolução industrial na Inglaterra, a utilização do ferro e do aço difundiu-se de tal forma que se transformaram em importantes materiais de construção, especialmente os sistemas estruturais, com a utilização de pilares e vigas em perfis de ferro e aço, e as chapas metálicas como cobertura.

### **1.1.2 A laje de concreto armado**

Segundo Picchi (1984) na segunda metade do século XIX e início do século XX, entra em cena o concreto armado, com as primeiras construções de pontes e viadutos.

A cobertura de concreto surge como opção desde os primórdios da utilização do concreto armado, e nas primeiras manifestações da arquitetura moderna de Le Corbusier.

No projeto moderno, um dos “cinco pontos de uma nova arquitetura”, do mesmo arquiteto, é o uso da laje plana, só conseguida através do concreto armado.

A laje plana de concreto armado foi a cobertura da maioria dos edifícios construídos no Campus da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira entre os anos de 1960 e 1980 e, se constituíram o substrato do Programa de recuperação de cobertu-

ras dos edifícios da Universidade de São Paulo. Os telhados foram substituídos pela geometria horizontal e volumétrica da laje plana, sem as arestas diamantadas das águas dos telhados.

Os poucos anos de uso das coberturas impermeabilizadas de concreto contrastam com os milhares de anos durante os quais o homem utilizou e aperfeiçoou as coberturas do tipo telhado.

A utilização da cobertura impermeabilizada em concreto apresentou diferenças fundamentais em relação aos telhados, e no que diz respeito à qualidade de impermeabilização e consequente estanqueidade assegurada ao longo do tempo.

Nos telhados a estanqueidade é garantida pela justaposição das telhas e pela inclinação. A inclinação é fundamental, pois, garante uma velocidade de escoamento de água que evita a penetração pelas juntas.

Nas coberturas em laje plana de concreto armado a estanqueidade é garantida pela continuidade da superfície vedante, que só é conseguida com as camadas de impermeabilização. Nelas a garantia de estanqueidade da cobertura é dada pelo material impermeabilizante aplicado artesanalmente em obra.

Destaca-se ainda que as coberturas dos edifícios na USP são utilizadas usualmente como apoio das atividades internas dos edifícios, como a instalação de equipamentos de exaustão e de ar-condicionado. Portanto, a película impermeabilizante é submetida a esforços mecânicos imprevisíveis, o que faz com que o Sistema de cobertura deva ter propriedades além das associadas à função de estanqueidade.

## **1.2 OBJETIVO**

A presente monografia objetiva apresentar o Programa de recuperação de coberturas dos edifícios da USP no período de 1998 até os dias atuais e, ao mesmo tempo, fazer considerações, análises e reflexões sobre a importância do sistema de cobertura no desempenho do edifício.

O trabalho pretende descrever as técnicas adotadas e sua evolução no tempo, permitindo uma avaliação crítica das técnicas, materiais e meios empregados.

A partir da descrição do Programa e de sua avaliação e análise, busca-se uma atualização tecnológica dos meios empregados na manutenção e no projeto dos sistemas de cobertura para os edifícios da USP.

O trabalho tem a intenção de acrescentar subsídios para uma especificação mais segura do material e da técnica a serem adotados nos projetos, obras e nas intervenções futuras de construção e reforma dos edifícios da Universidade de São Paulo.

## **1.3 METODOLOGIA**

O presente trabalho está inserido no contexto da Superintendência do Espaço Físico da USP e se fundamentou nas atividades e documentações existentes no órgão da Administração Central da Reitoria da Universidade de São Paulo.

A Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo (SEF) é órgão que tem como finalidade organizar e sistematizar todas as atividades relacionadas ao espaço físico dos campi da USP, conforme a apresentação no sítio na internet. São suas competências o planejamento de intervenções físicas nos edifícios e terri-

tórios dos campi, através de projetos de novas edificações, suas ampliações ou reformas.

A base de dados referentes a cada um dos 12 estudos de Caso apresentados foram os arquivos disponíveis na rede interna da SEF e os arquivos pessoais deste arquiteto.

Foi realizada pesquisa nos servidores de rede da SEF em busca dos projetos, dos registros de obras, das planilhas de medição e das fotos.

Foi realizado levantamento fotográfico atualizado nos edifícios onde foram executados os serviços de recuperação das coberturas. Os orçamentos dos projetos foram atualizados através do INCC, Índice Nacional da Construção Civil.

Para o embasamento teórico a respeito do Sistema de Cobertura, o conceito e a história, buscou-se bibliografia pertinente, tanto em teses, dissertações e normas como em manuais de projeto do Fundo de Construção da USP - FUNDUSP.

O histórico dos edifícios foi levantado em dissertações de pesquisadores da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e, especialmente do Prof. Simões, pesquisador que trabalhou diretamente com os projetos apresentados.

#### **1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO**

A monografia se estrutura em seis capítulos:

**Introdução:** É apresentando o sistema de cobertura como o assunto primário deste trabalho e elemento construtivo a ser analisado por meio da experiência do Programa de Recuperação de Coberturas.

Descreve o propósito do trabalho e o que se pretende promover no conhecimento das técnicas construtivas a serem adotadas nas intervenções nas coberturas dos edifícios.

E apresenta ainda o método utilizado e como está organizada a monografia, as fontes da pesquisa dos casos relacionados e o fluxograma de informações.

**Histórico:** Este capítulo descreve o caminho percorrido pela USP até a criação de um programa específico para a manutenção, reforma e recuperação das coberturas dos edifícios.

**Norma de desempenho 15.575 - 5:** Aqui apresenta-se a Norma da ABNT, em vigor desde 2013, que é o estado da arte do desempenho do sistema de cobertura, e a qual se adota para uma análise crítica do Programa no último capítulo.

**Diretrizes técnicas do Programa:** O capítulo introduz com os conceitos atuais de cobertura e seus tipos, e a definição de estanqueidade, propriedade essencial buscada no Programa de recuperação. E, na sequência, como assunto principal do capítulo, descreve as técnicas adotadas para recuperação das coberturas, seguindo a ordem do Caderno de Diretrizes do FUNDUSP com o acréscimo de comentários e procedimentos atualizados.

**Estudos de Caso:** Este é o capítulo com a documentação dos procedimentos e dos projetos adotados pelo Programa em 12 casos de recuperação de coberturas de edifícios da USP.

**Conclusão:** Faz uma análise crítica do Programa e uma avaliação a luz da Norma de desempenho nº 15.575 - 5 do Sistema de Cobertura.

## 2. HISTÓRICO

Os edifícios construídos até a metade da década de 1980 na Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira, onde estão a maior parte dos relacionados nesta monografia, conforme Simões (1984), podem ser agrupados em quatro períodos face as condicionantes e fatores intervenientes que influenciaram sua arquitetura.

O período de 1950 a 1959, cujas características físicas refletem uma arquitetura “Art Deco” e a oficial, inspirada no estado Novo. Os edifícios são pesados plasticamente e adotam técnicas econômicas, refletindo no elemento cobertura que adota o telhado como técnica construtiva. São exemplos de edifícios desta época o Basílio Jaffet, do Instituto de Física, o André Dreyfus e o Edifício Ernesto Marcus, do Instituto de Biologia.

No período posterior, a década de 60, período de 1960 a 1969, a arquitetura adotada na CUASO, recebe as influências do clima de euforia vivida em Brasília. Os arquitetos representativos de São Paulo foram chamados para projetar os edifícios da USP, onde a arquitetura contemporânea e brasileira é exaltada.

Os edifícios da década de 60 são ousados, espelhando arrojo e conhecimento técnico, principalmente no uso do concreto armado, com coberturas planas impermeabilizadas. Na USP são representantes deste período, a FAU, o edifício da História e Geografia, e o Conjunto da Químicas.

A seguir, na década de 70, período de 1970 a 1979, onde a maior parte dos edifícios apresentados neste trabalho foram construídos, as construções foram projetadas para serem construídas por partes através dos módulos. Os módulos procuram atender a menor dimensão física das Unidades universitárias que é o Departamento.

Nos projetos dos edifícios da década de 70, a racionalização e normalização dos seus componentes é utilizado pelos arquitetos do FUNDUSP, e onde as coberturas são planas, impermeabilizadas e utilizadas placas de sombreamento para o isolamento térmico. O conjunto modular do Departamento de Ciências Sociais da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas é um dos edifícios deste conceito.

O quarto período, parte da década de 1980, período de 1980 a agosto de 1984, constatamos a continuidade das obras modulares, bem como o aumento das reformas nos edifícios em uso. É uma fase discreta para a arquitetura (projetos e obras) devido à escassez de recursos, em função da recessão no país.

A crise de financiamento só começou a ser superada no início de 1988 com um programa de financiamento do Banco Interamericano de Desenvolvimento com um valor de U\$ 63 milhões.

O acréscimo de área no período de 1988 – 1991 constituiu um grande impacto em termos de capacidade de infraestrutura, e em vista disso o FUNDUSP desenvolveu Diretrizes de obras e projetos para o crescimento físico.

O FUNDUSP elaborou então o Caderno de procedimento gerais de projeto onde foram definidas as diretrizes de projeto para os novos edifícios e que incluía as técnicas a serem adotadas para o elemento cobertura:

Em sua tese de Livre-docência apresentada à FAU em 2004, o Professor João Roberto Leme Simões discorreu a respeito das origens das manifestações patológicas e reflexos no desempenho técnico-construtivo dos edifícios da USP. Ele então escreveu:

“As patologias construtivas das Coberturas ocorreram principalmente por falha de projeto em ter proposto lajes planas impermeabilizadas com neoprene-hypalon, cuja durabilidade é crítica (em torno de 5 anos). A este pormenor associa-se a au-

sência de tratamento térmico e de pingadeiras, bem como da insuficiência no escoamento das águas pluviais.

Além destes fatos que originaram as manifestações patológicas das coberturas, destaca-se aqui também a deficiência na execução das suas obras, ênfase para a falta de controle da declividade das lajes planas de 0,5%, totalmente inadequada.

Outro fator que contribuiu para o surgimento das manifestações patológicas foi a precariedade da manutenção, tendo em vista a falta de recursos financeiros por parte da USP por mais de 25 (vinte e cinco) anos. O problema se agravou tanto, que a Universidade foi obrigada a criar o “Programa Telhado”, com o qual parte do problema foi sanado, pela substituição das coberturas planas por telhas metálicas”.

Então em 1998, este arquiteto, vindo da Prefeitura da Cidade Universitária, encontra em andamento o Programa de recuperação de coberturas e inicia em setembro daquele ano o projeto de instalação de telhado no edifício do Instituto de Ciências Biomédicas I.

O programa se concentra principalmente, até o ano de 2003, último ano de existência do FUNDUSP, onde foram elaborados projetos e executadas obras em pelo menos 13 edifícios, a partir deste ano, o FUNDUSP é substituído pela COESF, Coordenadoria do Espaço Físico, e o Programa é incorporado no orçamento da Comissão de Orçamento e Patrimônio da USP na alínea “Programas Especiais”, até os dias de hoje.

### 3. NORMA DE DESEMPENHO 15.575 – 5 - O SISTEMA DE COBERTURA

A partir de 19/07/2013 entrou em vigor a Norma de desempenho ABNT NBR 15575, portanto, em data posterior ao início do Programa de recuperação de coberturas dos edifícios da USP.

Ainda que a Norma 15.575 - 5 de desempenho se aplica apenas a edificações residenciais e os edifícios tratados no Programa são Educacionais e Institucionais, no final desta monografia tem-se um capítulo com uma análise crítica do mesmo à luz desta Norma.

A seguir apresenta-se sumariamente a parte 5 da Norma 15.575 que trata do Sistema de Cobertura, no que se refere a pontos de interesse para a presente pesquisa:

**Conforto térmico:** Trecho da Norma 15.575 - 5 onde se fixa a importância do Sistema de Cobertura (SC) na condição térmica do edifício e na consequente economia de equipamentos para conforto térmico:

“Sendo o (SC) a parte da edificação mais exposta à radiação direta do sol, ele exerce influência predominante na carga térmica transmitida aos ambientes, influenciando diretamente no conforto térmico dos usuários e no consumo de energia para acionamento de equipamentos de ventilação forçada e/ou condicionamento artificial do ar”.

**Segurança do trabalho:** A Norma alerta para o acesso seguro à cobertura, além da facilidade na manutenção da cobertura:

“Os aspectos relacionados à segurança de pessoas, devido aos serviços de execução ou manutenção dos SC serem exercidos em locais acima do solo e de acesso cuidadoso, constituem considerações adicionais previsíveis nos projetos”.

**Desempenho estrutural:** A Norma estabelece basicamente nível de desempenho mínimo para resistência ao arrancamento pela ação do vento, às cargas de manutenção e manuseio, e às solicitações de cargas acidentais como granizo e outras:

“Apresentar um nível satisfatório de segurança contra a ruína e não apresentar avarias ou deformações e deslocamentos que prejudiquem a funcionalidade do Sistema de Cobertura”.

“O projeto deve estabelecer as considerações sobre a ação do vento, principalmente nas zonas de sucção, detalhes de fixação. Suportar cargas transmitidas por pessoas e objetos nas fases de montagem ou de manutenção”.

**Segurança contra incêndio:** A Norma estabelece requisitos mínimos dos materiais utilizados no Sistema de Cobertura referentes aos níveis de combustão e de proteção contra descarga atmosférica:

“Reação ao fogo dos materiais de revestimento e acabamento: Dificultar a propagação de chamas no ambiente de origem do incêndio e não criar impedimento visual que dificulte a fuga dos ocupantes em situações de incêndio”.

**Segurança no uso e na operação:** A Norma relaciona os requisitos mínimos para segurança e uso, a integridade do sistema de cobertura e as operações de manutenção e operação da cobertura:

“**Integridade do sistema de cobertura:** Não apresentar partes soltas ou destacáveis sob ação do próprio peso e sobrecarga de uso”.

“**Risco de deslizamento de componentes:** Sob ação do próprio peso e sobrecarga de uso, eventuais deslizamentos dos componentes não podem permitir perda da estanqueidade do SC”.

**“Manutenção e operação:** Propiciar condições seguras para sua montagem e manutenção, bem como para a operação de dispositivos instalados sobre ou sob o SC”.

**“Possibilidade de caminhamento de pessoas sobre o sistema de cobertura:** O projeto deve delimitar as posições dos componentes dos telhados que não possuem resistência mecânica suficiente para o caminhamento de pessoas e indicar a forma de deslocamento das pessoas sobre os telhados”.

**Platibandas:** A Norma especifica os requisitos mínimos de segurança das platibandas nos Sistemas de Coberturas:

“Sistemas ou platibandas previstos para sustentar andaimes suspensos ou balanços leves devem suportar a ação dos esforços atuantes no topo e ao longo de qualquer trecho”;

**Sistema de proteção contra descarga atmosférica:** A Norma indica os critérios para aterramento e proteção contra descarga atmosférica:

**“Aterramento de sistemas de coberturas metálicas:** Sistemas de cobertura constituídos por estrutura e/ou por telhas metálicas devem ser aterrados, a fim de propiciar condução das descargas e a dissipação de cargas eletrostáticas eventualmente acumuladas nas telhas pelo atrito com o vento, bem como para inibir eventuais problemas de corrosão por corrente de fuga (contato acidental com componentes eletrizados); para tanto deve atender à ABNT NBR 5419”.

**Salubridade e estanqueidade:** Descreve as condições de salubridade e de estanqueidade a serem atendidas para o ambiente construído e coberto:

**“Condições de salubridade:** Ser estanque à água de chuva, evitar a formação de umidade e evitar a proliferação de insetos e micro-organismos”.

**“Estanqueidade:** Durante a vida útil de projeto do sistema de cobertura, não pode ocorrer a penetração ou infiltração de água que acarrete escoamento ou gotejamento”.

“O projeto deve estabelecer a necessidade do atendimento da regularidade geométrica da trama da cobertura, durante a vida útil de projeto, a fim de que não resulte em prejuízo à estanqueidade do SC”.

“**Captação e escoamento de águas pluviais:** O sistema de cobertura deve ter capacidade para drenar a máxima precipitação passível de ocorrer, na região da edificação, não permitindo empoçamentos ou extravasamentos para o interior da edificação, para os áticos ou quaisquer outros locais não previstos no projeto da cobertura”.

**Estanqueidade para sistema de cobertura impermeabilizado** - A Norma trata das condições mínimas de estanqueidade para as coberturas impermeabilizadas:

“Os Sistemas de coberturas impermeabilizados devem:

- a) no ensaio da lâmina d’água ser estanques por no mínimo 72 h;
- b) manter a estanqueidade ao longo da vida útil de projeto do SC”.

“**Desempenho térmico:** Apresentar transmitância térmica e absorvância à radiação solar que proporcionem um desempenho térmico apropriado para cada zona bioclimática”.

“**Desempenho acústico:** São considerados o isolamento de sons aéreos do conjunto fachada/cobertura de edificações e o nível de ruído de impacto no piso (caminhamento, queda de objetos e outros) para as coberturas acessíveis de uso coletivo”.

“**Durabilidade e manutenibilidade:** Os fabricantes, quer do SC, quer dos componentes, quer dos subsistemas, bem como o construtor e o incorporador público ou privado, isolada ou solidariamente, devem especificar todas as condições de uso, operação e manutenção dos SC, conforme sua especificidade, conforme definido nas premissas de projeto e na ABNT NBR 5674”.

**Funcionalidade e acessibilidade:** Essa diretriz já estava enunciada pelo FUNDUSP em 1991 e buscou-se nas intervenções do Programa de recuperação das coberturas:

“O Sistema de cobertura deve ser passível de proporcionar meios pelos quais permitam atender fácil e tecnicamente às vistorias, manutenções e instalações previstas em projeto”.

## **4. DIRETRIZES TÉCNICAS DO PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE COBERTURAS**

### **4.1 CONCEITO DE SISTEMA DE COBERTURA**

Conforme NBR 15575-5 (2013), Sistema de cobertura é o “conjunto de elementos/componentes, dispostos no topo da construção, com a função de assegurar estanqueidade às águas pluviais e salubridade, proteger os demais sistemas da edificação ou elementos e componentes da deterioração por agentes naturais, e contribuir positivamente para o conforto termoacústico da edificação”.

E segundo Azeredo (1997) deve “possuir propriedades isolantes, ser impermeável, resistente, inalterável quanto à forma e ao peso, leve, de secagem rápida, de longa duração, de custo econômico, de fácil manutenção, prestar-se às dilatações e contrações, e ter bom escoamento”.

Portanto, Sistema de cobertura é parte do edifício dotado de uma forma específica, atendendo a uma função e a estética arquitetônica.

Em síntese, as coberturas devem preencher as seguintes condições:

- a) funções utilitárias: estanqueidade, leveza, manutenibilidade, funcionalidade, segurança, isolamento térmico e acústico;
- b) funções estéticas: forma e aspecto harmônico com a linha arquitetônica, dimensão dos elementos, textura e coloração;
- c) funções econômicas: custo da solução adotada, durabilidade e fácil conservação dos elementos.

#### 4.1.1 Conceito de estanqueidade da cobertura

A Norma de Desempenho ABNT NBR 15575-5:2013 especifica diversos requisitos e seus respectivos critérios, para avaliar sistemas de cobertura de edifícios sob diferentes condições. Dentre tais requisitos, ressalta-se o atendimento à estanqueidade à água do sistema de cobertura durante sua vida útil.

Os sistemas de cobertura têm as funções de proteger as edificações contra a ação das intempéries – chuva, vento, raios solares, e impedir a penetração de poeira e ruídos, além de ter influência importante no desempenho termoacústico da edificação.

As coberturas incluem a parte resistente (laje, estrutura de madeira, estrutura metálica, etc.) e, no caso de telhados, um conjunto de telhas com função de vedação, podendo apresentar ainda forro, camadas de isolamento térmico e outras.

Os componentes dos sistemas de cobertura com telhas são: estrutura: elemento de apoio do telhado (pode ser de madeira, aço, concreto ou outro material adequado para funções estruturais).

A seguir mostramos os critérios de desempenho relativos à estanqueidade na cobertura, e os métodos para avaliar em laboratório o atendimento a esse requisito.

A estanqueidade deve ser verificada pela análise de projetos e, eventualmente, por ensaios, especialmente para os casos em que se desconhece o comportamento de um dos produtos do sistema de cobertura, como nos sistemas construtivos inovadores.

Quando se realiza ensaio, segundo a norma, não deverá ocorrer penetração ou

infiltração de água pelo telhado que acarrete escoamento, gotejamento ou mancha na face interna, considerando as condições de exposição indicadas no texto normativo.

Também não pode ocorrer destelhamento ou arrancamento dos componentes devido à pressão de ar exercida no corpo de prova da cobertura durante o ensaio.

O ensaio consiste em submeter um trecho do sistema de cobertura (corpo de prova) a determinada vazão de água, sob a condição de uma diferença estática de pressão.

Deve-se usar uma câmara estanque ao ar, que possibilite montar o trecho da cobertura em seu interior. Dentro dela são instalados bicos aspersores de água e de ar, para simular as chuvas sem a interferência do meio externo. O equipamento também possibilita reproduzir as inclinações a que o sistema de cobertura obedecerá, de acordo.

#### 4.1.2 Tipos de cobertura

Conforme os sistemas construtivos das coberturas, características estruturais do edifício, o material utilizado e a técnica construtiva, pode-se classificar as coberturas em:

**Coberturas planas:** São caracterizadas por superfícies planas, horizontais, ou planos de cobertura, também denominados de panos ou águas de uma cobertura.

As declividades e inclinações são entre 1 e 3 %, as mínimas para o escoamento das águas das chuvas, e direcionadas para captação.

As coberturas planas são geralmente construídas em concreto armado e constituem a laje do sistema estrutural do edifício.

Este tipo de cobertura é o mais comum encontrado nos edifícios da USP e é resultado da arquitetura preconizada nos edifícios alvos do programa de recuperação.

**Telhados:** São as coberturas caracterizadas por uma estrutura metálica ou de madeira revestida por telhas de materiais diversos, como metal, plástico, cerâmica ou pedra.

Foi o sistema construtivo mais utilizado na recuperação das coberturas dos edifícios da USP, com a utilização de telhas metálicas.

#### 4.1.3 Tipos de telhado:

**Uma água (meia água):** Caracterizada pela definição de somente uma superfície plana, com declividade, cobrindo uma pequena área edificada ou estendendo-se para proteger entradas (alpendre).

Foi utilizado no Programa de recuperação de coberturas para casos onde a rede de águas pluviais se encontra em um dos lados do edifício.

**Duas águas:** Caracterizada pela definição de duas superfícies planas, com declividades iguais ou distintas, unidas por uma linha central denominada cumeeira ou distanciadas por uma elevação (tipo americano). O fechamento da frente e fundo é feita com oitões.

No Programa de recuperação de coberturas foi utilizada no caso onde o edifício permite a instalação de calhas e descidas de águas pluviais em faces paralelas do edifício e os outros lados executados com platibandas metálicas ou de alvenaria.

**Três águas:** Caracterizada como solução de cobertura de edificações de áreas triangulares, onde se definem três águas unidas por linhas de espigões.

Foram utilizadas no Programa de recuperação de coberturas em casos onde o beiral do edifício cobria os três ou quatro lados do edifício e um dos lados se encontrava com edifício contíguo.

## 4.2 TÉCNICAS ADOTADAS NA RECUPERAÇÃO

### 4.2.1 Diretrizes do FUNDUSP

Em 1991 o Fundo de Construção da USP publicou o documento Procedimentos Gerais de Projeto onde são estabelecidas as condições mínimas a serem observadas na elaboração de projetos para os novos edifícios a serem implantados na USP, bem como para as ampliações e reformas.

Para a execução do programa foram realizadas adaptações e atualizações destas medidas, pois, o Programa atingia edifícios existentes onde algumas das diretrizes estabelecidas não podiam ser adotadas integralmente. A figura 1 ilustra as diretrizes a serem adotadas nas coberturas: telhado sobre laje, calha externa e ventilação sob o telhado.

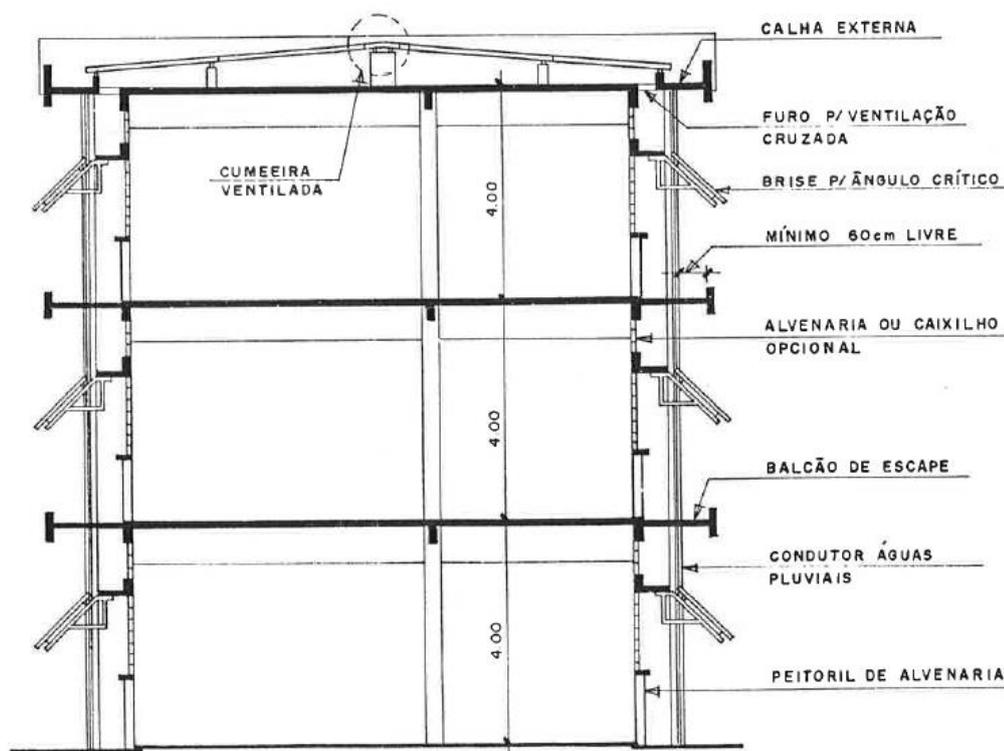


Figura 1 - Seção do edifício com o telhado, a calha externa e a ventilação da cobertura (Fonte: FUNDUSP, 1991)

A diretriz mais importante e que mais teve maior resistência na sua adoção pelo Programa foi a instalação de telhado sobre laje. Isto ocorreu especialmente em edifícios de maior destaque arquitetônico.

A seguir estão elencadas as doze diretrizes do Programa de Recuperação de Coberturas dos Edifícios relacionadas pelo FUNDUSP em 1991 e o modo como foram adotadas no programa:

Diretriz 1: “As coberturas deverão ser sempre projetadas em telhados, não sendo permitida a utilização de lajes impermeabilizadas”

A adoção do telhado sobre laje plana de concreto foi a medida central nas intervenções realizadas. Apenas em dois casos empregou-se a impermeabilização como solução para reforma da cobertura. Os dois casos foram o Instituto Oceanográfico e o Conjunto das Colméias.

Buscou-se na instalação de telhado sobre laje impermeabilizada a utilização de técnicas e materiais que fossem reversíveis no futuro, estrutura metálica apoiada na estrutura de concreto com o mínimo de demolições e construções em alvenaria.

Foram utilizadas telhas de aço que oferecem grandes vantagens em termos de instalação, principalmente em função de seu baixo peso. Em razão da sua durabilidade, facilidade de manutenção e reciclabilidade, as coberturas em telha de aço respondem às exigências da Construção Sustentável.

O acabamento das telhas de aço foi de aço Zincado por imersão a quente e pré-pintadas, onde as bobinas de aço zincado são pintadas antes de serem conformadas em telhas.

O perfil das telhas adotado foi o trapezoidal com alturas de 40mm e 100mm, larguras úteis de 950mm e 980mm e espessuras das chapas de 0,5mm e 0,8mm. A fixação das telhas foi executada através de parafusos autoperfurantes 12 - 14x3/4”



**Telha trapezoidal h=40mm**



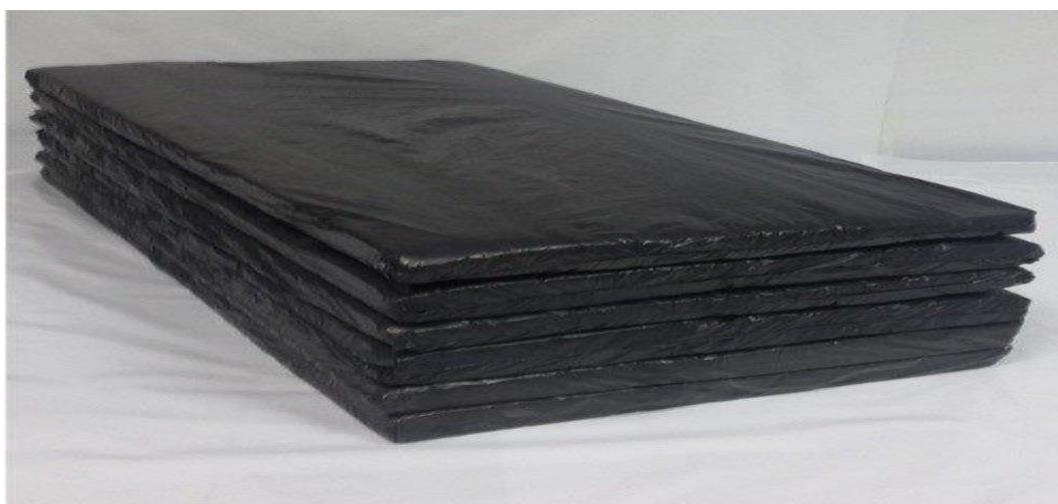
**Telha trapezoidal h=100mm**

**Figura 2 - Telhas metálicas trapezoidais (fonte: Portal AecWEB)**

Diretriz 2: “Os telhados serão projetados com ventilação permanente e cruzada entre o telhado e a laje de forro, a fim de garantir as condições de conforto térmico”.

Esta diretriz preconizada pelo FUNDUSP tinha como alvo os edifícios a serem construídos. As coberturas que foram recuperadas pelo Programa eram de edifícios onde o conforto térmico estava garantido por uma laje do tipo caixão perdido ou com a utilização de placas de sombreamento.

Os projetos de recuperação das coberturas especificaram mantas isolantes de lã de rocha ou de fibra de vidro, ensacadas e dispostas sob o telhado, conforme ilustrado na figura 3.



**Figura 3 - Manta ensacada de lã de rocha (Fonte: Biolã)**

### Diretriz 3: “Utilização de cumeeiras com ventilação”

É o mesmo caso anterior, a ventilação pelas cumeeiras visava ao conforto térmico, que no caso dos edifícios existentes já estava previsto através da laje do tipo caixão perdido ou através de placas de sombreamento e nos projetos de reforma foi reforçado pela camada de manta isolante em lã de rocha ou de fibra de vidro.

Diretriz 4: “O projeto deverá prever acesso fácil e permanente à cobertura, sem a utilização de escada marinheiro”

Esta diretriz foi observada parcialmente, pois, os edifícios existentes não dispunham de escada até a cobertura e, então foram disponibilizados acessos através de alçapões e escadas do tipo marinheiro ou o acesso ficou através de caixilhos junto a cobertura. A figura 4 ilustra o acesso através de alçapão e escada marinheiro.



**Figura 4 - Alçapão e escada do tipo marinheiro interna (fonte: SEF)**

Diretriz 5: - “Os telhados deverão ter beirais protegidos inferiormente pelo prolongamento das lajes de forro” (calha externa ao perímetro do edifício)

Foi atendida nos casos onde já haviam beirais e em outros casos através da calha externa ao edifício.

Diretriz 6: “O traçado dos telhados deverá ser feito no sentido de evitar o corte de telhas”.

Esta diretriz foi adotada conforme a configuração do edifício. Nos casos onde os lados da cobertura são em laje projetada (beiral), o telhado desta cobertura teve 3 águas ou mais, onde apareceram os espigões e águas furtadas. Esses cortes de telhas foram minimizados por acabamentos em chapa com cobrimentos maiores.

Esta recomendação pode ser tomada também para as coberturas em formatos triangulares, circulares e trapezoidais, para as quais recomenda-se uma cobertura em laje de concreto impermeabilizada, pois, não há garantia de vedação para a quantidade de recortes nas telhas para a execução do telhado.

Diretriz 7: “Interferências no telhado (“shaft” de instalações, dutos de exaustão, para-raios, tubulações) deverão ser localizados ao longo da linha da cumeeira”.

Nos edifícios de laboratórios, onde são mais encontrados equipamentos posicionados sobre a cobertura, foram adotados suportes em lajes impermeabilizadas e externos a cobertura, evitando-se a perfuração das telhas.

Diretriz 8: “A estrutura de suporte das telhas (terças) deverá ser apoiada e ancorada em pilaretes (alvenaria e concreto armado), e estes perfeitamente ancorados na laje de forro”.

Esta medida foi a mais adotada nas intervenções, tomando-se o cuidado com a espessura da laje de cobertura, pois, em lajes nervuradas ou do tipo caixão perdido a espessura da laje às vezes não ultrapassa 7 cm.

Em alguns casos foram utilizados perfis de aço em chapa dobrada apoiados na laje de cobertura através de chapa de ligação ancorada na laje.

Diretriz 9: "Todas as concordâncias do telhado com paredes deverão ser guarnecidas por rufos, tanto horizontais como acompanhando a inclinação do telhado".

Foram adotadas chapas de aço galvanizadas nas bitolas 18, 20 e 22, respectivamente 1,25 mm, 0,90 mm e 0,75 mm como arremate do telhado com as alvenarias, com recobrimento de 01 onda (trapézio) de telha. Posteriormente, constatamos que a espessura de 1,25 mm dificultava a execução das emendas e foram substituídas por 0,90 mm e 0,75 mm.

Diretriz 10: "Na parte superior das platibandas deverão ser previstos rufos do tipo pingadeira".

Como os arremates entre o telhado e as alvenarias, sobre as platibandas metálicas ou em alvenaria, foram utilizados rufos do tipo pingadeira em chapa metálica nas espessuras de 1,25 mm, 0.90 mm e 0.75 mm.

Diretriz 11: "As águas pluviais da cobertura serão captadas por calhas externas a área coberta, posicionadas na extremidade dos beirais e deverão contar, também, com extravasores de segurança (buzinotes)".

Esta é outra diretriz que consideramos importante para o desempenho do sistema de cobertura. A calha externa associada com o extravasor de segurança reduz consideravelmente as ocorrências de infiltração de água de chuva. Pois, transfere toda a água coletada pelo telhado para o perímetro externo do edifício.

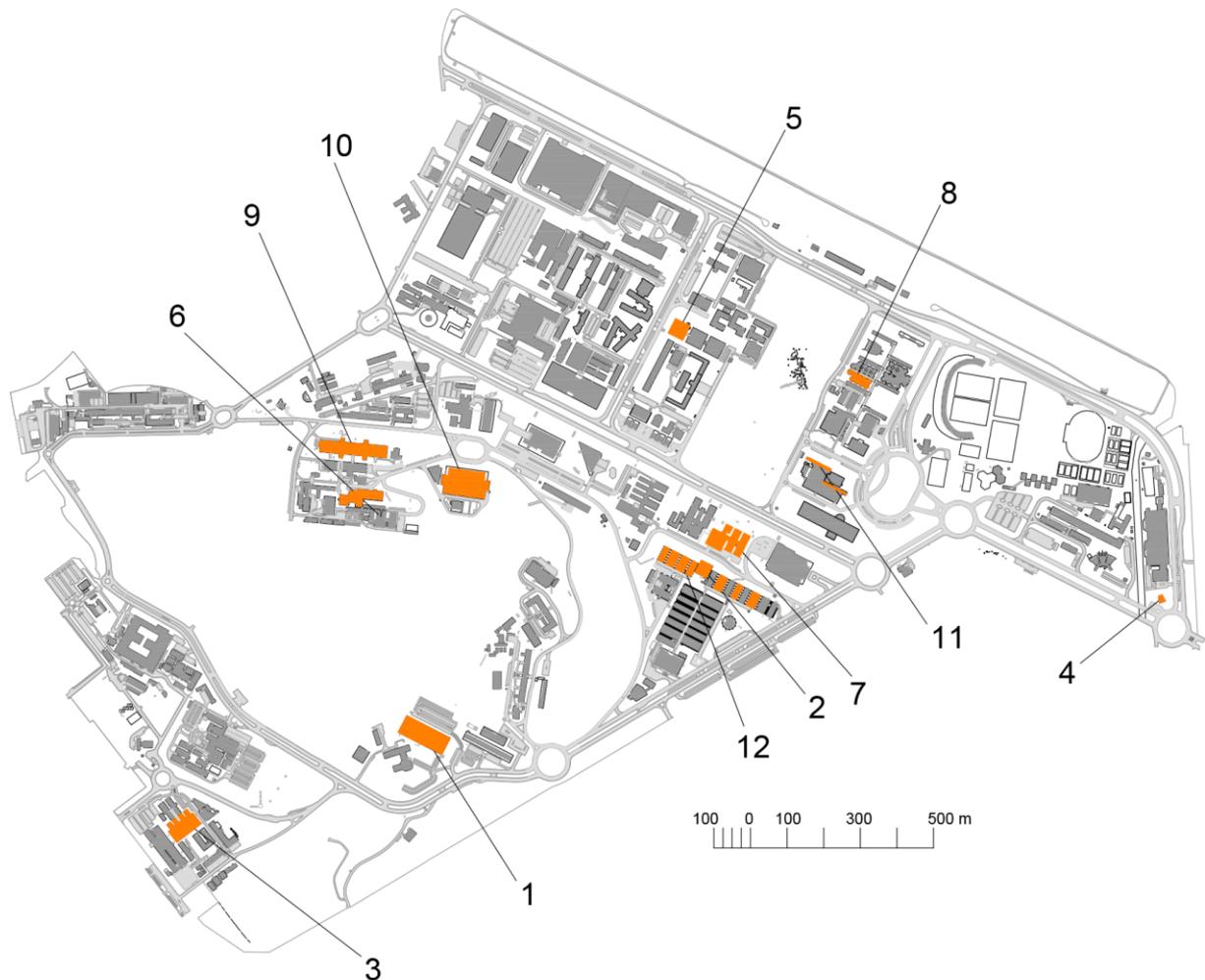
Este procedimento foi adotado na maior parte das intervenções, exceto nos edifícios onde a instalação da calha externa fosse acarretar transformações drásticas na arquitetura do edifício.

Diretriz 12: “Não deverão ser, de preferência, utilizadas calhas de concreto armado impermeabilizadas, sendo recomendada a utilização de chapas metálicas ou de fibra de vidro tendo como berço canaleta de concreto ou alvenaria, com largura livre de no mínimo 0,45 m” (calha acessível para limpeza).

Esta diretriz não foi adotada, pois, a experiência demonstrou, especialmente com os Blocos complementares da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, que a instalação de calha metálica sobre canaleta de concreto é procedimento redundante e oculta possíveis vazamentos na chapa metálica, ocasionando a necessidade da remoção integral da calha metálica.

## 5. ESTUDOS DE CASOS

A seguir são apresentados e analisados 12 intervenções ocorridas no Campus Armando de Salles Oliveira da Universidade de São Paulo, na capital do estado, entre os anos de 1998 e 2012 (figura 5).



- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| 1. ICB I                          | 7. Departamento de Ciências Sociais FFLCH |
| 2. Centro de Vivências - IQ       | 8. Colméias                               |
| 3. Blocos Complementares - FMVZ   | 9. Ala Central - I.F.                     |
| 4. Centro de Informações - PUSP   | 10. Instituto Oceanográfico               |
| 5. Bloco A – ECA                  | 11. Blocos K e L – Administração Central  |
| 6. Conjunto Alessandro Volta - IF | 12. Conjunto das Químicas                 |

**Figura 5 - CUASO - Localização (Fonte: SEF)**

As intervenções se dividem em 9 casos de telhados sobre laje plana de concreto, 2 casos de recuperação de impermeabilização existentes e uma intervenção em telhado existente para reparos dos arremates em chapa metálica.

As edificações relacionadas foram inauguradas entre 1963, que é o caso do Blocos K e L da Administração Central, e 1993, que foi o caso do Blocos Complementares da FMVZ.

Os edifícios estão localizados nos setores das Biociências, das Humanidades, das Ciências Físicas, Químicas e das Ciências Farmacêuticas, e no Setor da Reitoria e Administração Central.

## 5.1 EDIFÍCIO I DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS

Ficha Técnica

Área de projeção: 3.077,20 m<sup>2</sup>

Cobertura original: Laje de concreto impermeabilizada sobre vigas-calhas protendidas

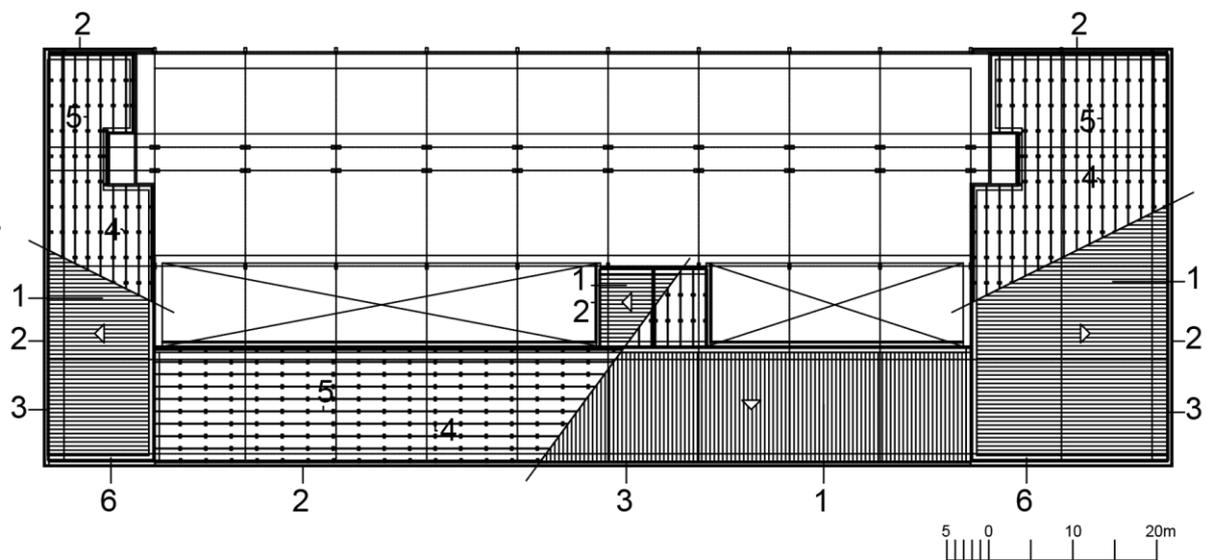
Uso: Ensino e Pesquisa

Localização: Av. Lineu Prestes, 1524 - Cidade Universitária - São Paulo

Data de construção: 1973

Data da intervenção: 1999

**Intervenção:** Esta obra teve como objetivo a construção de um telhado sobre a laje de cobertura do Edifício da Biomédicas I, a fim de solucionar o problema de infiltração de água no prédio (Figura 6).



- |                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1. Telha metálica          | 4. Pilarete de alvenaria    |
| 2. Platibanda em telha     | 5. Terça em viga de madeira |
| 3. Calha em chapa metálica | 6. Rufo em chapa metálica   |

**Figura 6 - Planta de cobertura do I.C.B.(Fonte: SEF)**

**Serviços preliminares:** Os equipamentos de ar-condicionado instalados sobre a laje foram removidos, bem como os dutos de exaustão e ventilação da lanchonete do pavimento abaixo, e o Sistema de Proteção contra Descarga Atmosférica, que foram recolocados posteriormente.

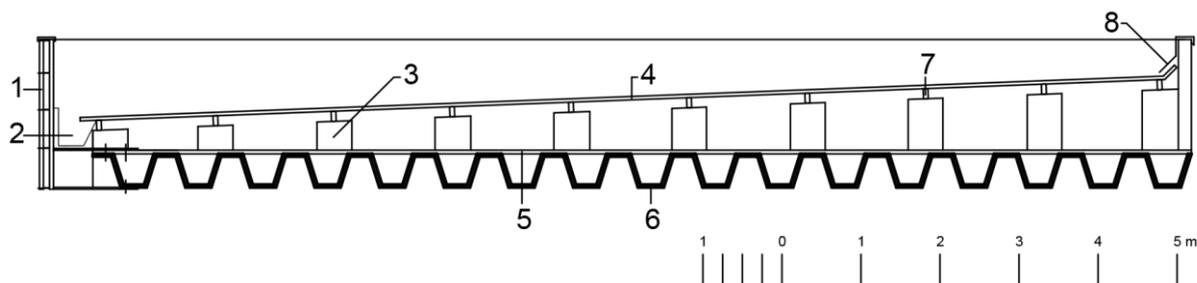
**Telhas:** Foram instaladas telhas de aço zincado, com espessura de 0.5 mm, largura útil de 1025 mm, pré-pintadas em uma das faces (externa), com pintura eletrostática e polimerização em estufa, com utilização de tinta pó em poliéster, epoxy e poliuretano.

O telhado tem inclinações de 4% e 5%, em direção às calhas. O telhado de uma água tem duas fiadas de telhas, e o telhado de duas águas tem apenas uma fiada. O recobrimento de 30 cm com a utilização de fita de vedação no sentido longitudinal e transversal da telha (Figuras 7 e 8).



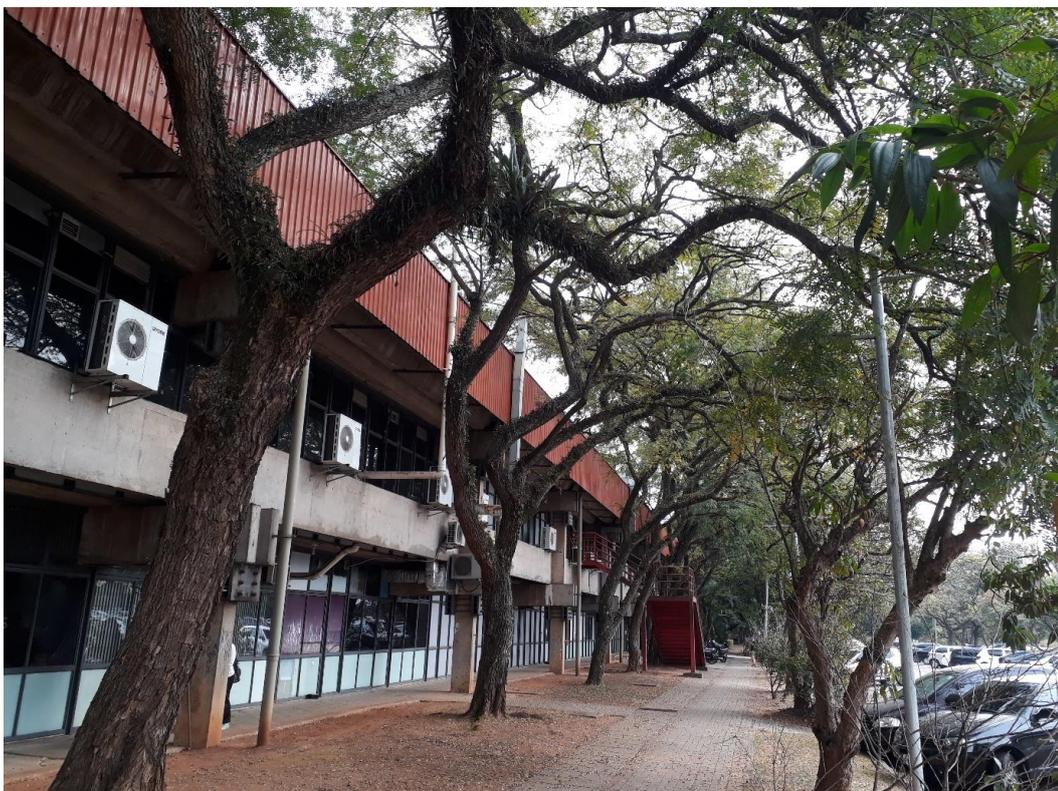
**Figura 7 - Telhado sobre laje de terraço (Fonte: SEF)**

A quantidade de fiadas de telhas por água do telhado foi definida pelo tamanho máximo da telha a ser transportada, limitada à dimensão de 9.00m (tamanho do caminhão).



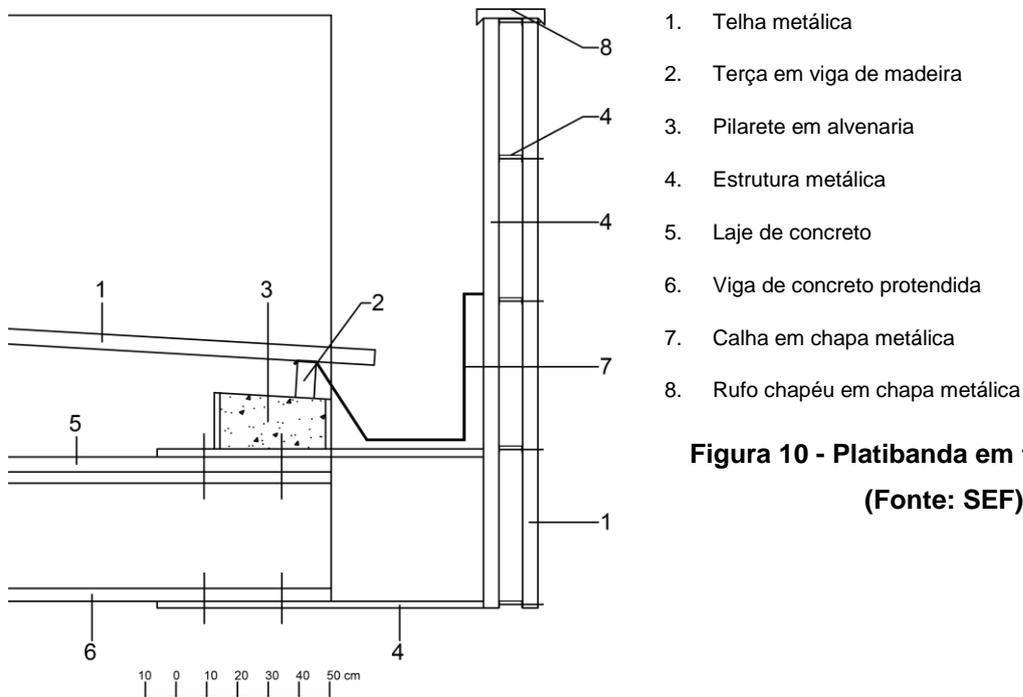
- |                                 |                             |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1. Platibanda em telha metálica | 5. Laje de concreto         |
| 2. Calha em chapa metálica      | 6. Viga calha protendida    |
| 3. Pilarete em alvenaria        | 7. Terça em viga de madeira |
| 4. Telha metálica               | 8. Rufo em chapa metálica   |

**Figura 8 - Corte da laje em viga protendida (Fonte: SEF)**



**Figura 9 - Platibanda de telhas metálicas no ICB I (Fonte: SEF)**

**Platibanda:** A platibanda foi executada em telhas metálicas de mesma especificação do telhado sobre a laje apoiadas em estrutura metálica (Figuras 9 e 10).

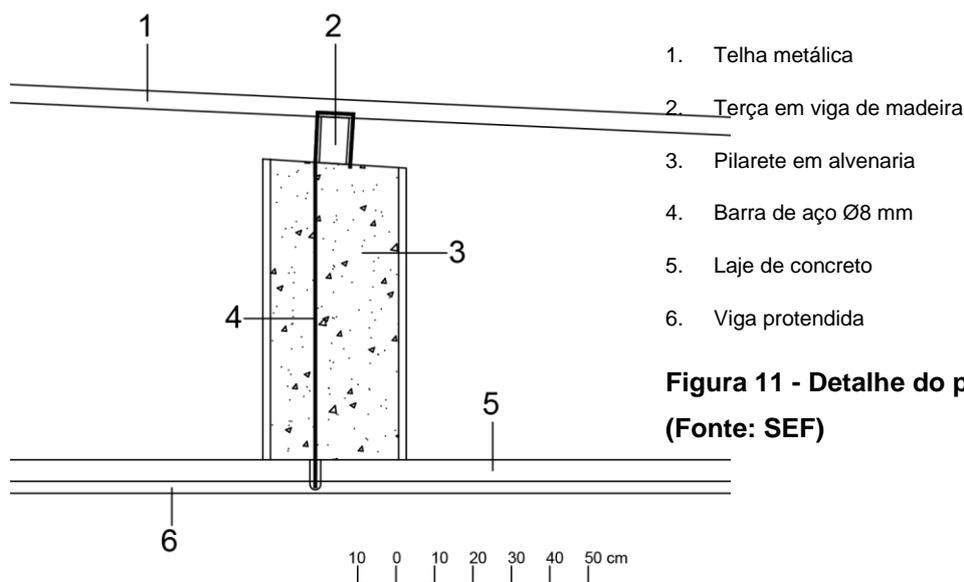


**Figura 10 - Platibanda em telha metálica**  
(Fonte: SEF)

**Estrutura:** A estrutura metálica foi executada com aço de alta resistência à corrosão. Os perfis metálicos utilizados na estrutura obedecem às espessuras mínimas de 2.0 mm para os perfis estruturais, 6.0 mm para as chapas de ligação e 12.5 mm para as placas de apoio. Os parafusos possuem tratamento anti-corrosivo com diâmetro mínimo de 10 mm. Os chumbadores utilizados foram os químicos, pois, não são aceitos chumbadores de expansão.

Como apoio do telhado foram executados pilaretes em alvenaria (blocos de concreto 14x19x39 cm) sobre a laje, e terças em vigas de madeira (peroba) 6x12 cm apoiadas nas alvenarias.

Os apoios em alvenaria foram preenchidos com concreto magro e passado em seu interior aço com diâmetro de 8 mm fixado na laje através de resina epóxi e amarrando a viga de madeira, conforme demonstrado na figura 11.



**Calhas:** As calhas são em chapa de aço galvanizado nº 18, apoiadas na estrutura metálica, com previsão de sobrecarga para manutenção.

As inclinações mínimas são de 0,5 % em direção às descidas e foram previstos extravasores no mesmo diâmetro da descida de A.P.

**Arremates:** Nos encontros do telhado com as alvenarias e platibandas foram instalados rufos em chapa de aço galvanizado nº 18, sendo que o rufo recobre o telhado 400 mm no mínimo.

O rufo foi fixado através de buchas e parafusos no caso do encontro com as alvenarias e rebites no caso do encontro com as platibandas de telha.

Sobre as alvenarias e platibandas de telha foram instaladas pingadeira em chapa de aço nº 18, fixada na alvenaria com buchas e parafusos, e rebites no caso das platibandas de telha.

**Instalações Hidráulicas:** Foram instaladas descidas de A.P. em tubos de P.V.C. branco com diâmetro de 150 mm. Foram fixadas nos pilares através de braçadeiras com buchas e parafusos e pintadas com látex acrílico fosco na cor cinza, após o lixamento do tubo (Figura 12).

**Tela:** No vão entre a laje e a platibanda de telha, onde não houver calha, foi instalado tela metálica com largura da malha de 25.4 mm com fio n 12 para evitar a entrada de pássaros e insetos.

A tela foi fixada em requadros de 50x90 cm de cantoneiras de ferro, e estas fixadas na estrutura da platibanda.



**Figura 12 - A platibanda e sua estrutura apoiada nas vigas-calhas existente e as descidas de A.P. fixadas na estrutura de concreto (Fonte: SEF)**

**Resultado:** A intervenção no edifício do ICB I demonstrou que a utilização de estrutura e de telhas metálicas como platibanda da cobertura atende uma das principais

diretrizes técnicas do Programa, a calha externa, e considera uma atualização arquitetônica do edifício preservando a original.

A utilização dos pilaretes em alvenaria e a viga de madeira como terço do telhado foram revistos em grande parte dos projetos seguintes e substituídos por perfis metálicos.

## 5.2 CENTRO DE VIVÊNCIAS DO INSTITUTO DE QUÍMICA

Ficha Técnica

Área de projeção: 898,00 m<sup>2</sup>

Cobertura original: Laje de concreto impermeabilizada

Uso: Centro de Vivências de alunos e restaurante administrado pela USP

Localização: Avenida Professor Lineu Prestes – Cidade Universitária - SP

Data de construção: 1976

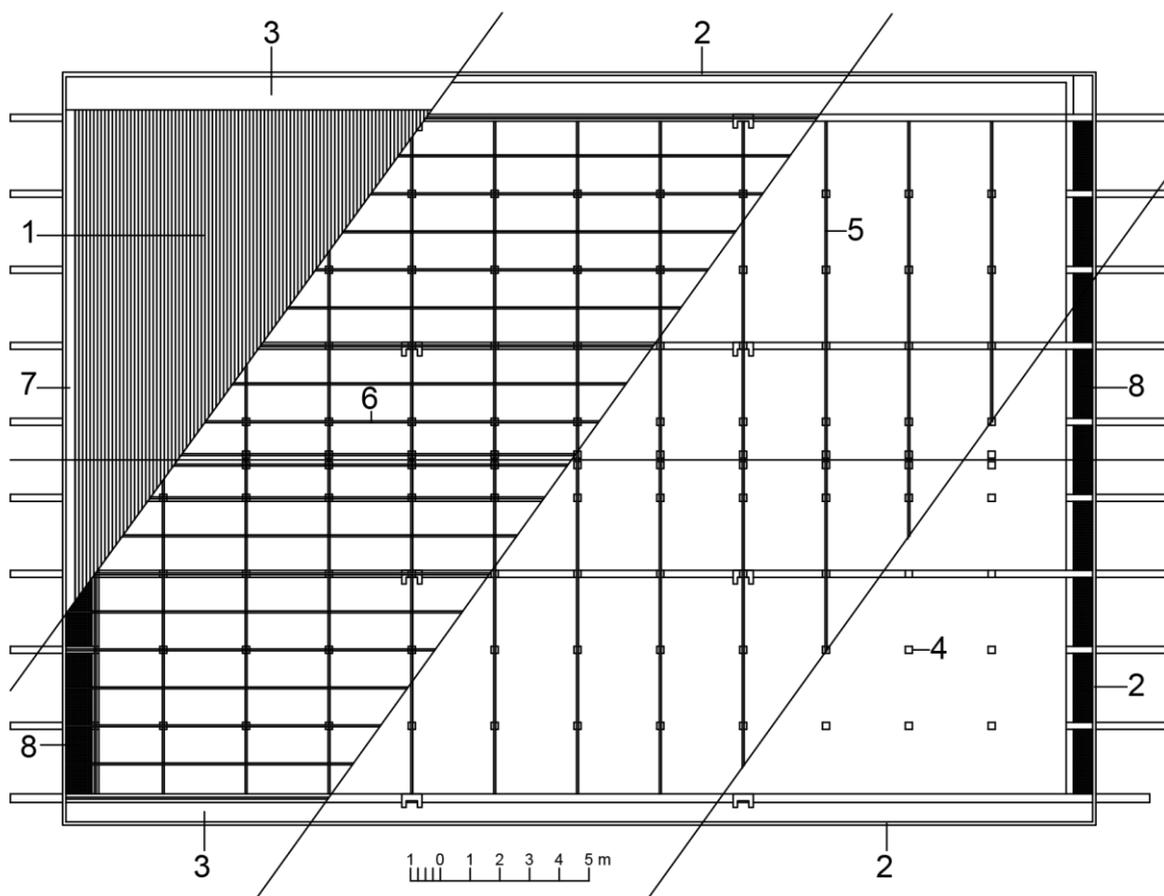
Data da intervenção: 2000

**Intervenção:** Esta obra teve como objetivo a construção de um telhado sobre a laje de cobertura do Centro de Vivências do Instituto de Química, a fim de solucionar o problema de infiltração de água no prédio (Figuras 13 e 14).



Figura 13 - Vista geral do edifício e a platibanda da cobertura do Centro de Vivências do Conjunto das Químicas (Fonte: SEF)

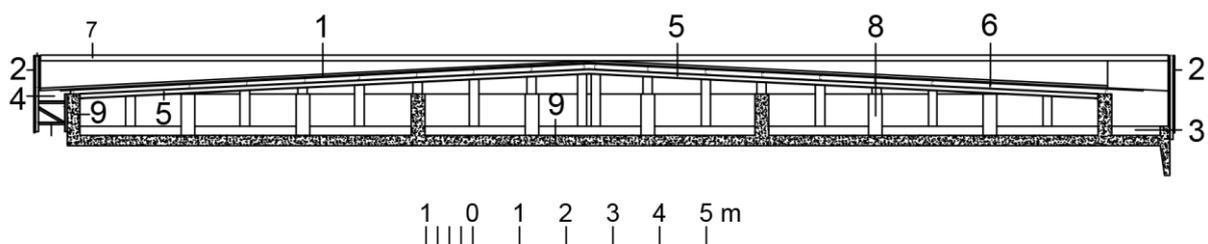
**Telhas:** Instalação de duas fiadas de telhas em aço zincado com espessura de 0,8 mm e altura de onda de 40 mm, com pós-pintura eletrostática na face externa, perfil trapezoidal e inclinação de 5 % em direção às calhas externas metálicas. Foram utilizadas fitas de vedação nos sentidos transversal e longitudinal das telhas e recobrimento de 30 cm entre telhas. A cumeeira instalada tem largura total de 600 mm, 300 mm para cada água e seção transversal trapezoidal (Figura 14).



- |                            |  |
|----------------------------|--|
| 1. Telha metálica          | 5. Perfil metálico                         |
| 2. Platibanda metálica     | 6. Terça em perfil metálico                |
| 3. Calha em chapa metálica | 7. Rufo lateral em chapa metálica e=0,8 mm |
| 4. Pilarete em alvenaria   | 8. Tela metálica #12,5 mm                  |

**Figura 14 - Planta da cobertura do Centro de Vivências (Fonte: SEF)**

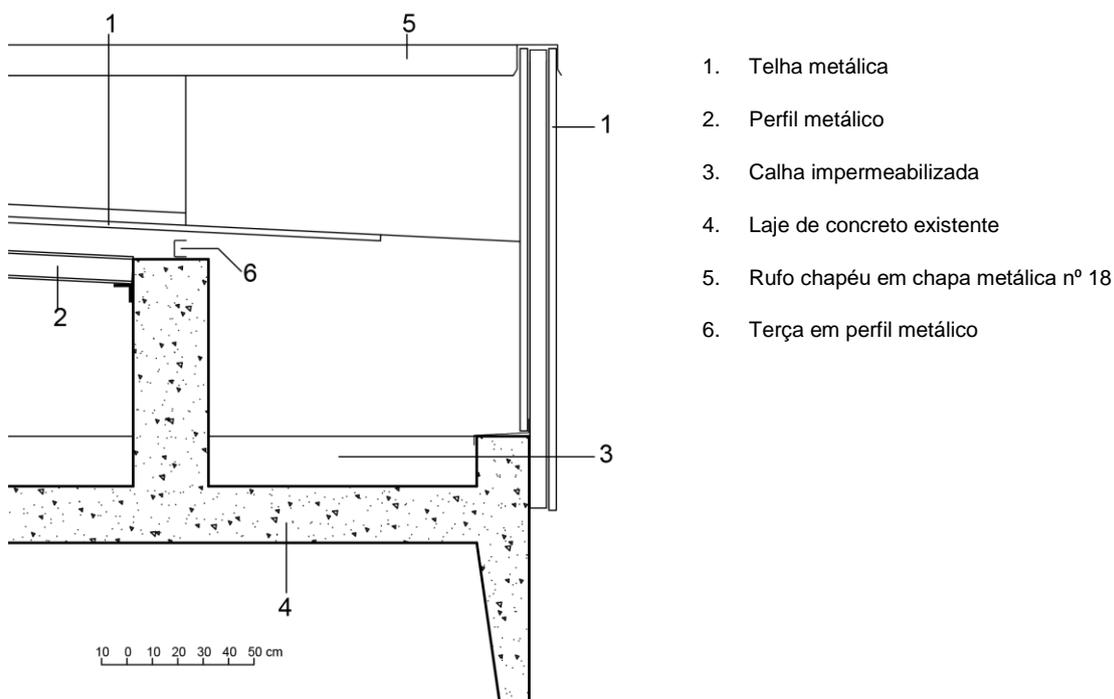
**Platibanda:** Executada em telhas metálicas trapezoidais de mesma seção e espessura do telhado apoiadas em estrutura metálica (Figuras 16, 18 e 19).



- |                           |                                  |  |
|---------------------------|----------------------------------|--|
| 1. Telha metálica         | 4. Calha em chapa metálica nº 18 | 7. Rufo chapéu em chapa metálica nº 18 |
| 2. Platibanda metálica    | 5. Perfil metálico               | 8. Pilarete em alvenaria               |
| 3. Calha impermeabilizada | 6. Terça em perfil metálico      | 9. Estrutura de concreto existente     |

**Figura 15 - Corte da cobertura (Fonte: SEF)**

**Estrutura:** A estrutura de apoio do telhado (figura 15) é composta por pilaretes de bloco de concreto 19x19x39 cm assentados com argamassa de cimento e areia e preenchidos com concreto magro. Passando pelo interior dos pilaretes barra de aço com Ø8 mm fixado na laje através de resina epóxi e amarrando a terça metálica em perfil “U” de 100 mm.



- |  |
|--|
| 1. Telha metálica                      |
| 2. Perfil metálico                     |
| 3. Calha impermeabilizada              |
| 4. Laje de concreto existente          |
| 5. Rufo chapéu em chapa metálica nº 18 |
| 6. Terça em perfil metálico            |

**Figura 16 - Detalhe da calha impermeabilizada (Fonte: SEF)**



Figura 17 - Vista à direita do telhado sobre o Centro de Vivência do Conjunto das Químicas (Fonte: SEF)

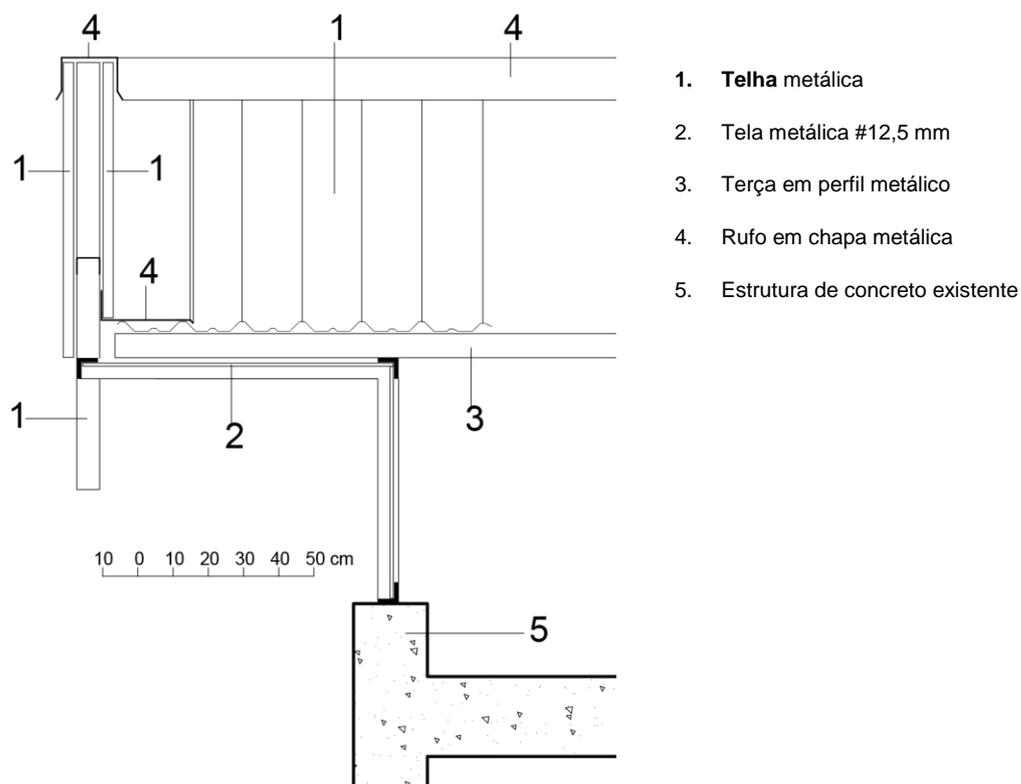
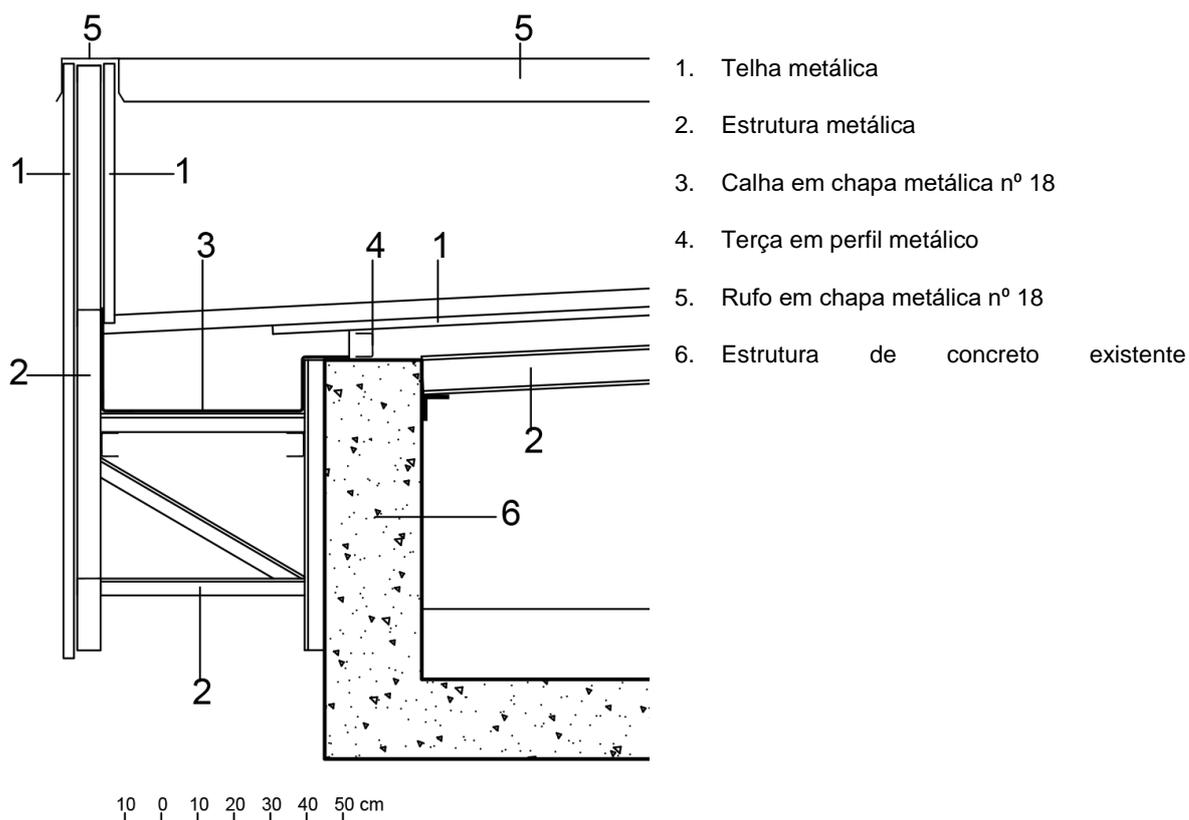


Figura 18 - Detalhe da platibanda (Fonte: SEF)



**Figura 19 - Detalhe da calha em chapa metálica (Fonte: SEF)**

O aço utilizado foi de alta resistência à corrosão e espessuras mínimas de 2,0 mm para as peças estruturais, 6,0 mm para as chapas de ligação, 12,5 mm para as placas de apoio e parafusos com tratamento anti-corrosivo de 10 mm.

**Instalações Hidráulicas:** Foram instalados tubos de P.V.C. branco com Ø100 mm fixados através de braçadeiras com buchas e parafusos, e pintados na cor cinza.

**Resultado:** Esta intervenção utilizou a estrutura metálica na maior parte dos elementos da cobertura, exceto por alguns pilaretes em alvenaria e o aproveitamento da calha em concreto.

Nesta intervenção não foi previsto acesso à cobertura, porém, a configuração do telhado em duas águas, calhas externas, platibandas com arremates nos quatro lados da cobertura e a ausência de interferências deverá minimizar a necessidade de limpeza periódica.

### 5.3 BLOCOS COMPLEMENTARES DA F.M.V.Z.

Ficha Técnica

Área de projeção = 3.870,00 m<sup>2</sup>

Cobertura original: Laje com telhado e arremates em chapa metálica n° 18

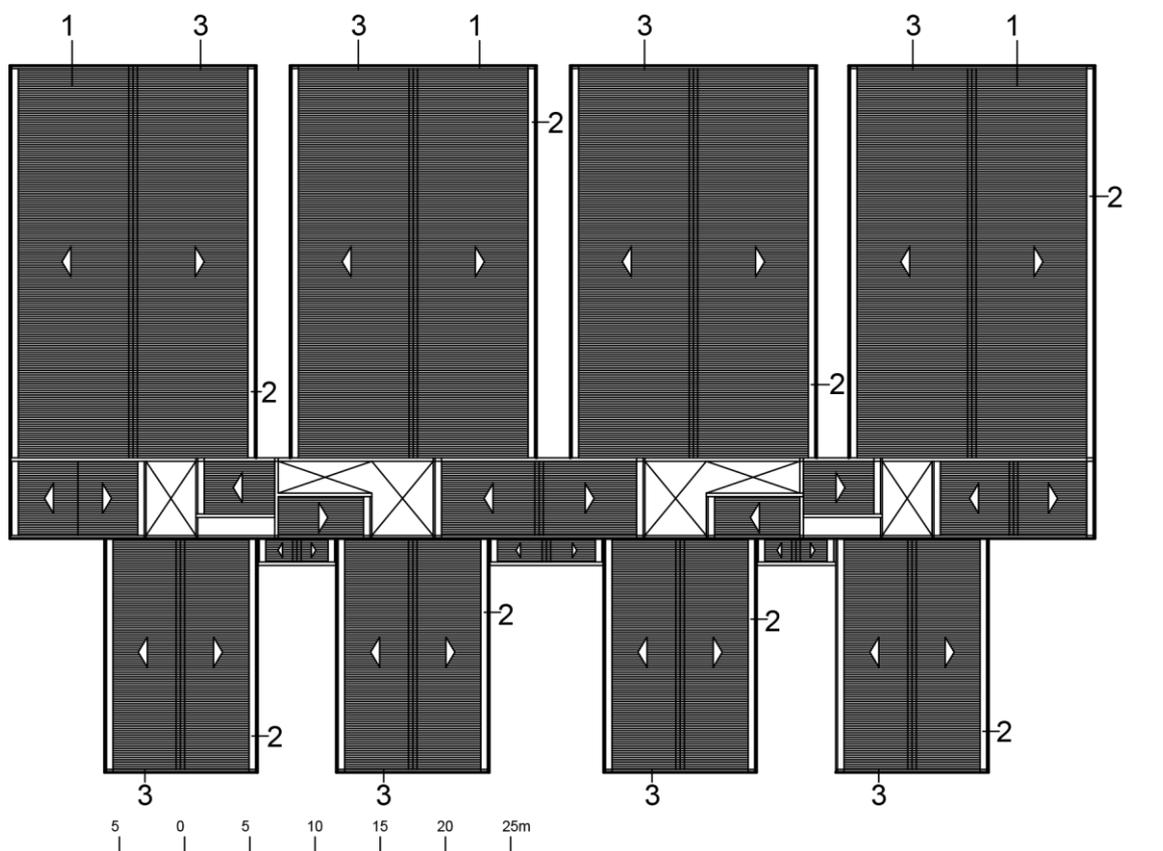
Uso: Laboratórios e Hospital veterinário

Localização: Av. Professor Orlando Marques de Paiva, 87 – Cidade Universitária - SP

Data de construção: 1993

Data da intervenção: 2000

**Intervenção:** A obra teve o propósito de corrigir as calhas metálicas existentes, seus arremates e uniões, e acrescentar novas chapas (Figuras 20 e 23).

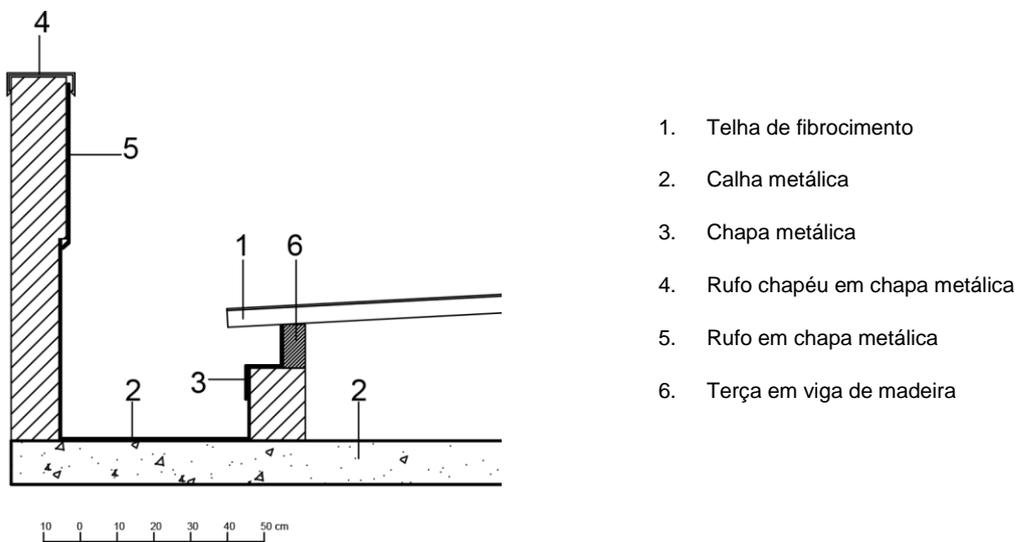


- 1. Telhado existente em fibrocimento
- 2. Calha em chapa metálica sobre concreto
- 3. Rufo lateral em chapa metálica

Figura 20 - Planta de cobertura (Fonte: SEF)

As chapas metálicas instaladas se mostraram inadequadas, pois, a espessura de 1,2 mm adotada no projeto executivo tornava as chapas de arremates do telhado pouco flexíveis e de difícil união das partes, tanto através de emenda soldada como através de rebites. A partir desta experiência foram adotadas para as chapas metálicas espessuras menores que 1,2 mm.

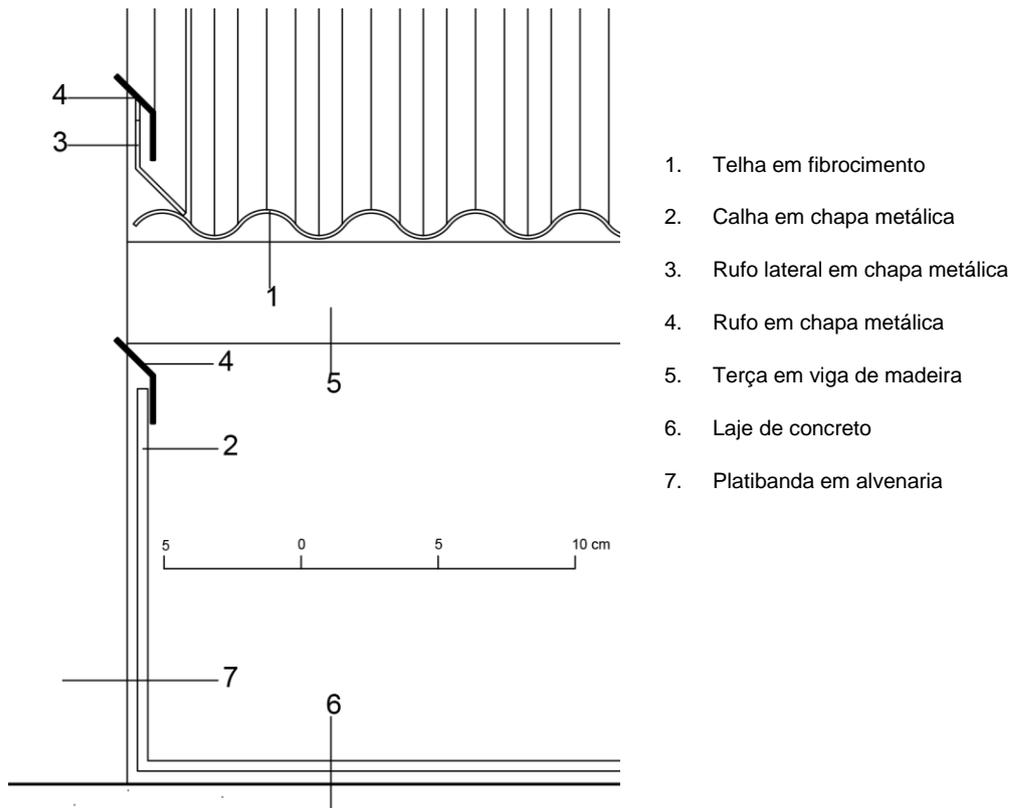
**Calha:** As calhas metálicas existentes com espessura de 1,2 mm foram removidas e substituídas por chapas metálicas com 0,90 mm, aparafusadas nas emendas e calafetadas com poliuretano (Figura 21).



**Figura 21 - Detalhe da calha em chapa metálica existente (Fonte: SEF)**

**Arremates:** Os rufos e arremates em chapa metálica com espessura de 1,2 mm foram removidos e substituídos por chapa metálica com espessura de 0,90 mm, rea-  
 adequando às condições locais (Figuras 21 e 22).

As juntas de dilatação nos beirais do Bloco 17, foram refeitos com arremate em alvenaria e capeamento em chapa metálica com espessura de 0.90 mm.



**Figura 22 - Detalhe da calha e rufo lateral (Fonte: SEF)**



**Figura 23 - Telhado com cumeeira ventilada e os arremates em chapa metálica da F.M.V.Z. (Fonte: SEF)**

**Resultado:** Esta intervenção ocorreu em edifício construído conforme as Diretrizes Técnicas do FUNDUSP em 1991, e as correções implementadas no Programa serviram como referência para as especificações futuras.

As principais correções foram a redução da espessura das chapas da calha e dos arremates do telhado, e a impermeabilização da calha de concreto em substituição da chapa metálica moldada no berço em concreto.

## 5.4 CENTRO DE INFORMAÇÕES – PREFEITURA DO CAMPUS

Ficha Técnica

Área de projeção = 272,00 m<sup>2</sup>

Cobertura original: Laje de concreto com vigas invertidas impermeabilizada

Uso: Recepção de visitantes do Campus

Localização: Praça Profº Reynaldo Porchat – Cidade Universitária - SP

Data de construção: 1971

Data da intervenção: 2001

**Intervenção:** Esta obra teve como objetivo a construção de um telhado sobre a laje de cobertura do Centro de Informações da USP, a fim de solucionar o problema de infiltração de água no prédio (Figura 24 e 25).

**Serviços Preliminares:** Para a instalação do telhado a caixa d'água existente na cobertura foi demolida, e construída outra sobre os sanitários internos.

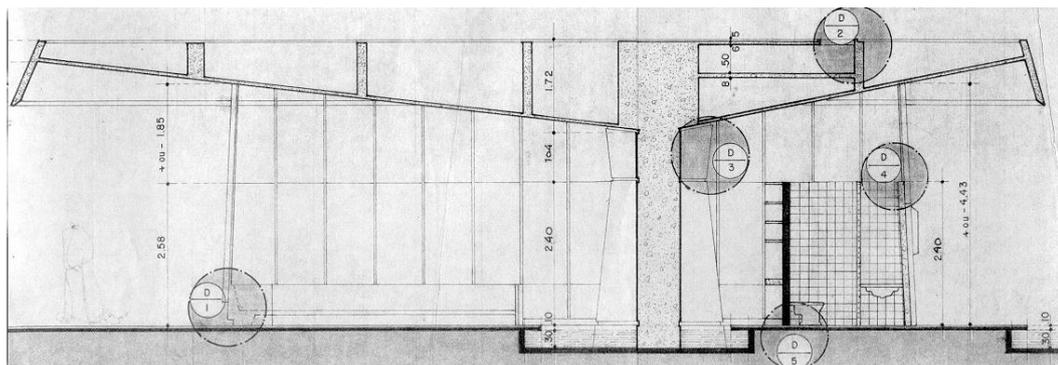
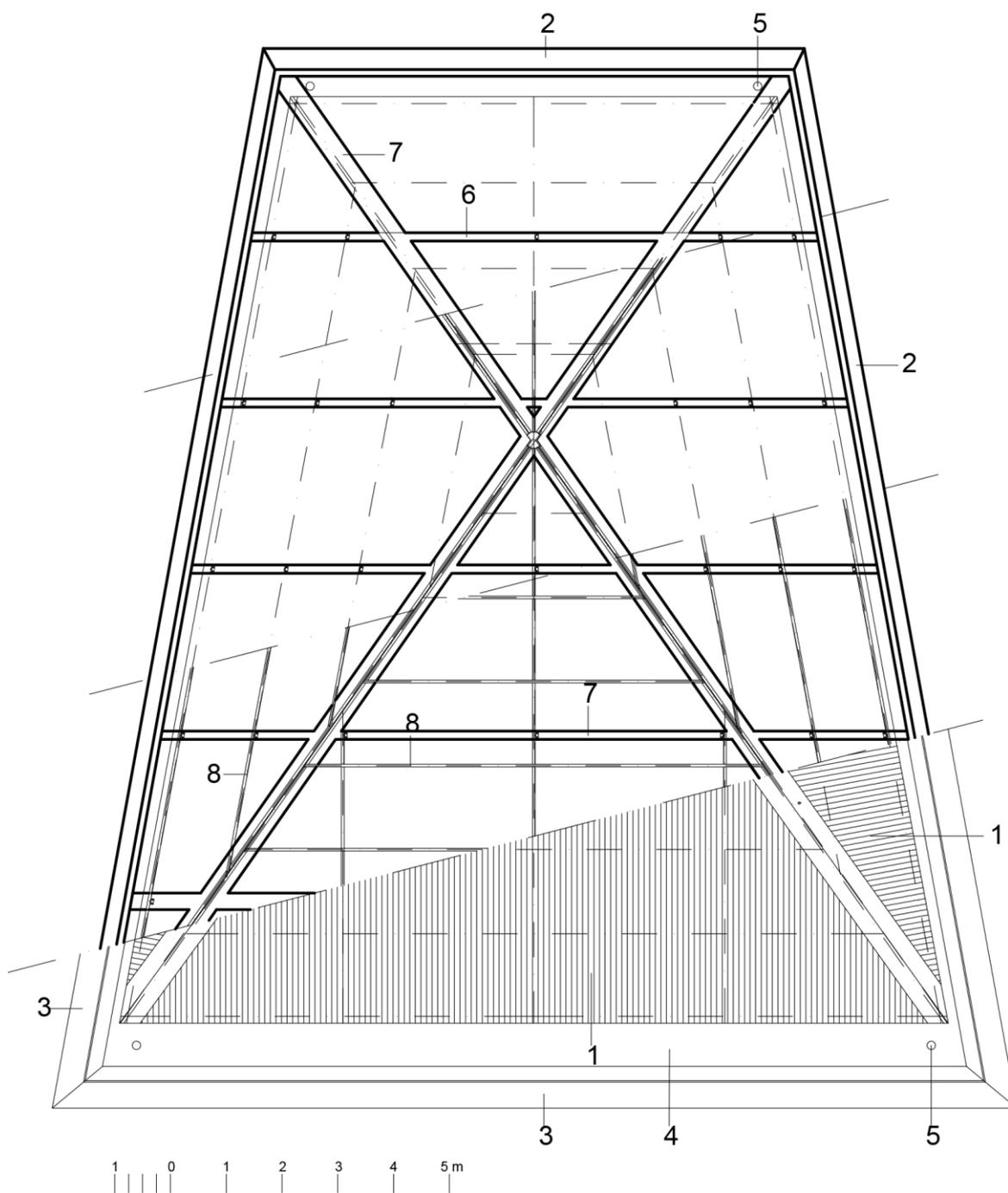


Figura 24 - Corte da estrutura original do Centro de Informações (Fonte: SEF)

**Telhas:** Foram instaladas telhas de aço zincado, com espessura de 0.8 mm, altura de 40 mm, largura útil de 980 mm, pré-pintada, com pintura eletrostática e polimerização em estufa, com utilização de tinta pó em poliéster, epoxy e poliuretano, na cor cinza.

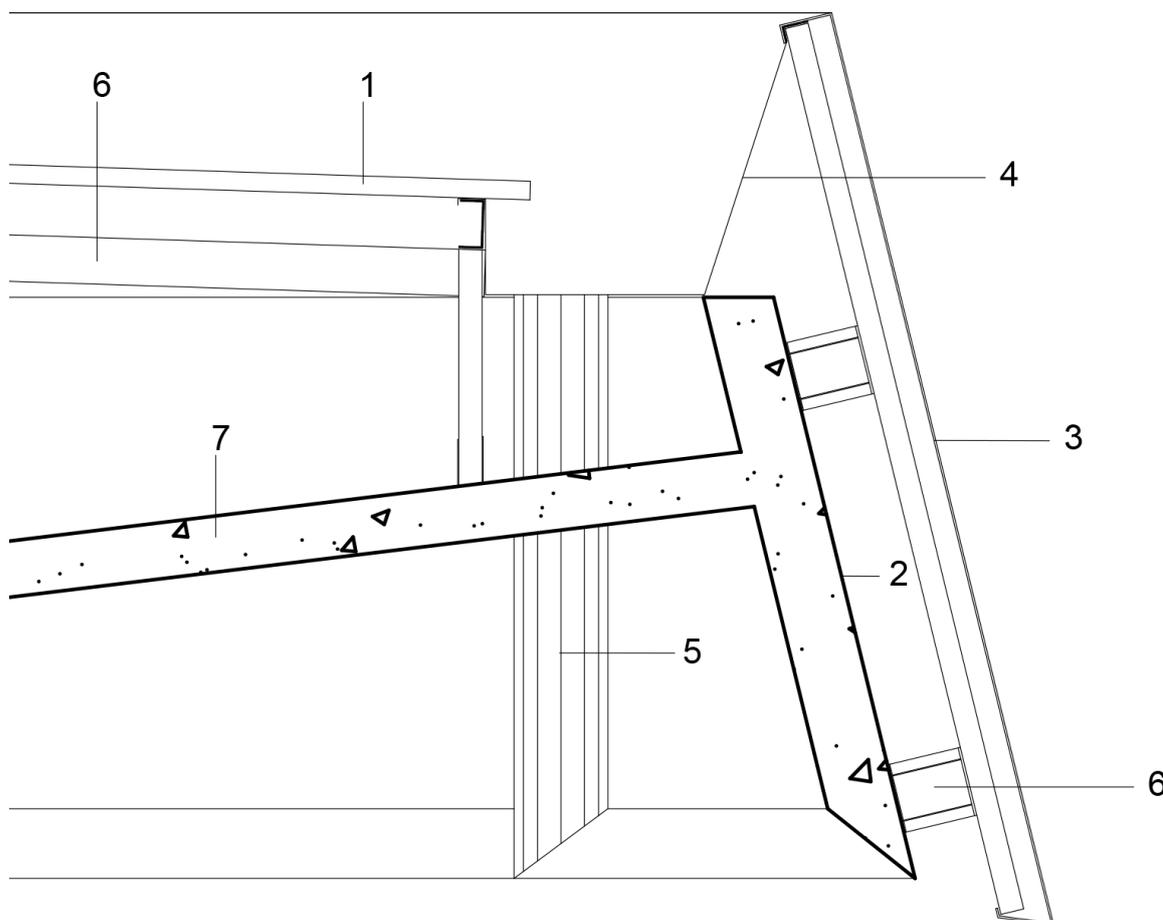


- |  |   |
|--|---|
| 1. Telha metálica                            | 5. Descida de A.P.                      |
| 2. Platibanda em concreto aparente existente | 6. Viga de concreto invertida existente |
| 3. Platibanda em chapa de alumínio           | 7. Estrutura de concreto existente      |
| 4. Calha em chapa metálica                   | 8. Terça em perfil metálico             |

**Figura 25 - Planta da cobertura (Fonte: SEF)**

O telhado apresenta inclinações de 3 %, em direção às calhas, com águas em duas fiadas de telhas com recobrimento mínimo de 30 cm e utilização de fita de vedação no sentido longitudinal e transversal da telha.

**Platibanda:** A platibanda foi executada em chapas de alumínio composto fixadas na testeira de concreto existente através de estrutura metálica (Figura 26).



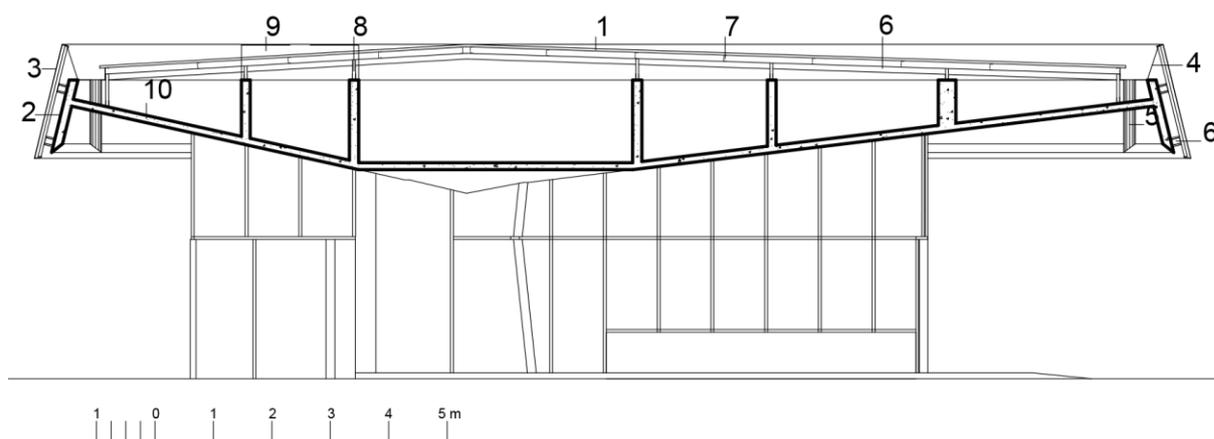
- |                                    |                       |
|------------------------------------|-----------------------|
| 1. Telha metálica                  | 5. Descida de A.P.    |
| 2. Platibanda em concreto aparente | 6. Estrutura metálica |
| 3. Platibanda em chapa de alumínio | 7. Laje de concreto   |
| 4. Calha em chapa de alumínio      |                       |

**Figura 26 - Detalhe da platibanda em chapa de alumínio (Fonte: SEF)**

**Estrutura:** Para a estrutura metálica foram especificados aços de alta resistência à corrosão com eletrodos compatíveis, e utilizados parafusos zincados por imersão a quente. A figura 27 indica a estrutura de apoio do telhado.

As espessuras mínimas adotadas foram para as peças principais de 3,0 mm, para as chapas de ligação foram de 6,0 mm e para as peças secundárias 2,0 mm. O diâmetro mínimo dos tirantes foi de 12,0 mm.

Os chumbadores para a fixação da estrutura metálica foram através de resina epóxi e diâmetro de 10 mm.



- |                                    |                                |
|------------------------------------|--------------------------------|
| 1. Telha metálica                  | 6. Estrutura metálica          |
| 2. Platibanda de concreto          | 7. Terça em perfil metálico    |
| 3. Platibanda em chapa de alumínio | 8. Pilarete em perfil metálico |
| 4. Calha em chapa metálica         | 9. Viga de concreto            |
| 5. Descida de A.P.                 | 10. Laje de concreto           |

**Figura 27 - Corte da cobertura com o telhado (Fonte: SEF)**

**Calha:** As calhas são em chapa de aço galvanizado nº 18, apoiadas na estrutura metálica. As inclinações mínimas são de 0,5 % em direção às descidas de A.P. com 150 mm de diâmetro (Figura 26).

**Arremates:** Nos encontros do telhado com a platibanda foram instalados rufos em chapa de aço galvanizado nº 18, sendo os contatos com a chapa de alumínio isolados, para prevenir a corrosão galvânica.

O capeamento da platibanda foi executado com a própria chapa de alumínio, isolada da chapa de aço da calha.

**Instalações Hidráulicas:** As descidas de A.P. foram providenciadas por tubos de P.V.C. instalados nos quatro vértices da calha e tem as dimensões limitadas pela altura da platibanda, a fim de serem ocultados, e lançam direto em caixa de passagem com grelha.

A figura 28 a seguir ilustra a intervenção concluída.



**Figura 28 - Vista do Centro de Informações com a platibanda em chapas de alumínio (Fonte: SEF)**

**Resultado:** Esta intervenção ocorreu em edifício de pequenas dimensões mas de importância arquitetônica, por se tratar de espaço construído que recebe o visitante do Campus.

A cobertura em laje, vigas invertidas e platibanda de concreto aparente recebeu um telhado metálico, e, a fim de manter a arquitetura original, recebeu platibanda em chapas de alumínio composto.

Inicialmente o projeto previa telhas metálicas como platibanda, posteriormente, por se tratar de edifício para recepção de visitantes e localizar-se na entrada principal do Campus foi proposto um material de melhor acabamento e maior durabilidade, e que foi confirmado no contato com o Arquiteto João Roberto Leme Simões, autor do projeto original.

## 5.5 BLOCO A – ESCOLA DE COMUNICAÇÕES E ARTES

Ficha Técnica

Área de projeção: 1.782,00 m<sup>2</sup>

Cobertura original: Laje de concreto impermeabilizada e placas de sombreamento

Uso: Salas de Aula

Localização: Av. Profº Lúcio Martins Rodrigues – Cidade Universitária - SP

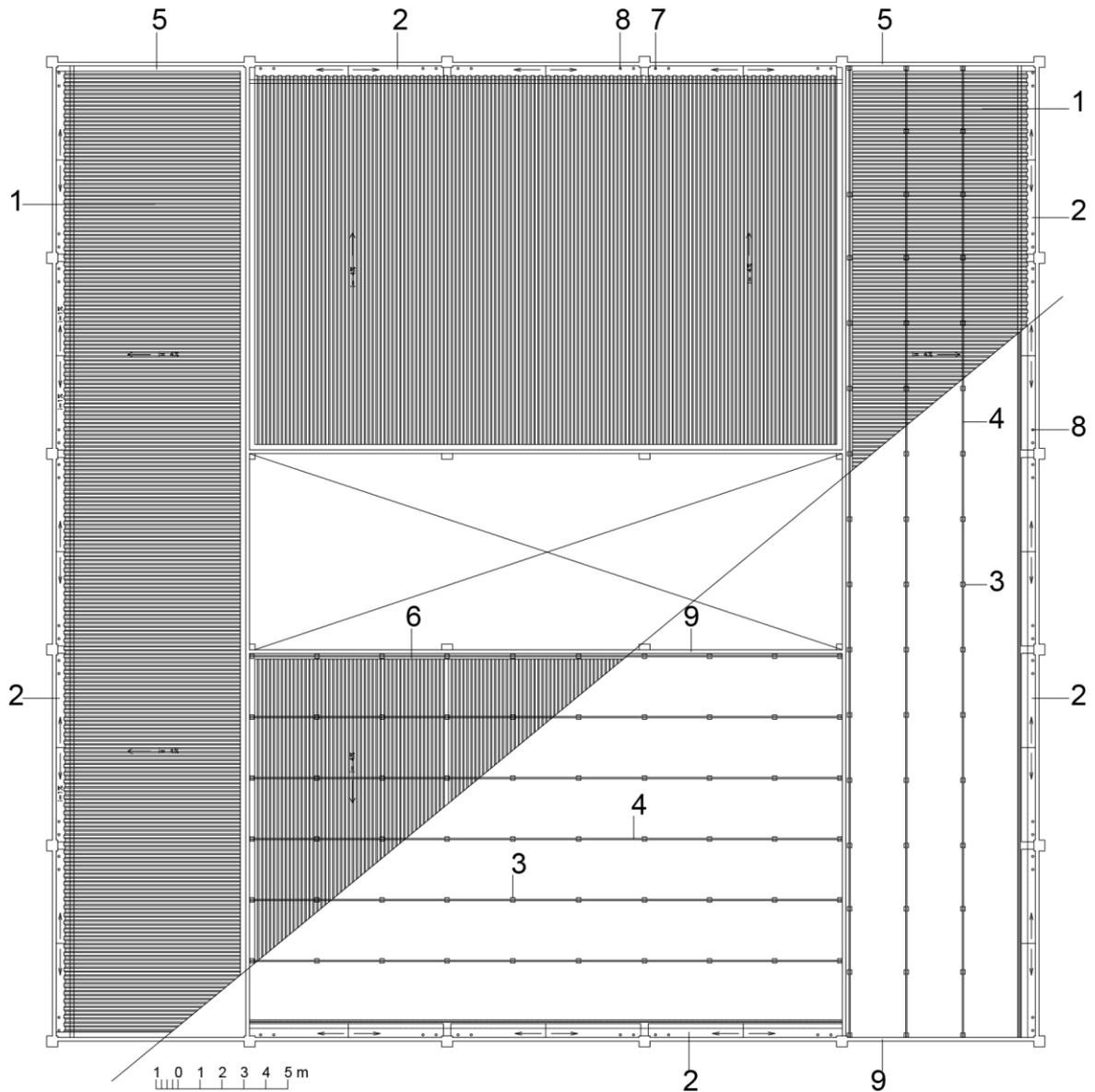
Data de construção: 1977

Data da intervenção: 2001

**Intervenção:** Esta obra teve como objetivo a construção de um telhado sobre a laje de cobertura do Bloco A da ECA, a fim de solucionar o problema de infiltração de água no prédio (Figura 30).



**Figura 29 - Obra de instalação do telhado sobre a laje sem as placas de sombreamento do Bloco A da ECA (Fonte: SEF)**



- |                             |                                   |                            |
|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 1. Telha metálica           | 5. Rufo lateral em chapa metálica | 8. Extravador de A.P.      |
| 2. Calha impermeabilizada   | 6. Rufo de topo em chapa metálica | 9. Platibanda em alvenaria |
| 3. Pilarete em alvenaria    | 7. Descida de A.P.                |                            |
| 4. Terça em viga de madeira |                                   |                            |

Figura 30 - Planta de cobertura (Fonte: SEF)

**Serviços preliminares:** Inicialmente foram removidas as placas de sombreamento existentes, assim como os pilaretes de sustentação das placas (Figura 29).

**Telhas:** As telhas instaladas foram de aço zincado, com espessura de 0.8 mm, altura de 40 mm, largura útil de 980 mm, pré-pintada, com pintura eletrostática e polimerização em estufa, com utilização de tinta pó em poliéster, epóxi e poliuretano, na cor cinza.

O telhado possui inclinações de 4 % em direção às calhas, com as águas em duas fiadas de telhas com recobrimento de 30 cm e fita de vedação no sentido longitudinal e transversal da telha (Figuras 30 e 32).



**Figura 31 - Telhado instalado no Bloco A da ECA (Fonte: SEF)**

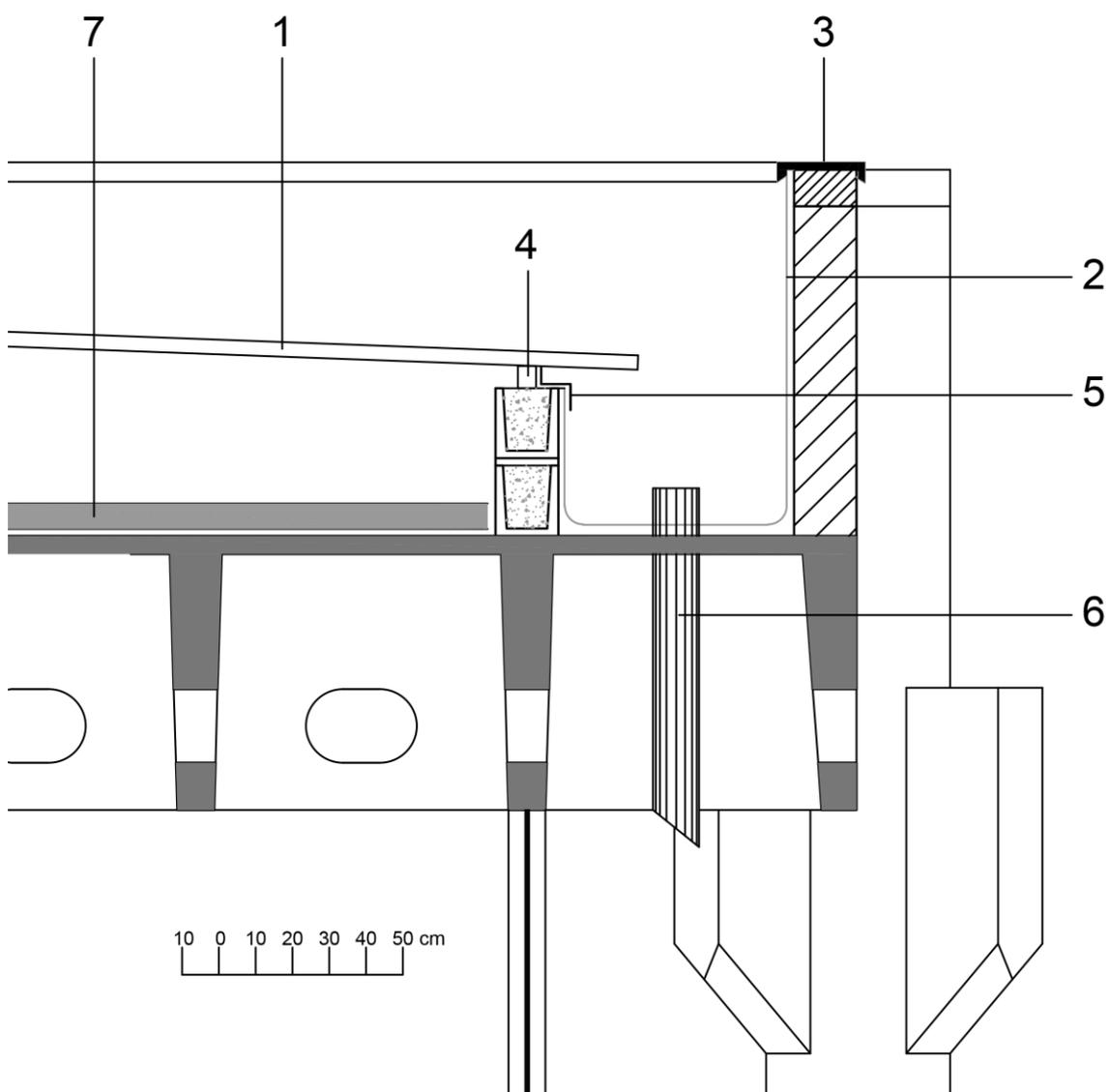
**Platibanda:** A platibanda foi executada em alvenaria de tijolos cerâmicos furados nas dimensões de 10x20x30 cm revestida com argamassa de cimento, cal e areia (Figura 33).

**Estrutura:** A estrutura do telhado foi executada em vigas de peroba 6x12 cm fixadas em pilaretes de alvenaria ancorados à laje.



Sobre as platibandas de alvenaria foram instalados capeamentos em chapa metálica galvanizada nº 20 com caimento em direção à cobertura.

No encontro da telha com a calha foi instalada pingadeira em chapa de aço galvanizada nº 20. Todas as peças em chapa receberam pintura esmalte sobre primer próprio.



**Figura 33 - Detalhe da calha impermeabilizada (Fonte: SEF)**

- |                                  |                               |
|----------------------------------|-------------------------------|
| 1. Telha metálica                | 5. Arremate em chapa metálica |
| 2. Platibanda em alvenaria       | 6. Extravisor de A.P.         |
| 3. Rufo chapéu em chapa metálica | 7. Isolamento térmico         |
| 4. Terça em viga de madeira      |                               |

**Instalações Hidráulicas:** Foram utilizadas as mesmas descidas de A.P. existentes, adequando-se as calhas.

**Isolamento térmico:** Como isolamento térmico, foram colocadas sobre a laje de cobertura mantas de lã de vidro ensacadas, com 2" de espessura e densidade 40 kg/m<sup>3</sup>.

A figura 34 ilustra o telhado instalado.



**Figura 34 - Vista geral do telhado no Bloco A da ECA (Fonte: SEF)**

**Resultado:** A instalação do telhado buscou eliminar o recorte das telhas com a execução dos oitões em alvenaria.

Esta obra utilizou pela última vez a vigas de madeira como terço. As intervenções a seguir utilizaram perfis metálicos.

Sendo um edifício térreo e sem interferências na cobertura, não foi previsto acesso à cobertura, que deverá ser feito através de escada pelo jardim interno do prédio.

## 5.6 BLOCO B DO CONJUNTO ALESSANDRO VOLTA – I.F.

Ficha Técnica

Área de projeção = 506,85 m<sup>2</sup>

Cobertura original: Laje de concreto impermeabilizada.

Uso: Laboratórios de pesquisa.

Localização: Praça do Oceanográfico, Travessa E – Cidade Universitária - SP

Data da construção: 1959

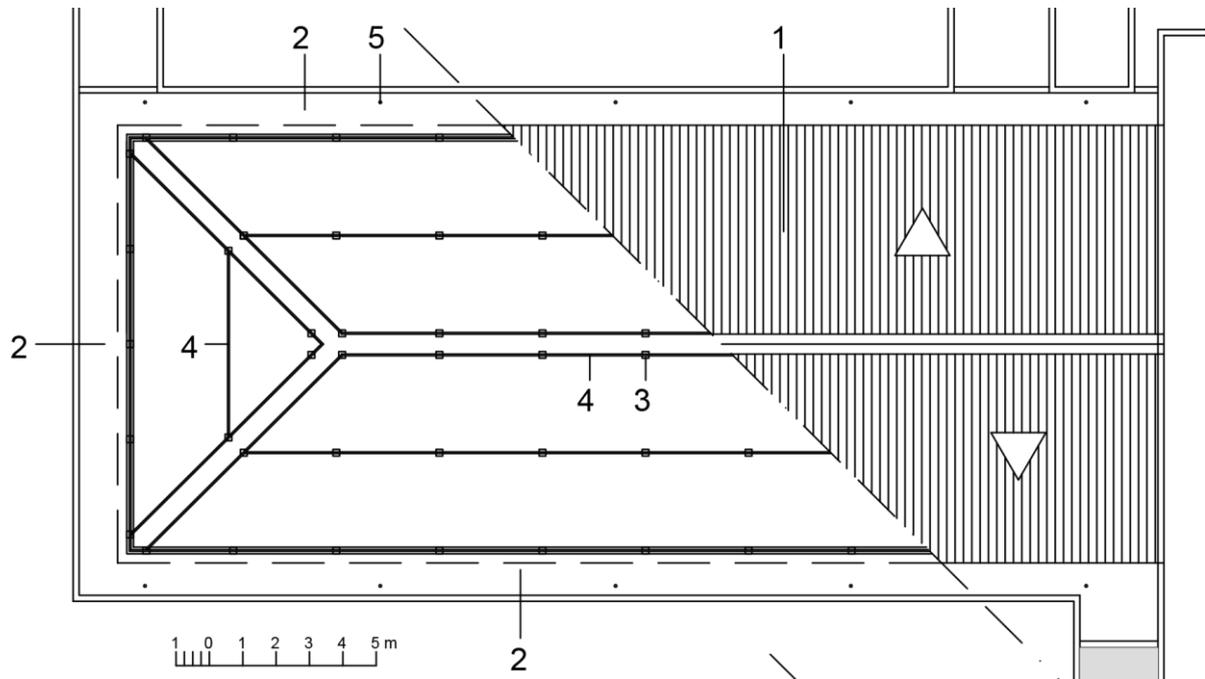
Data da intervenção: 2002

Intervenção: Instalação de telhado em três águas a fim de corrigir a estanqueidade da cobertura (Figuras 35 e 36).



Figura 35 - Situação da cobertura em laje plana existente do Bloco B do Conjunto Alessandro Volta do IF (Fonte: SEF)

**Telhas:** Telhas de aço zincado, com espessura de 0,8 mm, altura de 100 mm, largura útil de 950 mm, pós-pintada em uma das faces (externa), com pintura eletrostática e polimerização em estufa, com utilização de tinta pó em poliéster, epóxi e poliuretano.



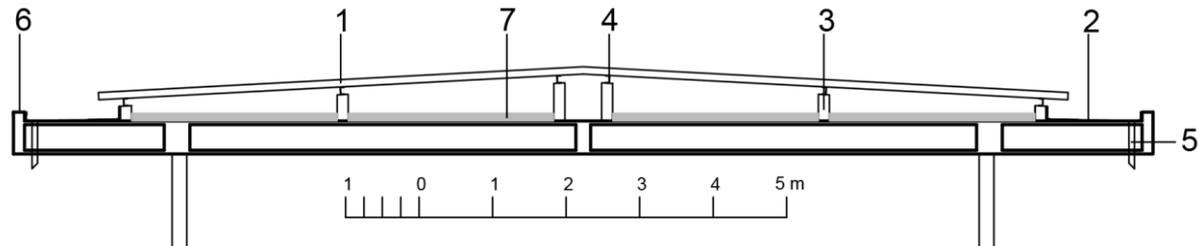
- |                           |                             |
|---------------------------|-----------------------------|
| 1. Telha metálica         | 4. Terça em perfil metálico |
| 2. Calha impermeabilizada | 5. Descida de A.P.          |
| 3. Pilarete em alvenaria  |                             |

**Figura 36 - Planta de cobertura (Fonte: SEF)**

A cumeeira utilizada seguiu a mesma especificação da telha, com encaixes compatíveis, nas dimensões de 300 mm para cada água e 980 mm de largura útil, respeitando a inclinação da água.

**Estrutura:** A estrutura de apoio do telhado foi executada em perfis “U” de chapa dobrada de aço de alta resistência à corrosão, nas dimensões de 100x50 mm, espessura de 3,00 mm, fixadas em pilaretes de alvenaria ancorados à laje. Como armadura de ancoragem foram utilizadas duas barras de aço CA50, com 8 mm de diâmetro, fixadas na laje com resina epoxídica (furo de 6 cm de profundidade por 10 mm de diâmetro). As barras são soldadas à terça metálica de apoio do telhado.

Os pilaretes de alvenaria da estrutura de apoio do telhado foram compostos por blocos de concreto na dimensões de 19x19x19 cm, por onde passam as barras de aço de 8 mm de diâmetro (Figura 38). Foi utilizado argamassa de assentamento composta de areia e cimento.



- |                             |                                  |
|-----------------------------|----------------------------------|
| 1. Telha metálica           | 5. Descida de A.P.               |
| 2. Calha impermeabilizada   | 6. Rufo chapéu em chapa metálica |
| 3. Pilarete em alvenaria    | 7. Isolamento Térmico            |
| 4. Terço em perfil metálico |                                  |

**Figura 37 - Cobertura em laje de concreto tipo caixão perdido com o telhado (Fonte: SEF)**

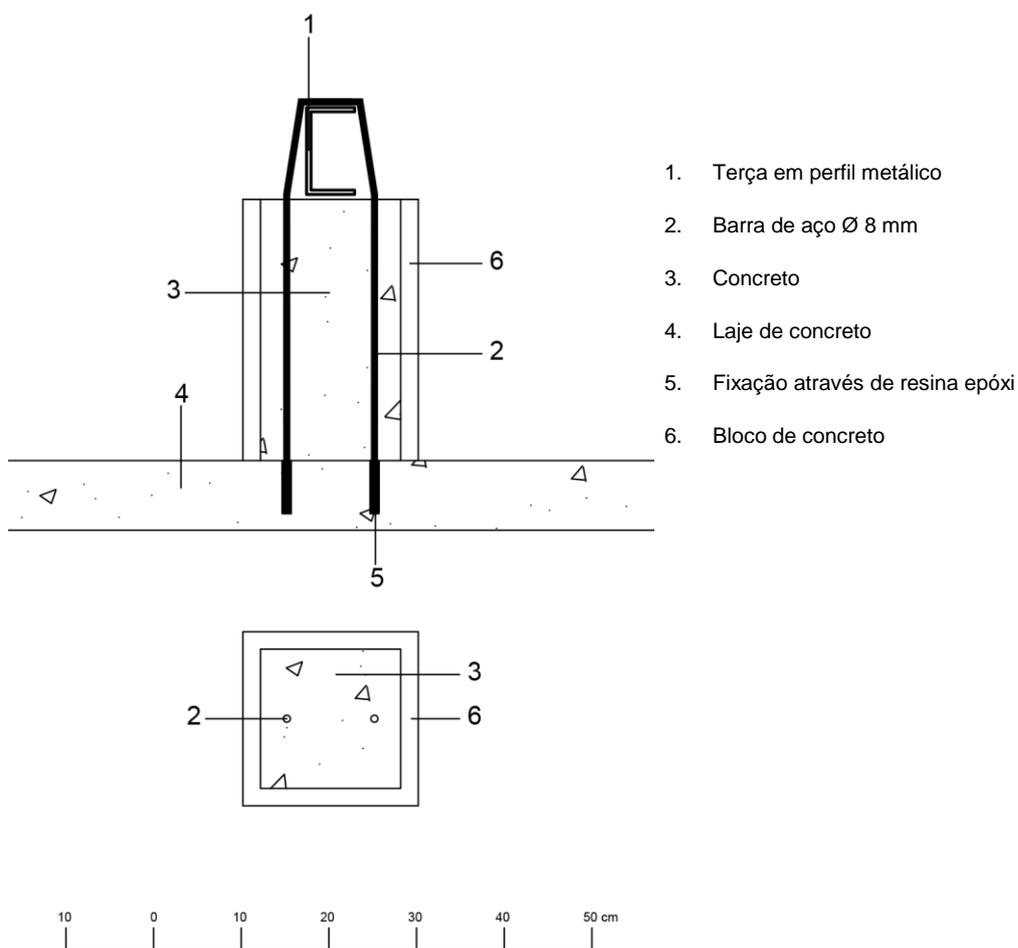
**Calha:** As calhas de concreto foram impermeabilizadas com manta asfáltica e = 4 mm pré-fabricada a base de asfalto modificado com véu poliéster.

Sobre a manta asfáltica foi executado proteção mecânica da impermeabilização constituída de argamassa de cimento e areia no traço 1:3, na espessura de aproximadamente 3 a 4 cm.

**Arremates:** Foram instalados nos encontros entre telhas e alvenaria, rufos em chapa galvanizada nº 20, com recobrimento mínimo de uma onda. No encontro com as paredes as chapas forma chumbadas e vedadas com mastique.

Sobre a borda externa da calha foi instalado capeamento em chapa galvanizada nº 20.

Os capeamentos e rufos em chapa de aço galvanizada foram pintados com esmalte sintético acetinado sobre tinta antiferruginosa.



**Figura 38 - Detalhe do pilarete em alvenaria (Fonte: SEF)**

**Instalações Hidráulicas:** As descidas de A.P. existentes foram aproveitadas com a instalação de tubos de A.P. aparentes, lançando na rede existente.

A figura 39 ilustra o telhado sobre a laje.



**Figura 39 - Vista do telhado em três águas no Bloco B do Conjunto Alessandro Volta do IF (Fonte: SEF)**

**Resultado:** O edifício de pequenas dimensões e grandes beirais recebeu telhas trapezoidais com altura de 100 mm, a fim de reduzir o número de apoios pelo aumento do vão das terças.

A calha existente foi mantida e impermeabilizada, e as descidas foram executadas como extravasores, pois, não descem até o nível da rede de A.P. enterrada, mas lançam diretamente em caixas com grelha que são interligadas com a rede externa.

A largura da calha permitiu que o telhado não ficasse aparente e alterasse a arquitetura do edifício, deste modo não foi utilizado platibanda de acabamento.

## 5.7 BLOCOS DO DEPTº DE CIÊNCIAS SOCIAIS DA F.F.L.C.H.

Ficha Técnica

Área de projeção = 4.212,00 m<sup>2</sup>

Cobertura original: Laje de concreto impermeabilizada com placas de sombreamento

Uso: Sala de professores e de aulas

Localização: Avenida Luciano Gualberto – Travessa 12 – Cidade Universitária - SP

Data da construção: 1975

Data da intervenção: 2002

**Intervenção:** Instalação de telhado metálico sobre laje com o objetivo de evitar infiltrações de água de chuva (Figura 41),



Figura 40 - Laje de cobertura sem as placas de sombreamento e pronta para receber o telhado dos Blocos do Departamento de Ciências Sociais da FFLCH (Fonte: SEF)

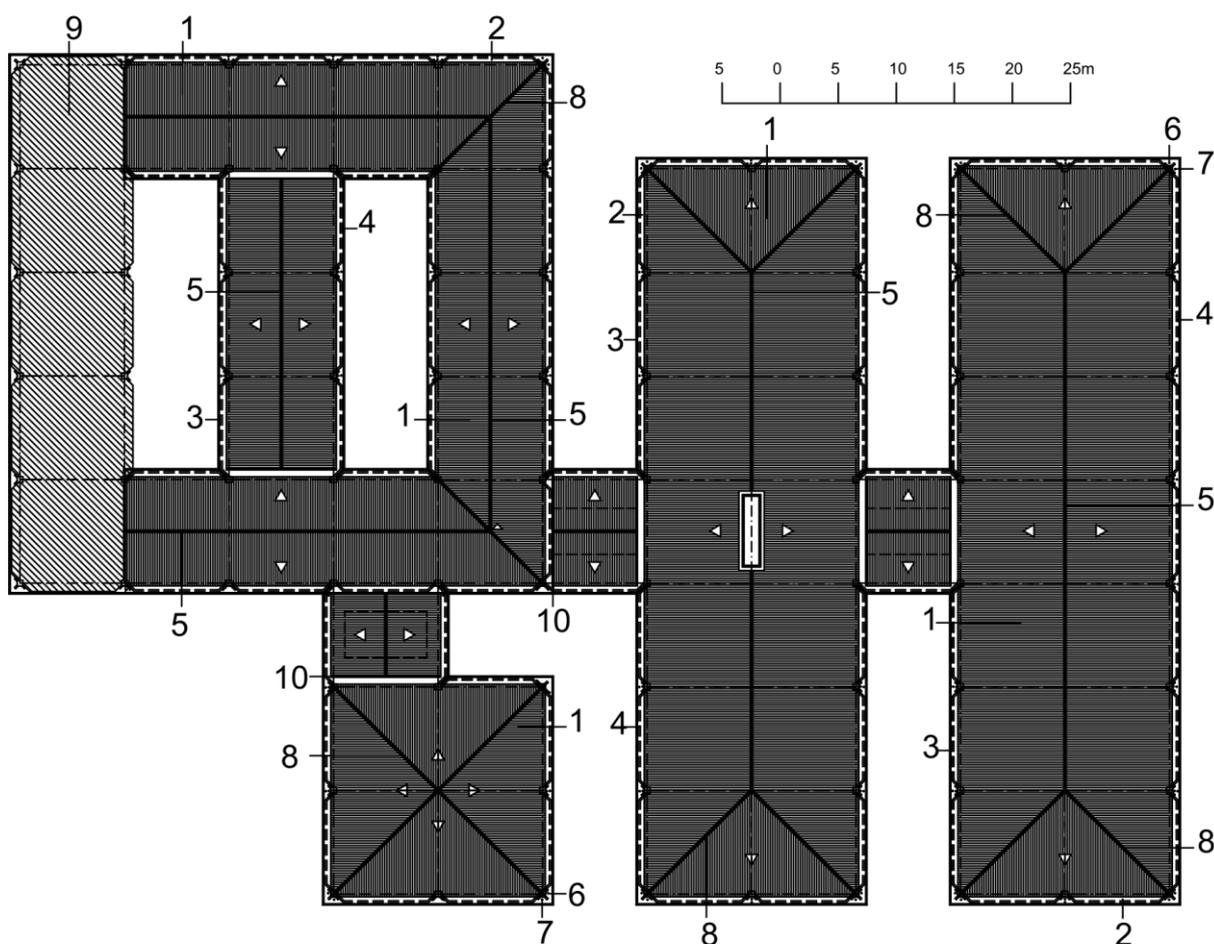


Figura 41 - Planta de cobertura do Dept. Ciências Sociais FFLCH (Fonte: SEF)

- |                                 |                              |
|---------------------------------|------------------------------|
| 1. Telha metálica               | 6. Descida de A.P.           |
| 2. Calha em chapa metálica      | 7. Extravasor de A.P.        |
| 3. Platibanda em chapa metálica | 8. Espigão em chapa metálica |
| 4. Beiral em concreto existente | 9. Edifício existente        |
| 5. Cumeeira em chapa metálica   | 10. Oitão em alvenaria       |

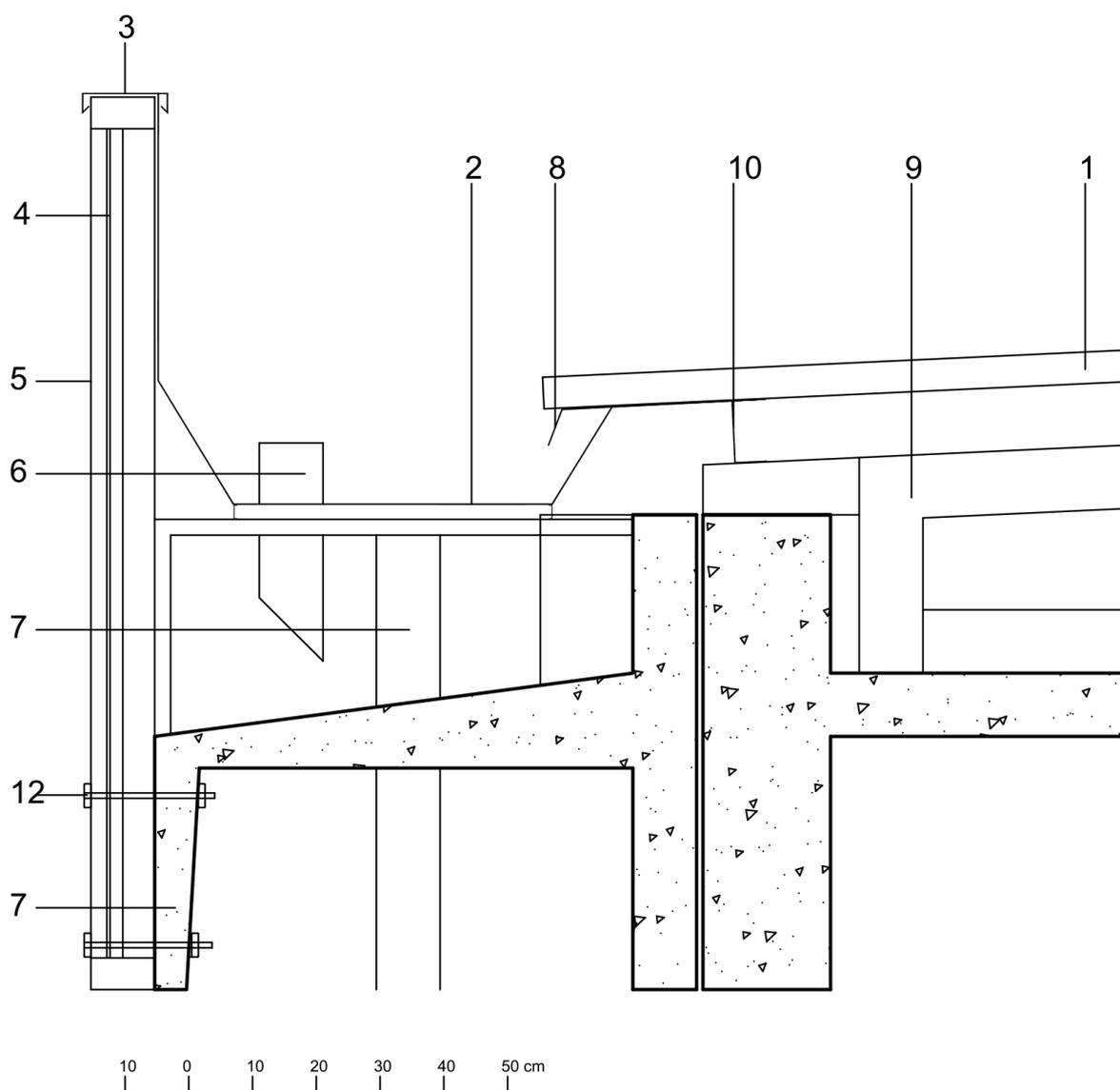
**Serviços preliminares:** As placas de sombreamento existentes foram removidas, assim como os pilaretes de sustentação das placas (Figura 40).

Os domos das aberturas zenitais foram removidos assim como o sistema de para-raios, que posteriormente foi reinstalado após a colocação do telhado.

**Telhas:** As telhas utilizadas foram as de aço zincado, com espessura de 0,8 mm, altura de 40 mm, largura útil de 980 mm, pós-pintada em uma das faces (externa),

com pintura eletrostática e polimerização em estufa, com utilização de tinta a pó em poliéster, epoxy e poliuretano, na cor cinza.

O telhado apresenta inclinações de 5 %, em direção às calhas. As águas do telhado maiores de 8 m possuem duas fiadas de telhas com recobrimento de 30 cm e fita de vedação nos sentidos longitudinais e transversais da telha.



**Figura 42 - Detalhe da platibanda (Fonte: SEF)**

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 1. Telha metálica                   | 6. Extravisor de A.P.                     |
| 2. Calha em chapa metálica          | 7. Descida de A.P.                        |
| 3. Rufo chapéu em chapa metálica    | 8. Pingadeira em chapa metálica           |
| 4. Chapa metálica da platibanda     | 9. Estrutura metálica de apoio do telhado |
| 5. Estrutura metálica da platibanda | 10. Terça em perfil metálico              |

**Platibanda:** Como acabamento do telhado foi executado platibanda em chapas de aço galvanizado,  $e = 0,8$  mm, pintadas com pintura eletrostática e utilização de tinta pó em poliéster, epoxy e poliuretano, na cor vermelho, o mesmo padrão das esquadrias existentes (Figura 42).

As chapas de aço galvanizado forma encaixilhadas em estrutura metálica que reproduz os montantes das esquadrias existentes. Os eixos dos perfis verticais coincidem com os eixos dos montantes existentes. A estrutura metálica foi fixada no brise de concreto através de parafusos passantes.

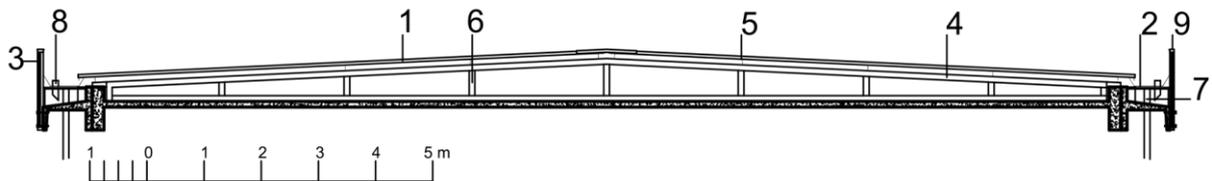
Os parafusos de fixação da platibanda nos brises, em concreto armado tem diâmetro de 12,5 mm e são de aço SAE 1020.



**Figura 43 - Platibandas sendo instaladas nos Blocos do Departamento de Ciências Sociais da FFLCH (Fonte: SEF)**

As platibandas com montantes verticais e horizontais em perfil de aço foram pintadas na cor prata alumínio e as chapas de aço galvanizada foram pintadas com esmalte sintético acetinado na cor vermelha, fazendo referência ao padrão dos caixilhos existentes. A figura 43 ilustra a montagem da platibanda com os montantes alinhados com as esquadrias dos caixilhos

**Estrutura:** Como apoio do telhado foram utilizados perfis de aço de alta resistência à corrosão com eletrodos compatíveis, ancorados na laje de cobertura existente, e utilizados parafusos zincados por imersão a quente.



- |   |                                  |
|---|----------------------------------|
| 1. Telha metálica                         | 6. Pilarete em perfil metálico   |
| 2. Calha em chapa metálica                | 7. Descida de A.P.               |
| 3. Platibanda em chapa metálica           | 8. Extravasor de A.P.            |
| 4. Estrutura metálica de apoio do telhado | 9. Rufo chapéu em chapa metálica |
| 5. Terça em perfil metálico               |                                  |

**Figura 44 - Corte da cobertura em laje de concreto com o telhado (Fonte: SEF)**

As espessuras mínimas adotadas foram para as peças principais de 3,0 mm, para as chapas de ligação foram de 6,0 mm e para as peças secundárias 2,0 mm. O diâmetro mínimo dos tirantes foi de 12,0 mm.

Os chumbadores para a fixação da estrutura metálica na laje foram através de resina epóxi e diâmetro de 10 mm.



**Figura 45 - Instalação da platibanda e calha na cobertura dos Blocos do Departamento de Ciências Sociais da FFLCH (Fonte: SEF)**

**Calha:** Foi previsto calha em chapa metálica nº 20 apoiada na terça de apoio da telha e no perfil superior da platibanda (Figura 42 e 45).

**Arremates:** Nos encontros entre telhas e alvenarias foram utilizados rufos e contra-rufos em chapa de aço galvanizada nº 20, com recobrimento mínimo de uma onda. No encontro com as paredes as chapas foram chumbadas e vedadas com mastique.

Sobre as platibandas metálicas e as de alvenaria foram instalados capeamentos de chapa galvanizada nº 20, com caimento em direção à calha.

Todas as peças em chapa metálica galvanizada receberam pintura esmalte sobre primer apropriado.

**Instalações Hidráulicas:** Foram previstas descidas de A.P. externas em tubo de P.V.C. reforçado com 100 mm de diâmetro interligadas na rede existente.

**Isolamento térmico:** Como isolamento térmico da cobertura foram colocadas sobre a laje mantas de lã de vidro ensacadas, com 2" de espessura e densidade 40 kg/m<sup>3</sup>.

A figura 46 ilustra o telhado concluído.



**Figura 46 - Vista geral do telhado instalado nos Blocos do departamento de Ciências Sociais da FFLCH (Fonte: SEF)**

**Resultado:** Nessa intervenção a utilização da platibanda foi novamente utilizada para apoiar a calha externa e servir de acabamento e de referência à arquitetura original do edifício.

A utilização de chapas metálicas enquadradas em montantes, alinhados e pintados nas mesmas cores das esquadrias existentes foi o artifício utilizado para respeitar a arquitetura original do edifício.

O telhado adotou os espigões como técnica para o lançamento das águas em calhas perimetrais e o acesso à cobertura, disponibilizado no encontro do caixilho existente com o telhado através da janela maxim-ar.

## 5.8 CONJUNTO DAS COLMÉIAS

Ficha Técnica

Área de projeção = 3.300,00 m<sup>2</sup>

Cobertura original: Laje de concreto tipo caixão perdido e ventilação zenital

Uso: Misto (Administrativo, Restaurante, Cinema, Auditório, Pesquisa)

Localização: Rua do Anfiteatro – Cidade Universitária - SP

Data da construção: 1972

Data da intervenção: 2002

**Intervenção:** A intervenção teve o objetivo de substituir a impermeabilização existente (Figuras 48 e 49).



**Figura 47 - Laje existente com camada de impermeabilização no Conjunto das Colméias– antes da intervenção (Fonte: SEF)**

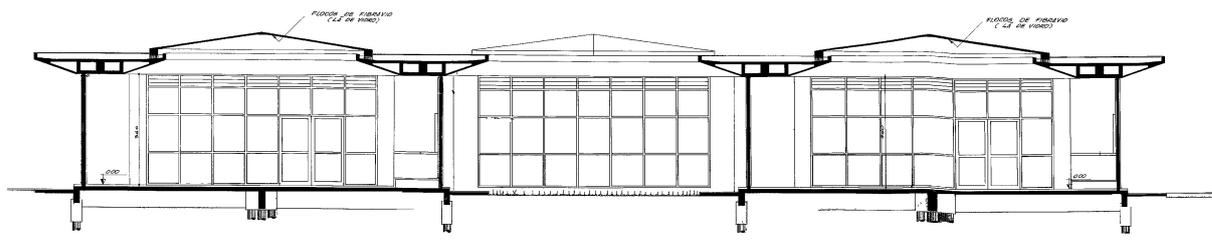
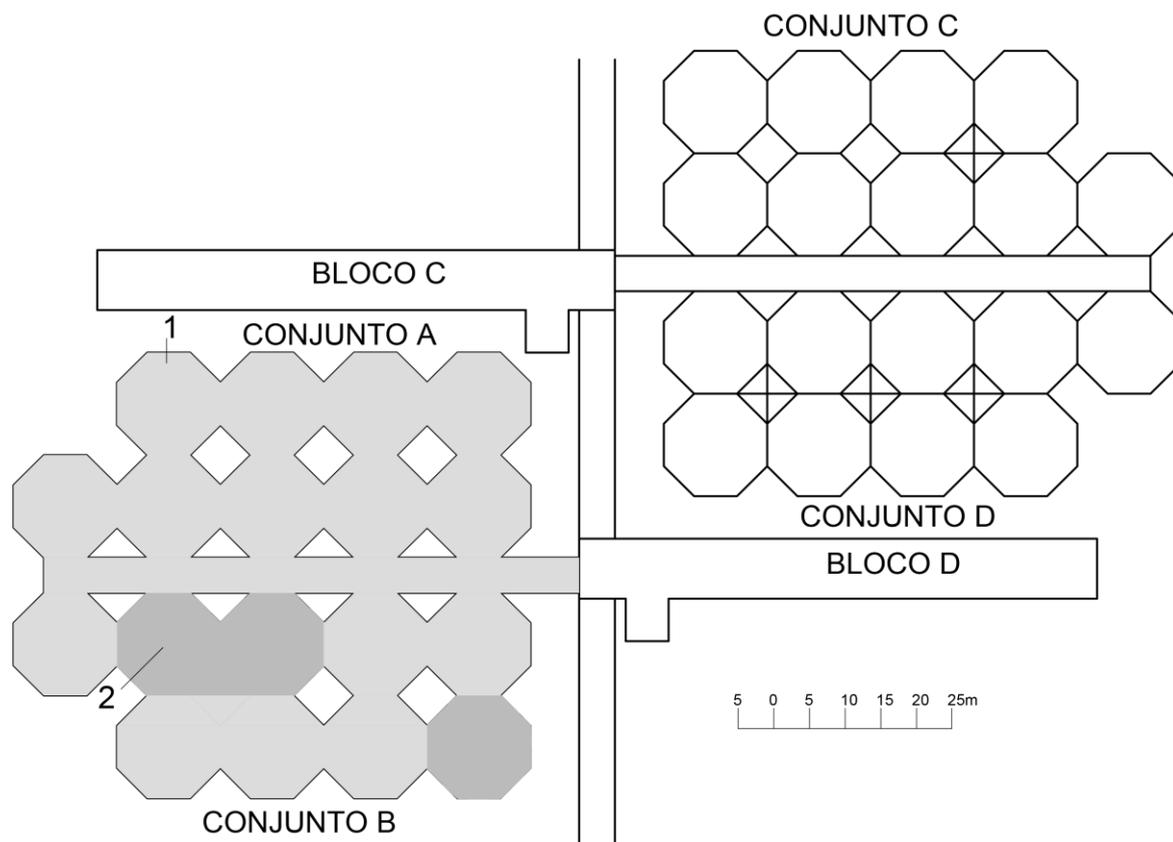


Figura 48 - Corte com a cobertura original (Fonte: SEF)

**Serviços preliminares:** Inicialmente foram removidas todas as instalações de rede elétrica, os projetores de luz, os equipamentos de ar-condicionado e demais interferências na laje e readequadas posteriormente (Figura 47).

Posteriormente, foram removidas todas as camadas de impermeabilização e proteção mecânicas existentes até o substrato da laje.



1 – Laje em concreto impermeabilizada

2 – Laje existente

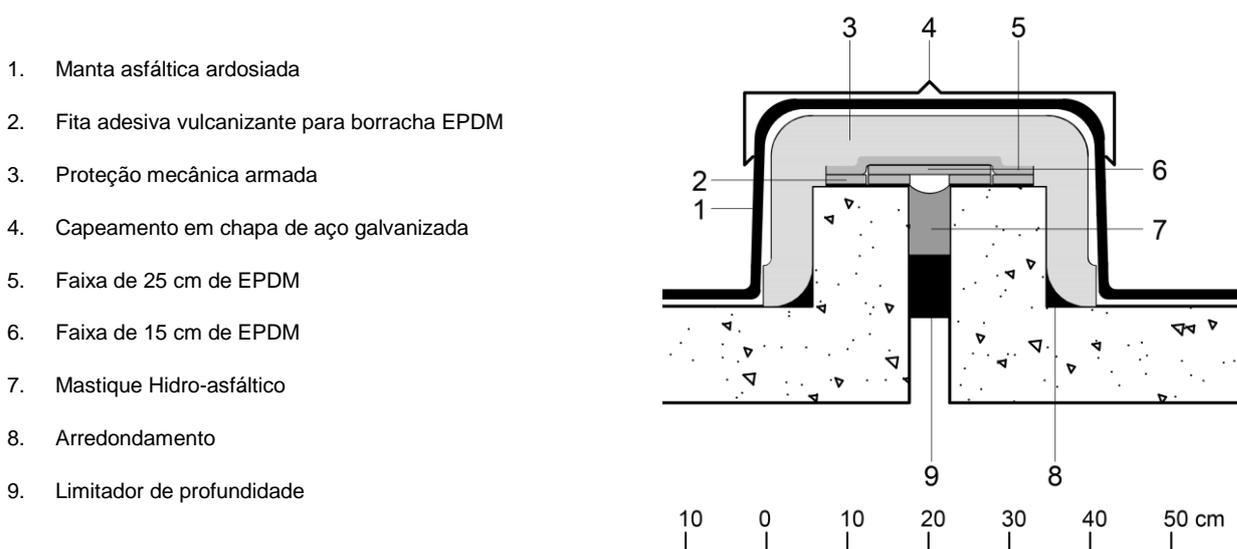
Figura 49 - Planta de impermeabilização (Fonte: SEF)

**Regularização:** Foi executado camada de regularização com argamassa de areia e cimento 1:3 desempenada e declividade em direção aos ralos.

As arestas da superfície a ser impermeabilizada foram arredondadas com argamassa de areia e cimento 1:3 para receberem as mantas asfálticas.

Foram tratadas juntas de dilatação existentes com instalação de limitador de profundidade e posteriormente preenchidas com mastique hidro-asfáltico (Figura 50).

Como acabamento final da junta foi aplicado faixas de manta EPDM e = 1,2 mm coladas com adesivo.



**Figura 50 - Detalhe da junta de dilatação (Fonte: SEF)**

**Impermeabilização:** A impermeabilização foi executada com a aplicação inicial de camada de primer, composto de elementos poliméricos do mesmo tipo das mantas a serem aplicadas (elastomérico), e em seguida, aplicação de mantas asfálticas pré-fabricadas com estruturante de poliéster e impregnadas com asfalto modificado com polímeros de elastômeros do tipo SBS, e = 2 mm, com o auxílio de maçarico.

A camada aplicada serviu de base para a camada principal de 4 mm, com as mesmas características da anterior e com acabamento ardoziado, que foi aplicada em sentido cruzado às emendas da camada de base.

A fim de certificar a estanqueidade da laje foi realizado teste com lâmina de água durante 72 horas.

Sobre as cascas de concreto das colmeias, após correção do desempenho e caimento, foi aplicado impermeabilizante flexível, à base de polímeros acrílicos na cor branca. Intercalada entre demãos um véu de nylon malha 2x2 mm para estruturar o revestimento, e após, mais uma demão de acabamento no mesmo material.

**Arremates:** Sobre as juntas de dilatação deverão ser instalados rufos em chapa de aço galvanizado nº 20, dobradas de acordo com o perfil das vigas que formam a junta, a fim de protegê-las de choques mecânicos (Figura 50).

**Instalações Hidráulicas:** As descidas de A.P. existentes foram mantidas sendo realizado o acabamento da impermeabilização com o ralo.

**Resultado:** Nesta intervenção não foi utilizado o telhado, pois, a forma octogonal dos favos das colmeias não permitia a colocação de telhas retangulares, além de obstruir a ventilação zenital.

Foram utilizadas mantas asfálticas duplas, aplicadas de modo cruzado, sendo a manta superior de acabamento ardoziado que protege a manta e permite o trânsito de pessoas.

## 5.9 EDIFÍCIO DA ALA CENTRAL DO I.F.

Ficha Técnica

Área de projeção = 1.283,00 m<sup>2</sup>

Cobertura original: Laje de concreto impermeabilizada com placas de sombreamento

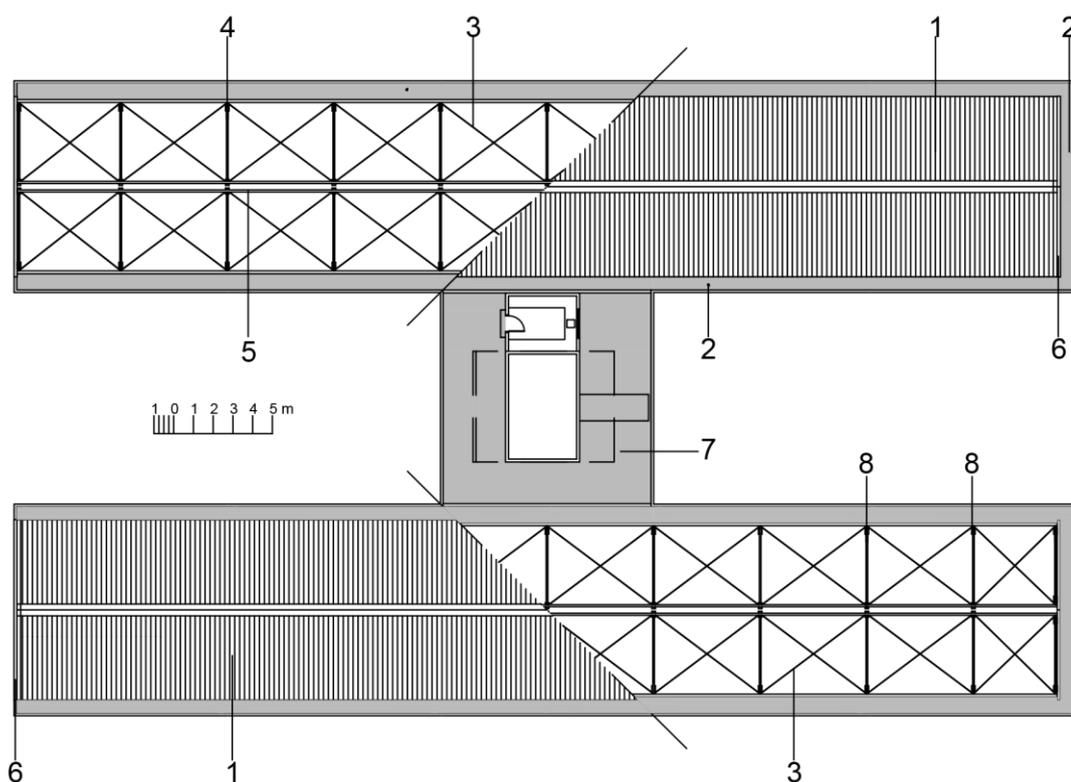
Uso: Didático e Pesquisa

Localização: Praça do Oceanográfico, Travessa "E" – Cidade Universitária - SP

Data da construção: 1977

Data da intervenção: 2002

**Intervenção:** A obra teve a finalidade de executar telhado sobre laje a fim de evitar infiltrações de água de chuva (Figura 51).



- |                                      |                                |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| 1. Telha metálica                    | 5. Terça em perfil metálico    |
| 2. Calha impermeabilizada            | 6. Oitão em alvenaria          |
| 3. Contraventamento em barra redonda | 7. Laje impermeabilizada       |
| 4. Estrutura metálica (Trave)        | 8. Pilarete em perfil metálico |

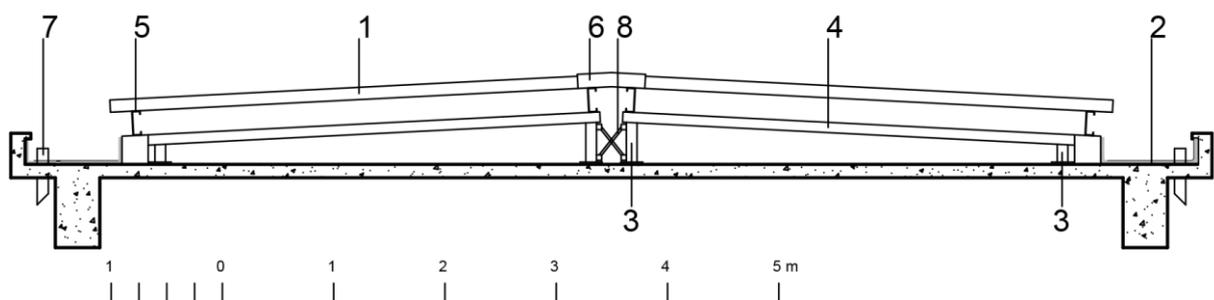
**Figura 51 - Planta da cobertura com o projeto do telhado do Edifício da Ala Central do I.F. (Fonte: SEF)**

**Serviços preliminares:** Sobre a laje existente foram removidas as placas de sombreamento, assim como os pilaretes de sustentação das placas.

A impermeabilização junto às futuras calhas foi removida e recomposta posteriormente.

O sistema de pára-raios foi removido e reinstalado após a execução do telhado, sendo utilizado o próprio telhado como captor do S.P.D.A.

**Telhas:** As telhas são de aço zincado, com espessura de 0,8 mm, altura de 100 mm, largura útil de 950 mm, pós-pintadas em ambas as faces, com pintura eletrostática e polimerização em estufa, com utilização de tinta pó em poliéster, epóxi e poliuretano, na cor cinza. O telhado tem inclinações de 5%, em direção às calhas (Figura 52)



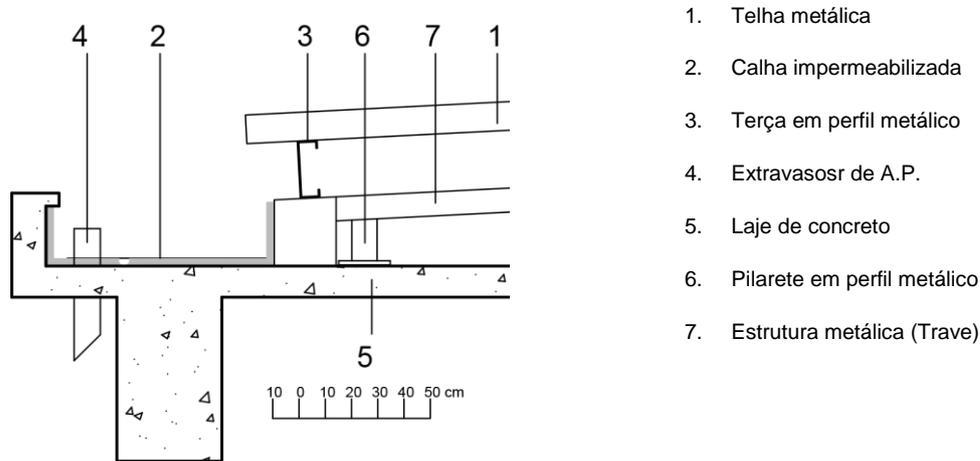
- |                                |                             |
|--------------------------------|-----------------------------|
| 1. Telha metálica              | 5. Terça em perfil metálico |
| 2. Calha impermeabilizada      | 6. Cumeeira                 |
| 3. Pilarete em perfil metálico | 7. Extravasador de A.P.     |
| 4. Estrutura metálica (Trave)  | 8. Contraventamento         |

**Figura 52 - Corte da laje com o telhado (Fonte: SEF)**

**Estrutura:** A estrutura de sustentação do telhado é metálica apoiando-se diretamente sobre a laje de cobertura. As placas metálicas de base são fixadas às lajes através de chumbadores químicos (Figura 52).

Os perfis em chapa dobrada são de alta resistência a corrosão e os tirantes em aço carbono do tipo SAE 1020.

**Calhas:** As calhas existentes foram impermeabilizadas novamente através da execução da camada de regularização com argamassa de areia e cimento 1:3 desenhada e declividade em direção aos ralos (Figura 53).



**Figura 53 - Detalhe da calha impermeabilizada (Fonte: SEF)**

Sobre a camada de regularização foram aplicadas, com o auxílio de maçarico, mantas asfálticas pré-fabricadas com estruturante de poliéster e impregnadas com asfalto modificado com polímeros de elastômeros do tipo SBS, e = 3 mm, sobre camada de primer composto de elementos poliméricos do mesmo tipo das mantas.

Sobre a manta asfáltica foi aplicada camada de proteção mecânica constituída de argamassa de cimento e areia no traço 1:3, na espessura de aproximadamente 3 a 4 cm. Executada em quadros de aproximadamente 1,50 m, formando juntas a serem preenchidas com masticue de hidro-asfalto e areia. Foram previstos ainda reforços de tela metálica na argamassa de proteção nos pontos críticos.

**Arremates:** Nos encontros entre telhas e alvenarias foram instalados rufos e contrarufos de chapa galvanizada nº 20, com recobrimento mínimo de uma onda. No encontro com as paredes as chapas foram chumbadas e vedadas com masticue.

Sobre as platibandas de alvenaria foram instalados capeamentos de chapa galvanizada nº 20, com caimento em direção à cobertura.

Todas as peças em chapa receberam pintura esmalte sobre primer apropriado.

**Instalações Hidráulicas:** As descidas de A.P. foram mantidas, sendo executadas as novas concordâncias entre a impermeabilização da calha e os tubos de A.P.

**Isolamento térmico:** Sobre toda a laje de cobertura foram colocadas mantas de lã de vidro ensacadas, com 2" de espessura e densidade 40 kg/m<sup>3</sup>.

**Resultado:** Foram utilizadas novamente telhas trapezoidais com altura de 100 mm apoiadas em estrutura metálica e vão de 4.0 m.

A calha em concreto e as descidas de A.P. existentes foram mantidas e impermeabilizada, e não foi utilizada platibanda, pois, o telhado está afastado suficientemente para não ser percebido.

O acesso à cobertura já estava previsto na concepção original do prédio, através da continuidade da escada de acesso aos pavimentos.

## 5.10 EDIFÍCIO PRINCIPAL DO INSTITUTO OCEANOGRÁFICO

Ficha Técnica

Área de projeção = 8.520,00 m<sup>2</sup>

Cobertura original: Laje de concreto tipo caixão perdido impermeabilizada

Uso: Ensino, Pesquisa e Administrativo

Localização: Rua da Praça do Relógio, 109 - Cidade Universitária - São Paulo

Data da construção: 1970

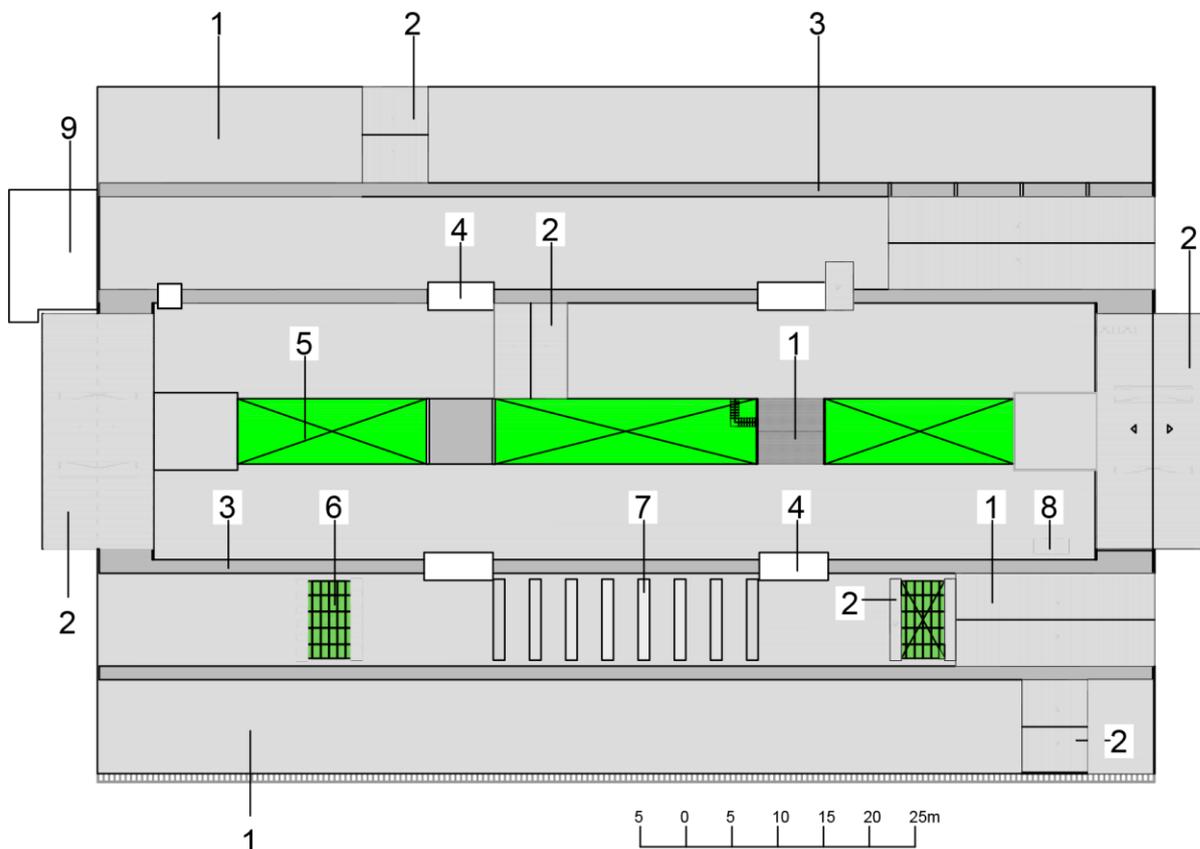
Data da intervenção: 2002

**Intervenção:** A obra objetivou evitar as infiltrações de água de chuva através da substituição da impermeabilização existente (Figura 54).



**Figura 54 - Cobertura existente com impermeabilização de acabamento ardosiado no Edifício Principal do Instituto Oceanográfico (Fonte: SEF)**

**Serviços preliminares:** As camadas de impermeabilização existentes foram removidas, bem como toda a proteção mecânica. A remoção da impermeabilização atingiu o substrato da laje em concreto.



- |                            |                   |                          |
|----------------------------|-------------------|--------------------------|
| 1. Laje de concreto        | 4. Caixa d'água   | 7. Domus                 |
| 2. Telhado em fibrocimento | 5. Jardim interno | 8. Abrigo de equipamento |
| 3. Laje rebaixada          | 6. Pergolado      | 9. Edificação existente  |

**Figura 55 - Planta de cobertura (Fonte: SEF)**

Os equipamentos, as redes de instalações e demais interferências existentes sobre a laje foram removidas e recolocadas após a nova impermeabilização, apoiados em base de concreto executadas sobre camada separadora da impermeabilização (Figura 55).

**Impermeabilização:** Sobre a laje “nua” foi executada camada de regularização com argamassa de areia e cimento no traço 1:3, desempenada e com declividade para os ralos.



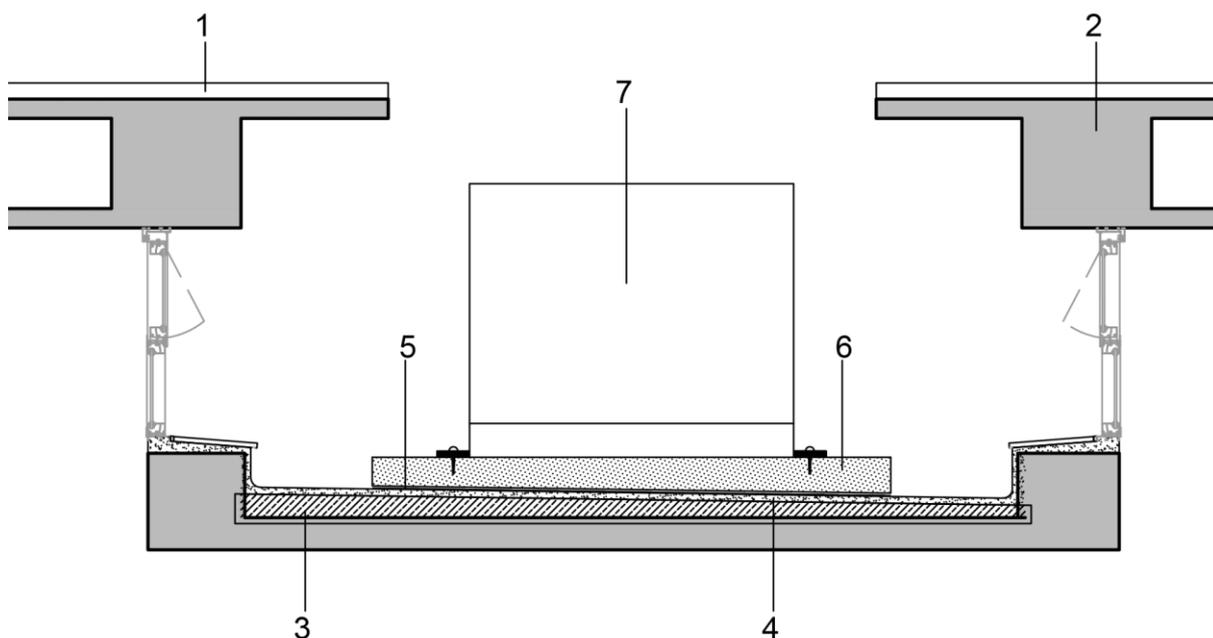
**Figura 56 - Laje rebaixada onde se concentra os equipamentos de apoio do edifício principal do IO (Fonte: SEF)**

As juntas de dilatação foram tratadas com mastique, faixas de borracha de etileno-propileno (EPDM) e proteção mecânica armada.

**Manta asfáltica:** Sobre a camada de regularização foram aplicadas, com o auxílio de maçarico, mantas asfálticas pré-fabricadas com estruturante de poliéster e impregnadas com asfalto modificado com polímeros de elastômeros, e = 3 mm, sobre camada de primer composto de elementos poliméricos do mesmo tipo das mantas.

Sobre a camada inicial foi aplicada a camada principal da manta asfáltica com 4 mm de espessura e mesma característica da anterior, e com acabamento ardosiado. A aplicação foi no sentido cruzado às emendas da camada de base.

Laje rebaixada: A laje rebaixada sobre a circulação do edifício recebeu o mesmo tratamento da laje principal (Figura 57).



- |                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| 1. Impermeabilização | 5. Camada separadora   |
| 2. Laje de concreto  | 6. Base do equipamento |
| 3. Regularização     | 7. Equipamento         |
| 4. Manta ardosiada   |                        |

**Figura 57 - Corte da laje rebaixada com a base de equipamentos (Fonte: SEF)**

**Resultado:** Foi adotada impermeabilização como medida de recuperação, através da aplicação de manta asfáltica dupla, sendo a manta superior com acabamento ardosiado.

Como apoio de equipamentos foi utilizada base de concreto apoiada em camada separadora,

A experiência da impermeabilização no prédio do Instituto Oceanográfico não se mostrou eficiente, e depois de pouco tempo, em torno de 2 anos, já haviam relatos de vazamentos.

Atualmente, foi elaborado projeto de telhado sobre a cobertura do I.O., aguardando recursos para execução.

## 5.11 BLOCOS K E L – ADMINISTRAÇÃO CENTRAL

Ficha Técnica

Área de projeção = 1.327,00 m<sup>2</sup>

Cobertura original: Laje de concreto com cobertura em telhas de fibrocimento

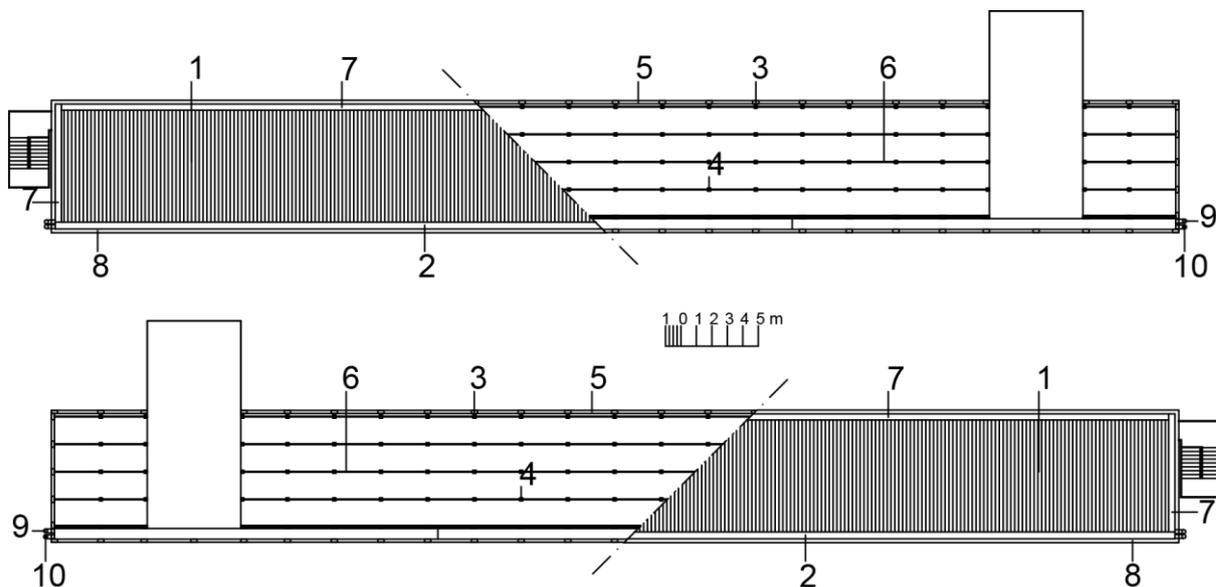
Uso: Administrativo

Localização: Rua da Praça do Relógio, 109 - Cidade Universitária - São Paulo

Data da construção: 1963 (Alojamento) / 1973 (Reitoria)

Data da intervenção: 2003

**Intervenção:** A obra teve a finalidade de reformar a cobertura através da substituição do telhado existente em telhas de fibrocimento por telhado em telhas de aço a fim de corrigir as infiltrações de água de chuva pela laje de cobertura (Figura 58).



- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| 1. Telha metálica                      | 6. Terça em perfil metálico       |
| 2. Calha impermeabilizada              | 7. Rufo de topo em chapa metálica |
| 3. Estrutura de concreto da platibanda | 8. Rufo chapéu em chapa metálica  |
| 4. Terça em perfil metálico            | 9. Descida de A.P.                |
| 5. Platibanda em alvenaria             | 10. Extravador de A.P.            |

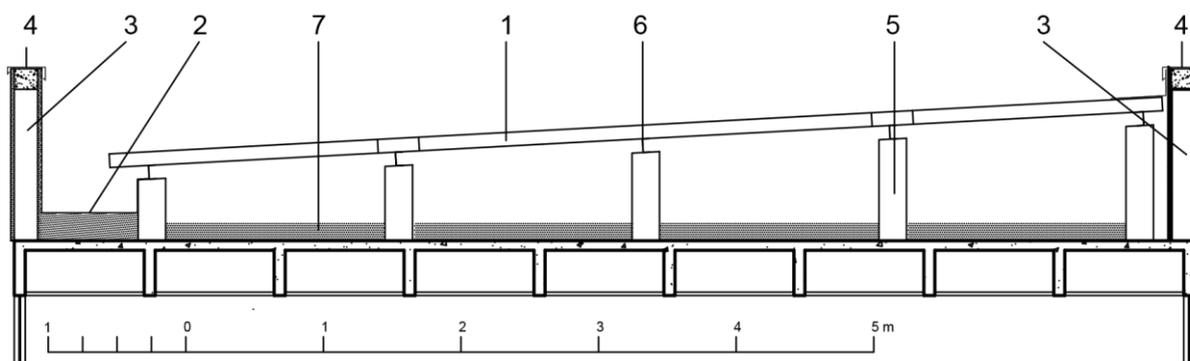
**Figura 58 - Planta de cobertura e o projeto do telhado sobre laje dos Blocos K e L da Administração Central (Fonte: SEF)**

O telhado existente era em duas águas com calha interna e com descidas de A.P. embutidas nos pilares pré-moldados. A reforma do telhado introduziu duas descidas de A.P. nas laterais do prédio e anuladas as descidas internas existentes (Figuras 58 e 59).

**Serviços preliminares:** A cobertura existente foi removida junto com sua estrutura e arremates.

O sistema de pára-raios existente foi removido para posterior recolocação. A camada de lã de vidro existente foi removida e reinstalada com reparos.

**Telhas:** São de aço zincado, com espessura de 0,8 mm, altura de 40 mm, largura útil de 980 mm, pré-pintadas em ambas as faces, com pintura eletrostática e polimerização em estufa, com utilização de tinta pó em poliéster, epóxi e poliuretano, na cor branco.



- |                                  |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|
| 1. Telha metálica                | 5. Pilarete em alvenaria    |
| 2. Calha impermeabilizada        | 6. Terça em perfil metálico |
| 3. Platibanda em alvenaria       | 7. Isolamento térmico       |
| 4. Rufo chapéu em chapa metálica |                             |

**Figura 59 - Corte da cobertura em laje de concreto com o telhado (Fonte: SEF)**

As telhas foram instaladas em 3 fiadas a fim de facilitar o transporte até a cobertura com altura de 18,00 m, e a inclinação do telhado de 5 % em direção da calha.

**Platibanda:** A platibanda foi executada em alvenaria de blocos de 14x19x39 cm com pilaretes de concreto armado a cada 3,00 m, com 2 barras de ferro com diâmetro de 8,0 mm fixadas na estrutura de concreto existente com furos de 12 cm, já que a platibanda foi construída sobre a nervura da laje pré-moldada (Figura 59).

No respaldo da platibanda foi executada cinta de concreto armado com 2 barras corridas com diâmetro de 10mm. O concreto utilizado foi de fck com 15 Mpa.

**Estrutura:** Executada em perfis “U” de chapa dobrada de aço de alta resistência à corrosão, nas dimensões de 120x50 mm e  $E = 3,04$  mm fixadas em pilaretes de alvenaria de blocos de 19x19x19 cm ancorados à laje.

Como armadura de ancoragem foram utilizadas quatro barras de aço CA50, com 5 mm de diâmetro, fixadas na laje com resina epoxídica.

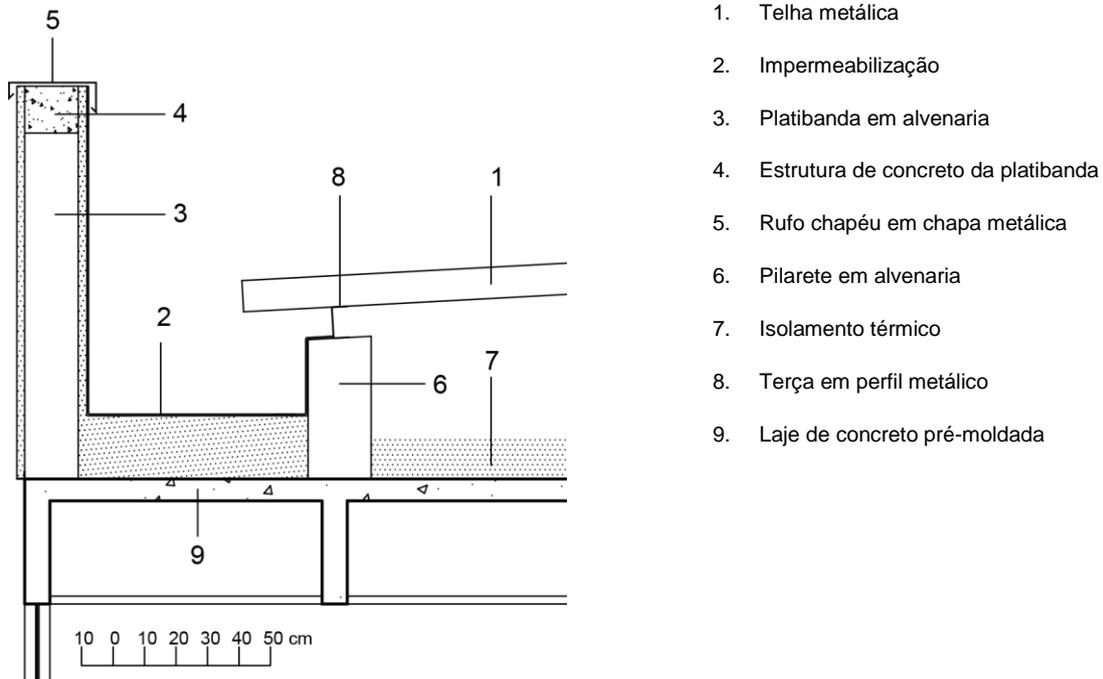
O furo para fixação das barras com 7 mm de diâmetro e 3 cm de profundidade, pois, a laje dos Blocos é pré-moldada e com 7 cm de espessura.

As barras transpassam os pilaretes de alvenaria e são soldadas às terças.

**Alvenaria e pilarete:** Na alvenaria da platibanda foram utilizados blocos de concreto, 14x19x39 cm. Nos pilaretes de apoio das terças, blocos de concreto 19x19x19 cm.

**Calha:** Foi executada calha na lateral frontal do telhado com largura livre de 0,45 m, a fim de permitir a passagem para manutenção (Figura 60).

A calha foi impermeabilizada através da execução de camada de regularização com argamassa de areia e cimento 1:3 desempenada e declividade de 1 % em direção às descidas de A.P.



1. Telha metálica
2. Impermeabilização
3. Platibanda em alvenaria
4. Estrutura de concreto da platibanda
5. Rufo chapéu em chapa metálica
6. Pilarete em alvenaria
7. Isolamento térmico
8. Terça em perfil metálico
9. Laje de concreto pré-moldada

**Figura 60 - Detalhe da calha impermeabilizada e platibanda em alvenaria (Fonte: SEF)**

Sobre a camada de regularização foi aplicada camada de primer composto de elementos poliméricos, e após, a manta asfáltica pré-fabricada com estruturante de poliéster e impregnadas com asfalto modificado com polímeros de elastômeros do tipo SBS, e = 3 mm, com o auxílio de maçarico.

Sobre a camada inicial foi aplicada a camada principal da manta asfáltica com 4 mm de espessura e mesma característica da anterior e acabamento ardosiado. A aplicação foi no sentido cruzado às emendas da camada de base.

**Arremates:** Sobre as platibandas de alvenaria foram instalados capeamentos de chapa metálica galvanizada nº 20, com caimento em direção à cobertura.

Nos encontros entre telhas e alvenarias foram instalados rufos e contra-rufos em chapa metálica galvanizada nº 20, com recobrimento de uma onda. No encontro com as paredes as chapas foram chumbadas e vedadas com mastique.

Todas as peças em chapa receberam pintura esmalte sobre primer apropriado.

**Resultado:** Os Blocos K e L da Administração Central da Reitoria foram inaugurados em 1963 com cobertura em laje plana de concreto e reinaugurados em 1973 com telhado sobre laje e calha interna aproveitando as descidas internas e embutidas nos pilares.

A intervenção em 2003 substituiu o telhado existente por telhado de 01 (Uma) água lançando em calha perimetral e duas descidas laterais.

## **5.12 CONJUNTO DAS QUÍMICAS (BLOCOS 13, 15 E 17 DA F.C.F. E BLOCOS 18, 21 E 22 DA E.P.U.S.P)**

Ficha Técnica

Área de projeção = 6.907,00 m<sup>2</sup> 718,00 m<sup>2</sup> (Bloco 22)

Cobertura original: Laje de concreto do tipo caixão perdido impermeabilizada e vigas invertidas

Uso: Didático e Pesquisa

Localização: Av. Profº Lineu Prestes nº 580 - Cidade Universitária - São Paulo

Data da construção: 1966

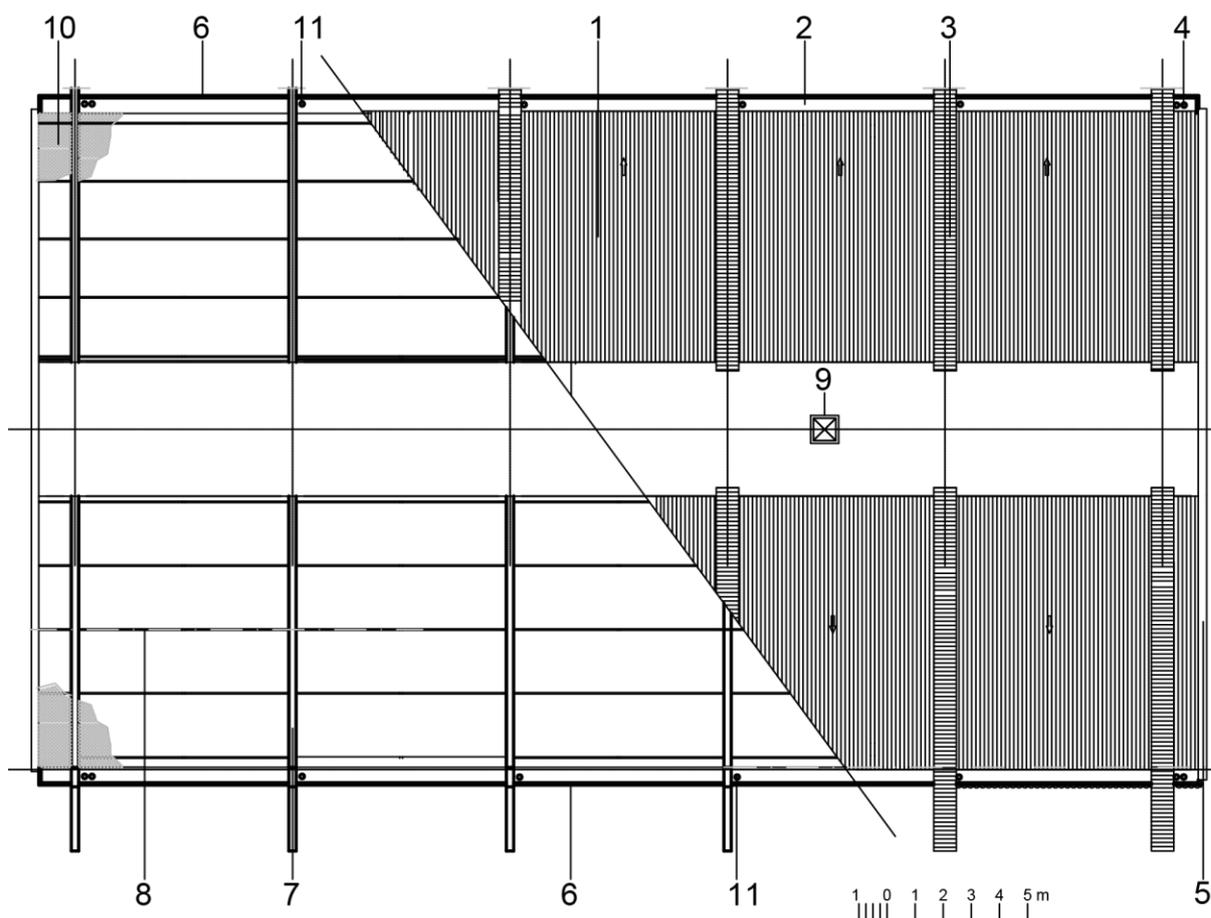
Data da intervenção: 2002 - 2012

**Intervenção:** A obra objetivou evitar infiltrações de água de chuva e proteger a estrutura de concreto aparente existente, após sua recuperação (Figura 62).



**Figura 61 - Vista geral da cobertura dos Blocos 13, 15 e 17 da F.C.F. (Fonte: SEF)**

**Serviços preliminares:** As vigas de concreto entre blocos que originalmente serviam de apoio para placas de sombreamento foram demolidas, pois, estavam comprometidas, com risco de ruína, não atendiam o propósito inicial e iriam interferir na colocação do telhado. As placas de fibrocimento sob os “shafts” também foram removidas.



- |                                  |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1. Telha metálica                | 7. Viga de concreto              |
| 2. Calha em chapa metálica       | 8. Terça em perfil metálico      |
| 3. Telha em arco                 | 9. Alçapão de acesso à cobertura |
| 4. Extravasor de A.P.            | 10. Isolamento térmico           |
| 5. Rufo chapéu em chapa metálica | 11. Descida de A.P.              |
| 6. Platibanda em telha metálica  |                                  |

**Figura 62 - Planta de cobertura do Bloco 21 da E.P. (Fonte: SEF)**

Sob a laje haviam equipamentos de apoio dos laboratórios e que foram deslocados para a laje do shaft vertical. As tubulações sob a laje do “shaft” tiveram suas abertu-

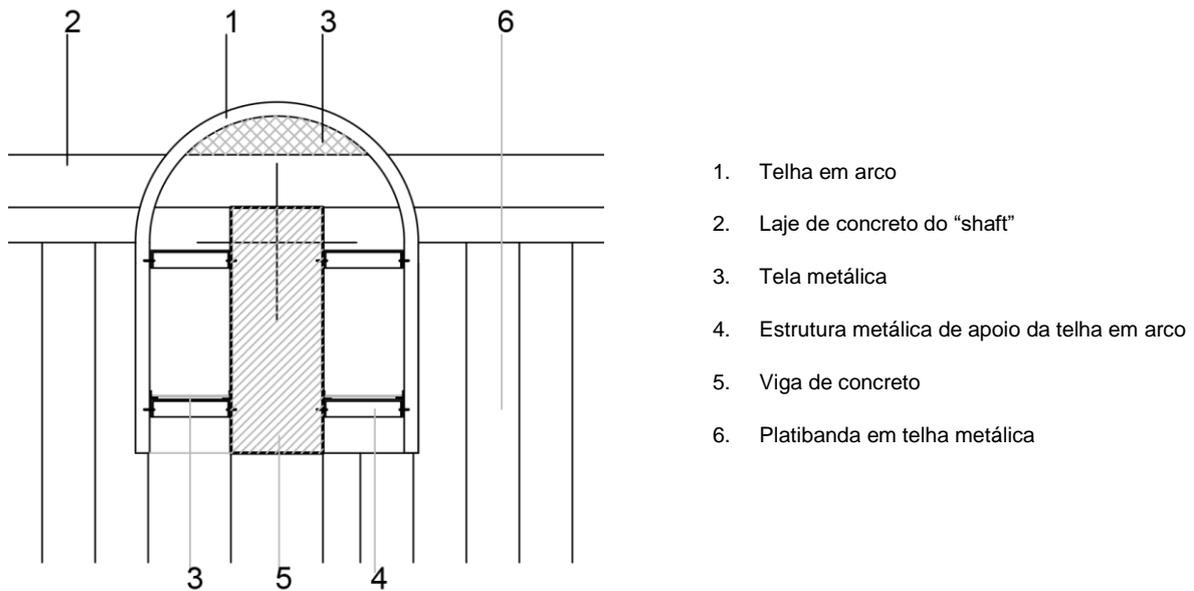
ras redirecionadas para sobre a laje, executando-se aberturas na laje para passagem das tubulações (Figura 63).



**Figura 63 - Tubulações redirecionadas para a laje de cobertura do “shaft” dos Blocos 13, 15 e 17 da FCF (Fonte: SEF)**

**Telhas:** As telhas são de aço zincado, com espessura de 0.8 mm, altura de 40 mm, largura útil de 980 mm, pré-pintada em uma das faces (externa), com pintura eletrostática e polimerização em estufa, com utilização de tinta pó em poliéster, epóxi e poliuretano.

**Telha em arco:** Sobre as vigas invertidas, a fim de proteger o concreto aparente, foram instaladas telhas em arco, tipo “multi-dobra” fixadas na viga através de estrutura metálica própria. As telhas tiveram as mesmas especificações das demais, inclusive a mesma cor (Figura 64).



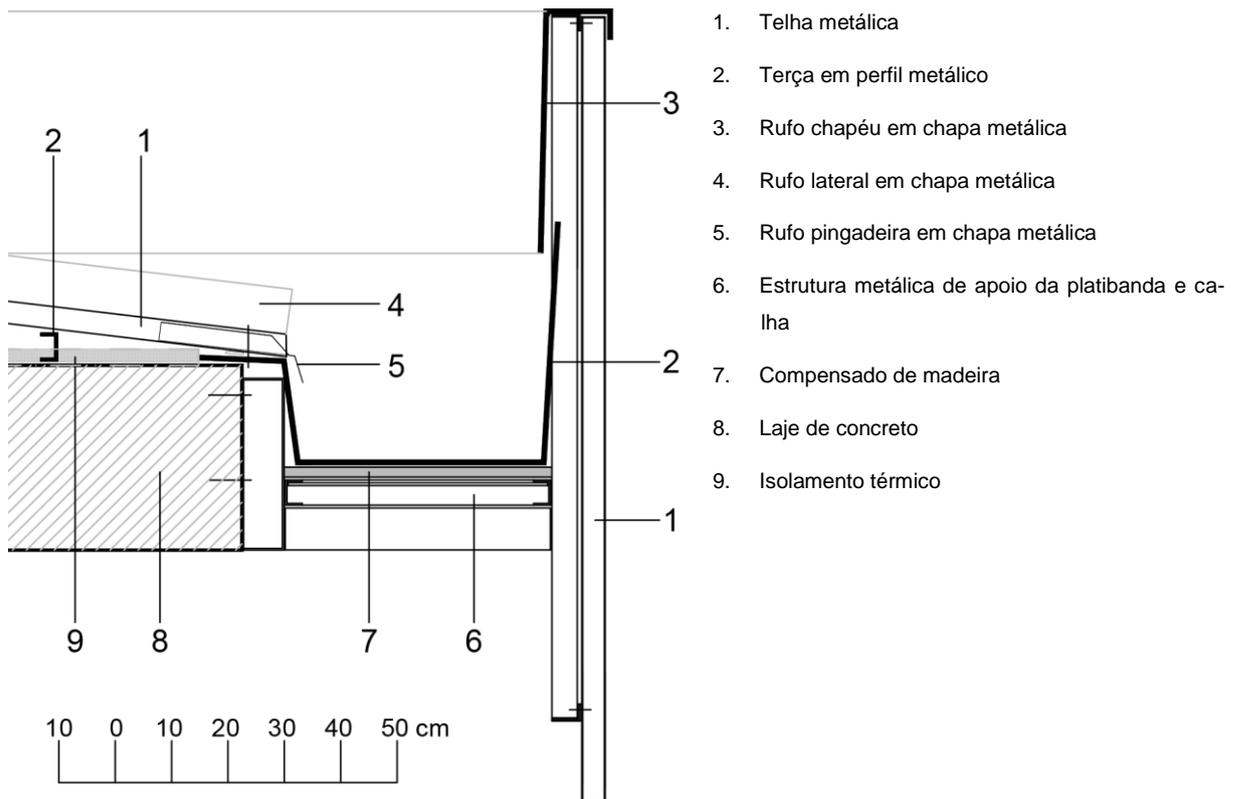
**Figura 64 - Detalhe da telha em arco (Fonte: SEF)**

**Platibanda:** Como acabamento do telhado e da calha, foi executada platibanda com telhas apoiadas em estrutura metálica fixada na estrutura de concreto existente. A platibanda encobre a calha e se alinha com as esquadrias das janelas dos prédio (Figura 65).

**Tela metálica:** Sob as vigas transversais cobertas pelas telhas em arco, e em suas extremidades, foram instaladas telas metálicas de malha 10x10mm, a fim de evitar o acesso de pássaros. As telas tiveram estrutura própria e foram pintadas na cor preto.

**Estrutura:** A estrutura de apoio do telhado foi executada em perfis de aço de alta resistência a corrosão apoiados e ancorados na laje de cobertura e nas vigas invertidas transversais através de chumbadores químicos. Os tirantes de contraventamento foram em aço SAE 1020 com diâmetro de 10 mm.

**Calha:** Foram instaladas calhas em chapa de aço galvanizado na espessura de 0,90 mm, largura de 0,45 m e altura mínima de 20 cm, apoiadas em chapa de compensado naval com 8 mm de espessura, a fim de permitir o caminhamento de manutenção (Figura 65).



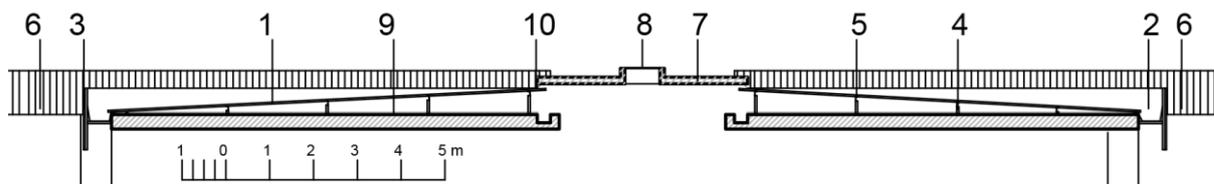
**Figura 65 - Detalhe da platibanda e calha (Fonte: SEF)**

**Arremates:** Nos encontros das telhas em arco com o telhado foi instalado contra-rufo em chapa metálica n° 20.

Junto à laje do “shaft” foi executado arremate no encontro com o telhado através de rufo em chapa de aço galvanizada n° 20.

Sobre a platibanda foi instalada pingadeira em chapa de aço galvanizado n° 20 com declividade em direção a calha.

**Impermeabilização da laje de cobertura do “shaft”:** A laje foi impermeabilizada com manta asfáltica e = 4mm, pré-fabricada a base de asfalto modificado com véu de poliéster.



- |                                   |                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1. Telha metálica                 | 6. Telha em arco                   |
| 2. Rufo lateral em chapa metálica | 7. Laje de concreto do "shaft"     |
| 3. Platibanda em telha metálica   | 8. Alçapão                         |
| 4. Pilarete em perfil metálico    | 9. Laje de concreto da cobertura   |
| 5. Terça em perfil metálico       | 10. Rufo de topo em chapa metálica |

**Figura 66 - Corte da laje de cobertura com o telhado (Fonte: SEF)**

**Instalações Hidráulicas:** Foram instaladas descidas de AP de 100 mm e 150 mm, respectivamente para o caso do Bloco Magro e do Bloco Gordo. Junto à descida de A.P. foi previsto extravasor de mesmo diâmetro.



**Figura 67 - Bloco da Engenharia Química sendo instalado o telhado**

As descidas foram ligadas às caixas de inspeção de alvenaria de 40x40x60 cm, e estas ligadas às caixas de inspeção existentes. As tubulações instaladas são em PVC branco reforçado, segundo normas específicas, e atendem os diâmetros e declividades indicadas em projeto. Foram pintadas com esmalte sintético acetinado.

As tubulações foram fixadas de um lado do Bloco nos pilares, e no outro lado, nos montantes das esquadrias de janelas voltadas para o pilar interno. Foram utilizadas braçadeiras para fixação.



**Figura 68 - Alçapão e escada marinheiro na laje de cobertura do “shaft” nos Blocos do Conjunto das Químicas (Fonte: SEF)**

**Alçapão:** Na laje do “shaft”, a fim de permitir acesso à cobertura, foi executada abertura nas dimensões 80x80cm com tampa metálica (Figura 68).

**Resultado:** A intervenção contemplou a recuperação da estrutura de concreto aparente e a instalação do telhado.

A colocação do telhado no Conjunto das Químicas interferiu em sua arquitetura original, e a intervenção buscou maximizar seu impacto a fim de diferenciar e datar a obra.

A colocação da telha em arco foi artifício adotado para proteger a estrutura de concreto recuperada e diferenciar a arquitetura original.

<b>Edifício</b>	<b>Uso</b>	<b>Área</b>	<b>Cobertura original</b>
<b>ICB I</b>	Ensino e Pesquisa	3.077,20	Laje de concreto impermeabilizada sobre vigas-calhas protendidas
<b>Centro de Vivências do I.Q.</b>	Centro de Vivências de alunos e restaurante administrado pela USP	898	Laje de concreto impermeabilizada
<b>Blocos Complementares da F.M.V.Z.</b>	Laboratórios e Hospital veterinário	3870	Laje com telhado e arremates em chapa metálica nº 18
<b>Centro de Informações</b>	Recepção de visitantes	272	Laje de concreto com vigas invertidas impermeabilizada
<b>Bloco A da E.C.A.</b>	Salas de aula	1.782,00	Laje de concreto impermeabilizada e placas de sombreamento
<b>Bloco B do Cj. Alessandro Volta – I.F.</b>	Pesquisa	506,85	Laje de concreto impermeabilizada
<b>Deptº Ciências Sociais da F.F.L.C.H.</b>	Sala de professores e de aulas	4.212,00	Laje de concreto impermeabilizada com placas de sombreamento
<b>Conjunto das Colméias</b>	Misto (Administrativo, Restaurante, Cinema, Auditório, Pesquisa)	3.300,00	Laje de concreto tipo caixão perdido e ventilação zenital
<b>Ala Central do I.F.</b>	Didático e Pesquisa	1.283,00	Laje de concreto impermeabilizada com placas de sombreamento
<b>Edifício Principal do I.O.</b>	Ensino, Pesquisa e Administrativo	8.520,00	Laje de concreto tipo caixão perdido impermeabilizada
<b>Blocos K e L da Administração Central</b>	Administrativo	1.327,00	Laje de concreto com cobertura em telhas de fibrocimento
<b>Conjunto das Químicas</b>	Didático, Pesquisa e Administrativo	718,00 (Bloco 22)	Laje de concreto do tipo caixão perdido impermeabilizada e vigas invertidas

**Figura 69 - Quadro geral do Programa – parte 1 (Fonte: Autor)**

<b>Edifício</b>	<b>Inauguração</b>	<b>Intervenção</b>	<b>Telha (mm)</b>	<b>Pilarete</b>	<b>Terça</b>
<b>ICB I</b>	1973	1999	Trapezoidal h=40 e=0,5	Alvenaria	Viga de madeira
<b>Centro de Vivências do I.Q.</b>	1976	2000	Trapezoidal h=40 e=0,8	Alvenaria	Pefil metálico
<b>Blocos Complementares da F.M.V.Z.</b>	1993	2000	Fibrocimento (Existente)		
<b>Centro de Informações</b>	1971	2001	Trapezoidal h=40 e=0,8	Perfil metálico	Perfil metálico
<b>Bloco A da E.C.A.</b>	1977	2001	Trapezoidal h=40 e=0,8	Alvenaria	Viga de madeira
<b>Bloco B do Cj. Alessandro Volta – I.F.</b>		2002	Trapezoidal h=100 e=0,8	Alvenaria	Perfil metálico
<b>Dept° Ciências Sociais da F.F.L.C.H.</b>	1975	2002	Trapezoidal h=40 e=0,8	Perfil metálico	Perfil metálico
<b>Conjunto das Colméias</b>	1972	2002	Impermeabilização		
<b>Ala Central do I.F.</b>	1977	2002	Trapezoidal h=100 e=0,8	Perfil metálico	Perfil metálico
<b>Edifício Principal do I.O.</b>	1970	2002	Impermeabilização		
<b>Blocos K e L da Administração Central</b>	1963 (Alojamento) 1973(Reitoria)	2003	Trapezoidal h=40 e=0,8	Alvenaria	Perfil metálico
<b>Conjunto das Químicas</b>	1966	2002 - 2012	Trapezoidal h=40 e=0,8	Perfil metálico	Perfil metálico

**Figura 70 - Quadro geral do Programa - parte 2 (Fonte: Autor)**

<b>Edifício</b>	<b>Platibanda</b>	<b>Calha</b>	<b>Acesso à cobertura</b>	<b>Isolamento térmico</b>	<b>Orçamento / M2</b>
<b>ICB I</b>	Estrutura metálica com telha	Chapa metálica	sim	sim	R\$ 194,82
<b>Centro de Vivências do I.Q.</b>	Estrutura metálica com telha	Chapa metálica e concreto impermeabilizada	não	sim	
<b>Blocos Complementares da F.M.V.Z.</b>		Chapa metálica	sim		R\$ 28,86
<b>Centro de Informações</b>	Estrutura metálica com placa de alumínio composto	Chapa metálica	não	não	R\$ 1.240,63
<b>Bloco A da E.C.A.</b>	Alvenaria	Concreto impermeabilizada	não	sim	R\$ 362,68
<b>Bloco B do Cj. Alessandro Volta – I.F.</b>		Concreto impermeabilizada	não	sim	R\$ 319,10
<b>Dept° Ciências Sociais da F.F.L.C.H.</b>	Estrutura com chapa metálica	Chapa metálica	não	sim	R\$ 508,65
<b>Conjunto das Colméias</b>			sim	não	R\$ 204,46
<b>Ala Central do I.F.</b>		Concreto impermeabilizada	sim	sim	R\$ 468,84
<b>Edifício Principal do I.O.</b>			sim	não	R\$ 231,90
<b>Blocos K e L da Administração Central</b>	Alvenaria	Concreto impermeabilizada	sim	sim	R\$ 504,01
<b>Conjunto das Químicas</b>	Estrutura metálica com telha	Chapa metálica	sim	sim	R\$ 667,50

**Figura 71 - Quadro geral do Programa - parte 3 (Fonte: Autor)**

## 6. CONCLUSÃO

O Programa de Recuperação de Coberturas teve como diretriz principal a instalação de telhados sobre laje impermeabilizada.

Esta solução teve como consequência mais direta a modificação estética dos edifícios sob intervenção.

Portanto, a adoção do telhado como solução de estanqueidade da cobertura buscou respeitar a arquitetura original identificando e marcando a diferença com a arquitetura original dos edifícios.

Adotou-se a estrutura metálica como principal elemento construtivo, especialmente na platibanda que é a parte mais visível do telhado. Em alguns casos, como nos Módulos do Departamento de Ciências Sociais, a platibanda é metálica e buscou-se a continuidade do padrão das esquadrias das janelas da fachada.

A utilização da estrutura metálica foi determinada pela condição de reversibilidade do elemento construtivo. Contou-se com a possibilidade futura de técnicas de impermeabilização e de recuperação menos invasivas.

As estruturas de apoio do telhado, segundo as diretrizes iniciais, foram executadas com pilaretes de alvenaria transpassado por barra de aço ancorada na laje e que amarra as terças de apoio das telhas.

Esta técnica demonstra ser rudimentar e contrária à reversibilidade. A execução de pilaretes em alvenaria é medida artesanal e que só deve ser adotada em lajes de pequenas dimensões, e evitada em lajes de grandes áreas.

Nos atuais projetos de telhados sobre laje a estrutura de apoio é metálica. Os pilaretes em alvenaria são substituídos por perfis metálicos fixados na laje através de chumbadores químicos e que apoiam as terças metálicas, e todo o conjunto contraventado por tirantes metálicos, racionalizando a obra e facilitando uma eventual futura reversibilidade.

As telhas especificadas nos projetos dos telhados sobre laje foram em aço zincado, pré-pintadas e com espessura de 0,5 mm.

A escolha da espessura de 0,5 mm para as telhas se mostrou inadequada, em função das experiências de manutenção. Os operadores transitavam diretamente sobre o telhado, sem a colocação de pranchas de madeira para a distribuição das cargas uniformemente nas telhas.

Com isso, apareceram os amassamentos de telhas e as conseqüentes fissuras na proteção da superfície da chapa metálica, o que ocasionou o aparecimento da corrosão.

A partir desta experiência foram adotadas espessuras maiores para as telhas, buscando evitar o amassamento pelo trânsito inadequado sobre o telhado.

O acesso fácil e permanente à cobertura, recomendado pelo FUNDUSP em 1991, é medida oportuna para manutenção periódica e o pleno desempenho. Porém, esta medida deveria ser acompanhada de soluções de segurança para a pessoa responsável pela operação de manutenção.

Os projetos de recuperação de coberturas não especificaram linhas de vida e pontos de ancoragem para apoio dos cintos de segurança do operador em serviço.

Os projetos previam acesso à cobertura, mas deixavam de considerar medidas de segurança no trânsito sobre o telhado. Posteriormente, os projetos foram corrigidos com a instalação de linhas de vida e pontos de ancoragem onde poderá ser fixado o cinto de segurança do operador.

Para os arremates do telhado foram especificadas chapas metálicas nas espessuras de 1,25, 0,90, 0,75 e 0,60 mm pintadas com esmalte sintético sobre fundo antiferruginoso. A experiência demonstrou que chapas com espessuras maiores que 0,90 mm são pouco flexíveis e com emendas de difícil execução, não adequadas para arremates do telhado. E para as chapas com espessuras menores que 0,75 mm, demonstrou-se com pouca resistência e durabilidade, mesmo com a aplicação de pinturas de proteção, que exigem manutenção periódica.

Finalmente, os orçamentos das intervenções, atualizado para o mês de julho de 2018, demonstraram que os telhados sobre laje são mais onerosos que as impermeabilizações, porém os materiais aplicados nos telhados são de maior durabilidade e de manutenção mais fácil.

Atualmente, está em elaboração projeto para instalação de telhado na laje de cobertura do Instituto Oceanográfico, após mais de 15 anos da realização da obra de substituição da impermeabilização.

O Programa de Recuperação de coberturas da USP foi iniciativa adequada e necessária para o funcionamento dos edifícios e sua utilização.

O presente trabalho apresenta esta iniciativa e deve ser base para aperfeiçoamentos futuros.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14.514: Telhas de Aço Revestido de Seção Trapezoidal – Requisitos. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674: Manutenção de Edificações – Requisitos para o Sistema de Gestão de Manutenção. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.575-5: Edificações Habitacionais – Desempenho. Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013.

EMC DO BRASIL. MANUTENÇÃO DE COBERTURA. São Paulo. Disponível em <<http://www.emcdobrasil.com.br/manutencao-cobertura>> Acesso em 03/07/2018.

FABIANI, Breno. SISTER, Gabriel. FUNDUSP. FUNDO DE CONSTRUÇÃO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. PROCEDIMENTOS GERAIS DE PROJETOS. São Paulo, 1991.

FNDE, DIRETRIZES TÉCNICAS PARA APRESENTAÇÃO DE PROJETOS E CONSTRUÇÃO DE ESTABELECIMENTOS DE ENSINO PÚBLICO. São Paulo: Instituto Falcão Bauer, 2014.

GULIN. TRABALHO EM TELHADOS E COBERTURAS. São Paulo. Disponível em <http://gulin.com.br/produtos-detalle.asp?IDMenu=4&IDProd=194> Acesso em 03/07/2018.

JÚNIOR, Roberto de Carvalho. **Calhas e Rufos podem evitar infiltrações.** Disponível em <[https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/calhas-e-rufos-podem-evitar-infiltracoes\\_8756\\_0\\_1](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/calhas-e-rufos-podem-evitar-infiltracoes_8756_0_1)> . Acesso em 03/07/2018.

MENEGUETTI, Marcela Paula Maria Zanin. **Telhados com Estrutura de Aço: alguns aspectos projetivos.** São Paulo, 1994.

MORGADO, João Nicolau Pires Lopes Veiga Morgado. **Plano de Inspeção e Manutenção de Coberturas de Edifícios Correntes.** Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2012. Disponível em <<https://www.ulisboa.pt/info/bibliotecas-e-pesquisa-bibliografica>> Acesso em 05/07/2018.

PICCHI, Flávio Augusto. **Impermeabilização de coberturas de Concreto – Materiais, Sistemas, Normatização.** São Paulo, 1984.

PORTAL METÁLICA: COBERTURA: OS DIVERSOS TIPOS E SUAS CARACTERÍSTICAS. São Paulo, 2001. Disponível em <<http://wwwo.metlica.com.br/coberturas-os-diversos-tipos-e-suas-caracteristicas>> Acesso em 03/07/2018.

PORTAL METÁLICA. MANUAL TÉCNICO DE COBERTURAS METÁLICAS. São Paulo, 2008. Disponível em <[http://www.metlica.com.br/pg\\_dinamica/bin/pg\\_dinamica.php?id\\_pag=1339](http://www.metlica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=1339)> Acesso em 03/07/2018.

REIS, Frederico Santos Belchiorndos. **Coberturas com Telhado: Definições, Características Gerais e Visão Analítica.** São Paulo: EPUSP, 2007.

RUTMAN, Jacques. **Coberturas: projetos e detalhes construtivos**. São Paulo: J. J. Carol, 2013.

SIMÕES, João Roberto Leme. **Patologias – Origens e Reflexos no Desempenho Técnico – Construtivo**. São Paulo, 2004

SIMÕES, João Roberto Leme. **Arquitetura na Cidade Universitaria Armando de Salles Oliveira : O Espaço Construido**. São Paulo, 1984